

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

BLANQUEO DE
PASTA MADERA
CON
PEROXIDO
DE SODIO

T E S I S

QUE PARA SU EXAMEN PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

CONSTANTINO DE LLANO HERNANDEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

VII-55

D.

*Con todo cariño
y gratitud a
mis Padres*

6823

*A mis maestros con mi
mas profunda gratitud.*

*Mi agradecimiento a las
compañias: Papelera El
Fenix, S. A. y Cartonajes
Estrella, S. A. por su
amable ayuda.*

BLANQUEO DE
PASTA MADERA
CON
PEROXIDO
DE SODIO

CAPITULOS :

- 1.- Introducción.
 - 2.- Materias Primas.
 - 3.- El Blanqueo.
 - 4.- El Proceso.
 - 5.- Proyecto.
 - 6.- Bibliografía.
-

CAPITULO I

INTRODUCCION

La materia prima básica para la fabricación del papel y cartón, es la celulosa, más o menos pura, de acuerdo con la clase de papel que se desea obtener. La fuente de celulosa más económica es la madera, se encuentra en la proporción de 50%; hay además otros compuestos, como la lignina, otros polisacáridos; resinas, taninos, materias colorantes, y sales minerales así como agua. Cuando se desea obtener celulosa pura, se requiere un tratamiento químico que elimine la lignina y otros productos; si lo que se busca es economía en la materia prima, sacrificando calidad, no se da ningún tratamiento químico a la madera, sino que únicamente se desfibra en molinos de piedra adecuados, estas fibras pasan a través de depuradores y por último forman hojas de pasta, esta pasta es la llamada "Pasta Madera" ó "Pasta Mecánica".

La pasta madera contiene por tanto, todas las impurezas de la madera, pero es útil para la fabricación del papel por presentar buena opacidad, buenas cualidades de impresión, y sobre todo economía, por ello se emplea en la fabricación de papel tapiz, papeles industriales como toallas, en novelas, cuadernos baratos, y principalmente en papel periódico.

Países como Canadá y Estados Unidos, emplean grandes cantidades de pasta madera en la fabricación de papel periódico. Las fábricas norteamericanas tuvieron un grave problema con la gran competencia del papel de Canadá, a fin de resolver el problema, alteraron la composición del papel: originalmente se fabricaba con 60% de Pasta madera y 40% de celulosa, la tonelada de fibra tenía un costo de \$63.00; al cambiar la proporción a 70% de pasta madera y 30% de celulosa, el costo disminuía en \$5.00 por tonelada; el resultado de aumentar la pasta madera, fue de un amarillamiento en el papel; por tanto tenía que ser blanqueado.

La necesidad de blanquear la pasta madera se basa en el siguiente hecho: Si se mezclan en partes iguales, celulosa de 80 puntos, con celulosa de 60 puntos (de grado de blanqueo) la pasta resultante, no tendrá 70 puntos, sino 67. De aquí la necesidad de blanquear la fibra más oscura, o por lo menos un blanqueo parcial o descrudado.

El método empleado a base de peróxidos en medio al

calino, tuvo su origen en una convención del TAPPI; en la cual, el Forest Products Laboratory de E.U.A. presentó un informe sobre los agentes oxidantes en medio alcalino, que resultaron ser más eficaces que los agentes reductores para el blanqueo de la pasta madera. (1934). Años más tarde compañías comerciales estudiaron este aspecto, y lanzaron al mercado este método, el cual sirve de tema para la presente tesis.

En Estados Unidos varias compañías emplean este método. aquí pocas industrias han tomado interés en él, las condiciones son muy distintas, ya que el costo del peróxido es elevado por ser de importación; por otra parte la mano de obra impuestos, costo de la corriente eléctrica, etc. son condiciones muy distintas.

Para los cálculos de capacidad, se toma como base la producción de un molino de pasta madera, moderno, de una sola piedra y cuatro cámaras, que es 12 toneladas por día o sea 500 kg. por hora, cantidad suficiente para abastecer las necesidades de una fábrica de papel de mediana producción. Se considera que esta planta de blanqueo se va a agregar a una fábrica de papel ó cartón ya establecida, que está ficada sobre terreno plano; ya que en terreno a desnivel se pueden economizar algunas bombas, y la instalación tomaría otra disposición de acuerdo con la topografía del terreno.

CAPITULO II

MATERIAS PRIMAS

Comprende dos secciones: A) El material por blanquear y B) las materias primas que intervienen en el proceso

A) El material por blanquear: Pasta Madera.

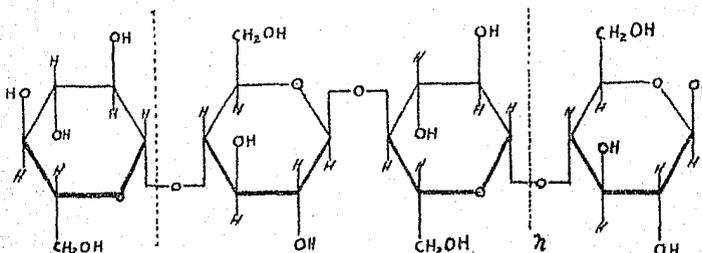
La pasta Madera está compuesta principalmente de Celulosa, Lignina, y otros Polisacáridos; es un material fibroso, amarillo a café, más o menos oscuro, seca es más café recién fabricada contiene gran cantidad de agua (más de 60%) su composición química es la misma de la madera, por tanto - la celulosa y todos los demás constituyentes de la madera se encuentran en la misma proporción. La pasta mecánica que se fabrica en México, esta echa en su mayoría, con madera de Pinos; para tener una idea aproximada de su composición, toman se los datos sobre algunos pinos:

Arbol	Celulosa	Lignina	Metoxilos	Acetilos
Pino Blanco	52.2%	24.7%	4.4%	1.6%
Pino Ponderosa	59.0	22.9	...	...
Pino Jack	58.3	29.9	5.0	1.3
Pino Loblolly	58.7	28.3	5.7	1.0

A continuación se tratarán cada uno de los compuestos de la madera:

CELULOSA.-

Es un polisacárido que agrupa de 100 a 200 unidades de glucosa, formando cadenas largas y poco ramificadas; su peso molecular es elevado: 20,000-40,000; por análisis elemental se obtiene su fórmula condensada: $C_6H_{10}O_5$. Su fórmula desarrollada es la siguiente:



Como se puede apreciar en la formula, son moléculas de anhídrido-glucosa unidas por puentes de oxidrilos en las posiciones 1-4; y son uniones en beta. Al hidrolizar la celulosa, se obtienen unidades de Celobiosa, que son dos unidades de glucosa unidas y con una molécula de agua que se pierde al hacer la unión. Todas estas cadenas forman parte de un sistema cristalino, en el cual, las cadenas de celulosa se encuentran unidas por puentes de Hidrógeno, que unen los oxidrilos de distintas cadenas, también se suponen uniones por cadenas secundarias. Estas cadenas forman las llamadas micelas, que a su vez forman la fibra.

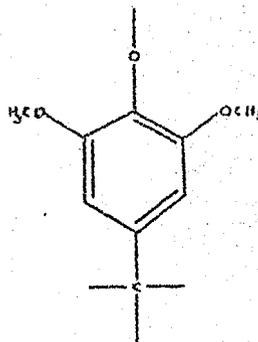
Se consideran tres clases de Celulosa:
 Alpha-celulosa.- con un grado de polimerización superior a 200, insoluble en solución de Sosa al 17.5%
 Beta-celulosa.- con un grado de polimerización de 10 a 150 ; soluble en solución de Sosa al 17.5%; acidulando la solución, precipita la beta-celulosa.
 Gamma-celulosa.- Con grado de polimerización inferior a 10 ; soluble en la solución de Sosa al 17.5% y permanece en solución al acidificar el medio.

Industrialmente se busca que la fibra de celulosa, tenga la máxima resistencia, esta la proporciona la alpha-celulosa; así que en todo proceso químico de purificación ó de blanqueo, se desea que la celulosa no sufra un rompimiento en su molécula, o sea evitar que se degrade. El blanqueo con peróxidos alcalinos presenta la ventaja de no degradar la celulosa.

LIGNINA.-

Se encuentra en un promedio de 28% en las Coníferas y 24% en las maderas duras, forma parte de la unión de los vasos capilares de la madera, rodea a las fibras uniéndolas. Su fórmula verdadera no se ha determinado, solo radicales aislados, tal como el que se ilustra a continuación. Varios investigadores han tratado de establecer una fórmula, pero aún no se puede dar ninguna como fórmula comprobada.

A este radical se le atribuye la coloración roja que toma la lignina, al ser atacada con sulfito de sodio, por vía cloración (la lignina reacciona con el Cloro, siendo parcialmente oxidada y forma la Cloro-lignina de color naranja do intenso.



Dos investigadores: Stobo W.K. y Russel J.K. en un artículo titulado: "Effect of certain variables in the bleaching of groundwood with Sodium Peroxide" sostienen que la celulosa y la lignina no sufren cambios ó que estos son muy pequeños durante el proceso de blanqueo.

Otro investigador: Jones G.W. (vease: Wise - Wood Chemistry - 1952 - pag. 1065) estudiando el blanqueo llega a la conclusión de que el 40% del peroxido es consumido por la lignina y el resto por las holocelulosas. Los mejores resultados del blanqueo se deben al ataque a la lignina, la cual, es primeramente atacada en sus grupos carbonilos y posible-mente en los hidroxilos fenólicos. Encontró dos clases de la lignina, que tienen la misma composición elemental y el mismo contenido de metoxilos, pero que difieren en su color propio y en su actividad química frente a los peróxidos.

La parte fundamental del blanqueo es el ataque a la lignina y como factor secundario al ataque a las otras materias coloreadas de la madera.

CARBOHIDRATOS.-

La celulosa no es el único carbohidrato presente en la madera, se encuentran varias Xilanas (44-50%) en los Pinos) Ácido metil-urónico (10-15%) y Manosas (36-46%) también hay glucosa, almidón; todos estos reciben el nombre generico de: -

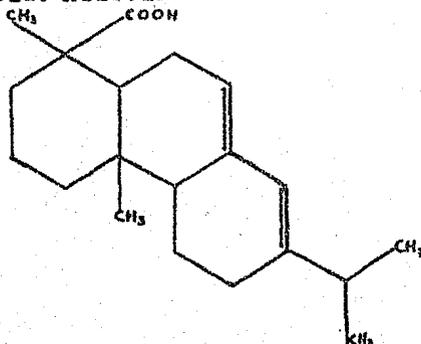
HEMICELULOSAS.-

Las Hemicelulosas se subdividen en dos grupos: Celulosanas y Poliuronidos, los primeros se encuentran relacionados a la Celulosa y los segundos a la Lignina, se les llama de este modo por tener gran cantidad de Ácido Urónico. Al añadir la celulosa va con gran cantidad de celulosanas, a este conjunto se le llama "HOLOCELULOSAS", así se tiene que en un pino, (Pinus ponderosa) tiene 59.9% de Celulosa y 69.9% de Holo- celulosa.

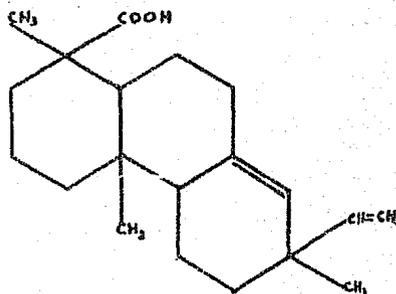
RESINAS.-

Los pinos contienen un alto porcentaje de resinas (2-6%) las cuales se pueden agrupar químicamente como derivadas de dos ácidos: El ácido Abiético y el ácido Pimárico, este último y los derivados de ambos, con el calor y en presencia del aire se transforman en Ácido Abiético, toda la masa de ser blanca transparente se oscurece a amarillo claro hasta oscuro. Las formulas desarroyadas de los ácidos Abiético y Pimárico son las siguientes:

Ácido Abiético:



Ácido Pimárico:



ACEITES VOLÁTILES.-

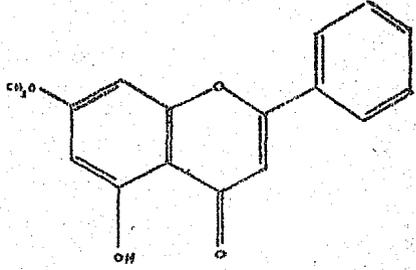
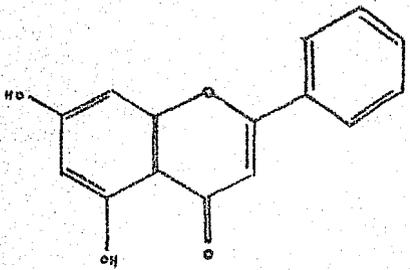
Estos aceites, se encuentran en la madera, son derivados del isopreno que se cicliza y forma Terpenos, sesquiterpenos y di terpenos entre los cuales se cuentan los aceites volátiles, de este mismo origen son las resinas que se derivan del ácido abiótico y similares. No solo son terpenos, los aceites volátiles, sino que también hay hidrocarburos parafínicos (n-Heptano y n-Undecano), los compuestos oxigenados son poco frecuentes y forman ésteres como el acetato de bornilo; algunos alcoholes y aldehídos.

TANINOS.-

Por no encontrarse en los pinos, no los trataremos.

MATERIAS COLORANTES.-

Poco se sabe sobre las formulas de los colorantes de la madera, se les ha clasificado en varios grupos: Hidrocarburos no saturados, Cetonas, Quinonas, Flavonas y otros de composición desconocida. Entre las Flavonas se han encontrado dos en los Pinos, las cuales son: Crisina y Tectocrisina, imparten un color amarillo a la madera, la primera se encuentra como glucósido llamado Toringina, cuya formula condensada es: C₂₁H₂₀O₉. Las formulas desarroyadas de los colorantes son:



Crisina (p.f.=275°C)

Tectocrisina (p.f.=165°C)

MATERIA MINERAL.-

El residuo de la combustión de la madera es de 0.2-1.0%; los principales cationes que se encuentran son: Calcio, Potasio, y Magnesio; en menor proporción están: Aluminio, Hierro y Manganeseo; de otros metales, solo trazas. Los aniones encontrados son: Silicatos, Fosfatos, Sulfatos y Carbonatos.

ALMIDON.-

Se encuentra en la madera en cantidades variables y es el responsable del crecimiento de hongos y bacterias sobre la madera, de aquí la necesidad de tener un medio ácido en la madera ó en la pasta; ó bien se agregan germicidas adecuados.

B) Materias Primas que intervienen en el proceso:

SILICATO DE SODIO.-

Llamado Vidrio Soluble, es un compuesto de formula variable, teóricamente corresponde a la formula Na_2SiO_4 . realmente es $\text{Na}_2\text{O} \cdot x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$. En la cual "x", "y" representan dos variables; la relación de Sodio a Silicato es variable, lo mismo que la proporción de agua. El silicato usado corresponde a la formula $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2.54 \text{SiO}_2$; con un contenido total de Silicato de 27% y de Na_2O de 10.6%; corresponde al No. 30 de las especificaciones norteamericanas.

tiene propiedades detergentes y estabiliza el pH de la solución, actúa como agente penetrante en la fibra por su contenido de Sodio, protege el equipo de la corrosión. La solución es transparente prácticamente incolora, con ligero matiz amarillo. Presenta el inconveniente de tener una alta viscosidad, especialmente en soluciones concentradas; esta viscosidad es función de la temperatura, con un ligero aumento de ésta, la viscosidad disminuye considerablemente. La viscosidad es menor cuanto mayor es la proporción de Sodio en la relación de Sodio a Silicato, así cuando en una industria, agregan Sosa a la solución de Silicato, aumentan la alcalinidad y disminuyen la viscosidad; en nuestro caso, al agregar el Peroxido de Sodio aumentamos en contenido sódico del sistema, se baja la viscosidad y aumenta el poder penetrante en la fibra.

SULFATO DE MAGNESIO.-

Se presenta anhidro ó cristalizado con siete moléculas de agua (Sal de Epsom); es un agente de adición para estabilizar el peróxido, inhibe la acción catalizadora de otros cationes (Cobre, Manganese, Hierro) evitando la descomposición. Se puede agregar a la solución blanqueadora ó bien se agrega a la pasta madera antes del tratamiento. En la solución forma un precipitado de Hidróxido de Magnesio, blanco, al estar en contacto con la solución de silicato de Sodio. (En la naturaleza se encuentra como Kieserita: $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

PEROXIDOS.-

Los peroxidos de Sodio y de Hidrógeno son los agentes oxidantes empleados en el proceso de blanqueo. Al estar en solución ambos se hidrolizan, el de sodio forma Hidroxido de Sodio y Peroxido de Hidrógeno, este a su vez se descompone en agua y Oxígeno nascente, de acuerdo con las siguientes reacciones:



El Peroxido de Hidrógeno, puro es estable, pero en presencia de cationes pesados se descompone, los ácidos aumentan la estabilidad de la solución, las partículas de Aluminio y Sílice así como los alcalis aceleran la descomposición, la materia orgánica coloidal también la descompone.

Los catalizadores negativos, o sea que retardan la descomposición del peroxido, son varios, entre ellos la Acetanilida que se usa industrialmente con ese fin, otros catalizadores son: Naftaleno, Kter, Pirofosfato de Sodio, Pirogalol, Glicerina, Acido Crómico. (La Acetanilida se usa en la proporción de 1:2,000)

En el proceso de blanqueo se puede usar indistintamente el peroxido de sodio ó el de hidrógeno, con la siguiente consideración: Usando exclusivamente peroxido de hidrógeno el medio no tiene la alcalinidad necesaria, y se debe hacer una adición de Sosa hasta tener el pH adecuado. Si por el contrario se usa el peroxido de sodio, la alcalinidad es excesiva y es conveniente agregar un ácido, tal como el sulfúrico (por ser el más económico) hasta llegar al pH de 10 a 10.5; Otro sistema es usar ambos peroxidos, y es el más práctico, se evita el tener que usar sosa ó el ácido y se tiene la alcalinidad deseada.

El peroxido de Sodio es envasado en tambores y debe guardarse siempre bien tapado, ya que es higroscópico y fácilmente se carbonata, viene en forma de granos pequeños amarillos, cuando se carbonatan, quedan blancos.

El Peroxido de Hidrógeno que se fabrica en México, no es suficiente para abastecer la demanda, por ello hay que importarlo. Lo envasan en concentraciones altas: 30-38-50% en estas soluciones, se pueden considerar estables, vienen ya con la cantidad necesaria de Acetanilida. Su manejo es muy delicado, causa fuertes quemaduras al estar en contacto con la piel para su manipulación se recomienda el uso de guantes de hule, anteojos para proteger los ojos, y para descargar los tambores deben emplearse válvulas especiales que permiten la salida de la solución, sin borbotones, ya que tienen un sistema para la entrada del aire, (tal como en una piceta) véase: Boletín No. P-40-353 "Unloading Albion Hydrogen Peroxide Drums" de la Cia. Dupont.

AGUA.-

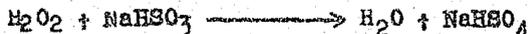
El agua destinada a preparar la solución blanqueadora deberá ser bastante pura, es decir libre de los cationes que descomponen el peroxido, por tanto un agua de condensado de vapor es buena, o bien si es tratada por un sistema de Zeolitas da un agua libre de cationes pesados y con un alto contenido en iones Sodio, factor favorable.

En una fábrica de papel, que cuenta con maquinaria para la producción de pasta madera, y que se abastece de agua de pozo, se hizo un estudio a fin de ver si el agua sería

adecuada para hacer la solución; En análisis hechos con tres años de diferencia, se encontró que prácticamente la composición había variado poco, y que se podía usar directamente, ya que de Aluminio y hierro no se encontró, de Sílice 70-72 ppm. Cloruros: 5.7-6.0 ppm. Dureza total 150-160 ppm.

AGENTE REDUCTOR.-

Al concluir el proceso de blanqueo debe eliminarse el peróxido residual y acidular la solución; se empleará el agente reductor más económico, así cuando se dispone de licores bisulfíticos de desecho de la fabricación de celulosa, se pueden emplear, o bien Dioxido de Azufre, ó Sulfitos; en caso necesario se agrega ácido sulfúrico a la pasta para pasar al pH de 4.5 a 5.0; ó bien Sulfato de Aluminio ó Alumbre. La reacción de reducción es rápida, en ella el sulfito es oxidado a sulfato, según la siguiente reacción:



MATERIALES DE CONSTRUCCION.-

Se va a trabajar con una solución fuertemente alcalina y oxidante, que no permite la presencia de los iones de metales pesados, por ello el equipo deberá estar protegido contra la corrosión, los materiales adecuados son: Acero inoxidable, acero protegido con hule duro, hierro esmaltado, concreto, si es posible recubierto de materiales vitrificados, ladrillo vitrificado; para la conducción de la solución blanqueadora, así como de los peróxidos, se puede usar tubería de acero inoxidable, tubería de hierro niquelada ó metal monel.

La pasta madera tiene un pH ácido, por tanto el equipo deberá resistir la corrosión ácida, por ello en las tuberías y en el equipo (depuradores, espesadores etc.) se emplea bronce ó de preferencia bronce fosforado. Los tanques de almacenamiento de la pasta, van recubiertos interiormente de cemento y si es posible de azulejo.

. CAPITULO III

EL BLANQUEO

El blanqueo consiste, fundamentalmente en la destrucción ó sulubilización de la materia coloreada. Un agente oxidante (ó reductor) ataca a un compuesto coloreado, afectando su estructura, y como resultado de esta acción la subgtancia resultante no absorbe parte del espectro luminoso, aparentemente queda blanca ó incolora; en el caso de solubilizar el compuesto, la fibra queda libre de este, y por tanto no afecta a la blancura de la fibra.

Los agentes blanqueadores son de dos clases: Oxidantes y Reductores; estos últimos son los sulfitos e hiposulfitos; y los oxidantes son los Peroxidos, Permanganatos y el Cloro y sus derivados, hipocloritos, cloritos, cloratos, etc. El potencial de oxidación es distinto con cada oxidante, y a su vez varía con el pH de la solución, a medida que el pH es mayor, el potencial disminuye; El peroxido tiene un potencial mucho menor que el hipoclorito (a pH de 7, el primero tiene un potencial de 0.5 v. y el hipoclorito de 1.19 volts) En el pH de 10 a 10.5 el potencial es de 0.4 a 0.3v.

No obstante de tener un potencial de oxidación tan bajo, la preferencia hacia el peroxido, radica en que cuantitativamente no ataca a la lignina, obteniendose rendimientos de 99-100% en el proceso; El Cloro si ataca a la lignina y la solubiliza parcialmente, bajando el rendimiento. (El rendimiento en la fabricación de Pasta mecánica es de 94-96%).

El comportamiento de la madera frente al peroxido, no es siempre igual, depende de la clase de madera, ya que unas reaccionan más rápidamente que otras, entre ellas se citan: Abetos, Alamo, Pino del Sur. Una madera recién cortada rinde un blanqueo más completo que una que estuvo almacenada por largo tiempo. El blanqueo con peroxidos, da una pasta de buena solidez a la luz.

Los peroxidos alcalinos catalizan las reacciones de hidrólisis, tales como: Saponificación de los ácidos grasos en glicerina y la sal sódica de estos ácidos; la caseína y algunas gomas en sales de amino-ácidos, todos solubles en agua; aumenta el grado de solubilidad del almidón.

En el sistema de blanqueo con peroxidos se tienen - las siguientes variables:

- 1.- Concentración del reactivo.
- 2.- pH del medio.
- 3.- Concentración de la pasta.
- 4.- Temperatura de trabajo.
- 5.- Tiempo de blanqueo.
- 6.- Lavado de la pasta.
- 7.- Naturaleza de la materia prima.

1.- Concentración del reactivo.-

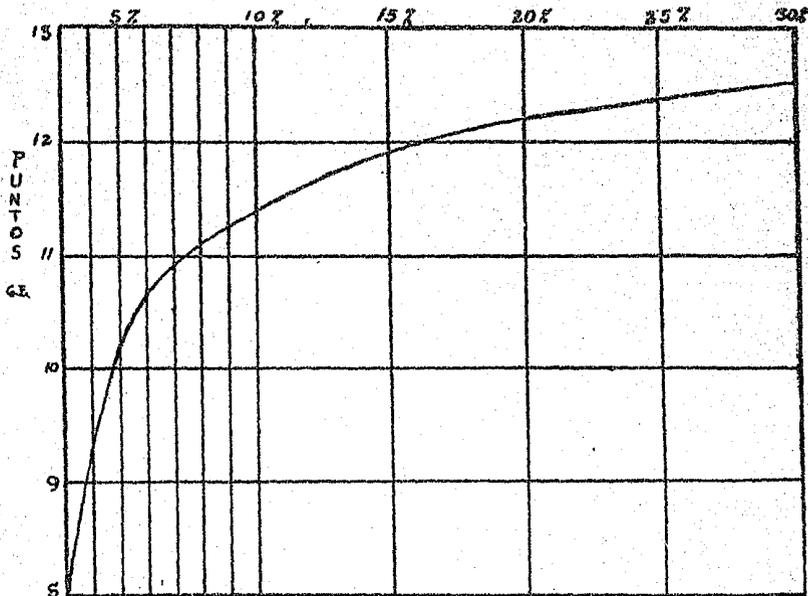
Para el descrude de la pasta mecánica se requiere de 1% a 2.5% de peróxido, para blanqueos más energicos, hasta 8%.

2.- pH del medio.-

Como se indicó anteriormente, el pH hace variar el potencial de oxidación y de ahí las propiedades de la solución blanqueadora. Se debe trabajar con pH de 10-10.5

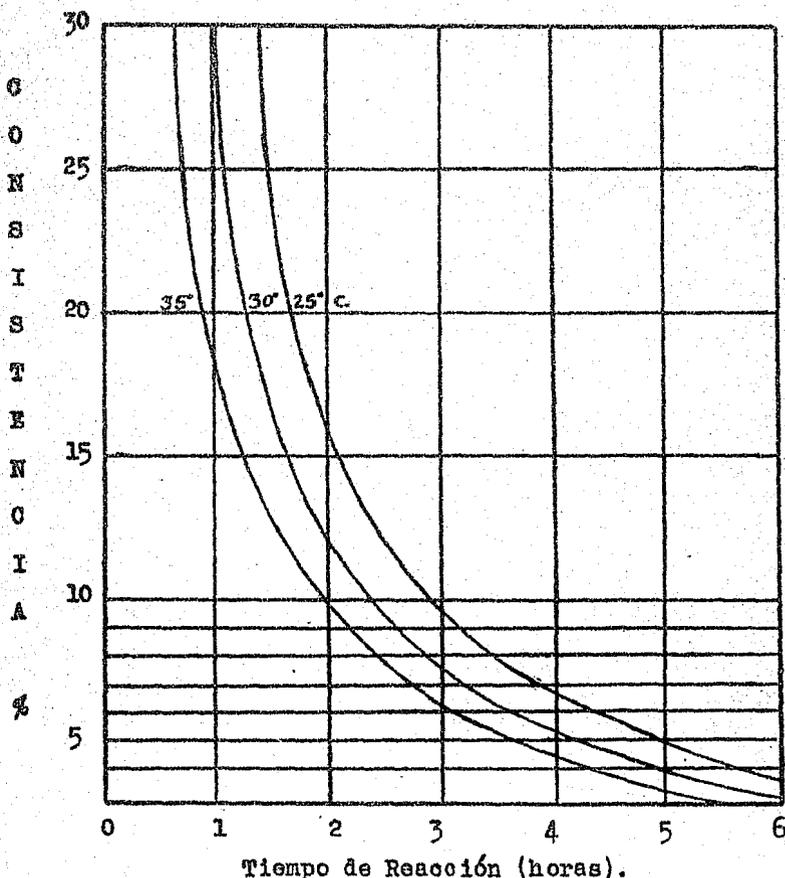
3.- Concentración de la pasta.-

Para una determinada concentración de reactivo, con pasta de alta concentración se obtiene un mayor grado de blanqueo, que con pastas diluidas. Con pasta de 3 a 5% de concentración el incremento de brillantez es de 8 a 10 punto mientras que con pastas de 15% el incremento es de 12 puntos (Puntos General Electric), según se pueda apreciar en la siguiente gráfica:



Como resultado de un aumento en la concentración de la pasta, se obtiene una disminución en el tiempo necesario para blanquear, a una misma temperatura y concentración del peróxido. En la gráfica siguiente se puede apreciar - que con una pasta de 5% se requieren cuatro horas para el blanqueo (a 30°C.) mientras que a 10% se requieren dos horas y media, y a una concentración de 25-30% basta una hora.

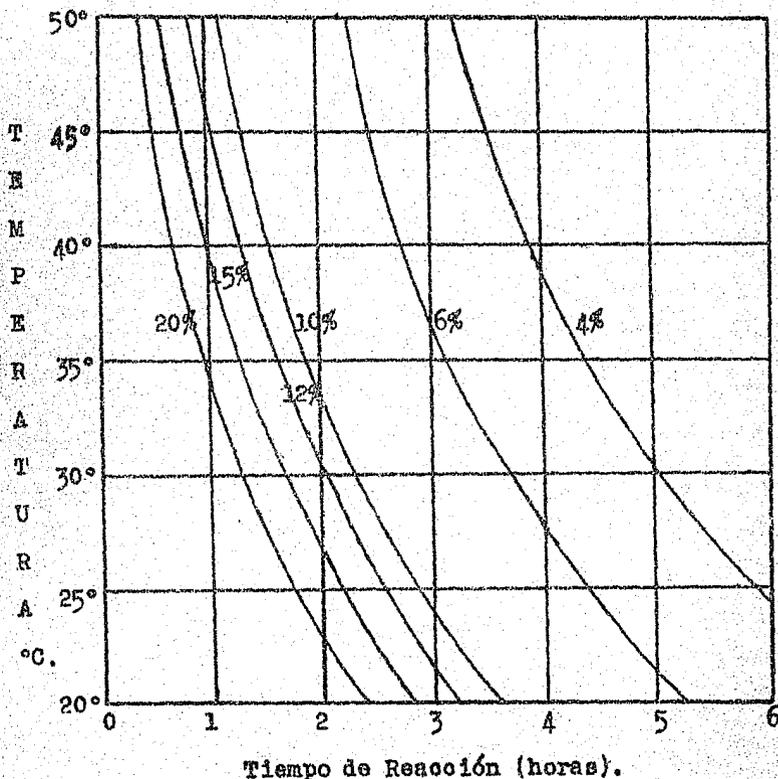
El uso de un espesador de pasta, se justifica por estas dos razones: Se obtiene un mayor grado de blanqueo, en menor tiempo y como consecuencia, un equipo menor.



4.- Temperatura de Trabajo.-

Un incremento en la temperatura del blanqueo, representa menor tiempo de reacción, para una determinada concentración de la pasta. A temperaturas superiores a 50°C. baja el rendimiento, y arriba de 80°C. no se obtiene ninguna ventaja.

El tiempo de reacción es por tanto, función de la concentración de la pasta y de la temperatura de trabajo, una gráfica que nos de esta relación es la que a continuación se ilustra:



5.- Tiempo de blanqueo.-

Se obtienen mejores resultados trabajando con poco tiempo. el color es más estable

6.- Lavado de la pasta.-

En el caso de recuperación de papeles industriales se requiere lavar la pasta al finalizar el blanqueo, si el papel contiene gran cantidad de pasta madera, el equipo debe ser mayor, porque la pasta madera tiene un freeness bajo. Con pasta madera original, este paso se suprime.

7.- Naturaleza de la materia prima.-

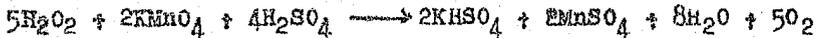
De acuerdo con la clase de madera, su color, su reactividad, tiempo de almacenamiento, es necesario un tratamiento más o menos prolongado.

CAPITULO IV

EL PROCESO

Se efectuaron dos series de experiencias: La primera con objeto de controlar el proceso durante el tiempo de reacción; y la segunda tuvo por finalidad comparar resultados al cambiar la concentración del peróxido.

Para controlar el proceso se requiere el control del peróxido y del índice de permanganato: El peróxido se va lora por medio del permanganato en medio ácido y estando la solución caliente, reacciona el permanganato con el peróxido desprendiendo oxígeno, de acuerdo con la siguiente reacción:



Para poder saber que grado de blanqueo tiene una pasta se pueden usar métodos físicos, ó metodos químicos; en el primer caso se sujeta la hoja de papel ó de celulosa a una iluminación (que siempre es constante) y la luz reflejada es medida por una celda fotoeléctrica, este dispositivo le fabrica la casa General Electric, y a los valores obtenidos les llaman "puntos"; de aquí que en la literatura sobre papel y carton se hace referencia a puntos General Electric. A estos puntos son de los que se hace referencia en la gráfica que se encuentra en la pag. 12.

Para controlar químicamente el grado de blanqueo se utiliza un sistema de laboratorio, el cual consiste en hacer reaccionar la pasta con Cloro. De acuerdo con la cantidad de Cloro que absorbe la muestra, se calcula la cantidad teorica de Cloro que se requiere para blanquear la pasta de la cual se tomo la muestra. A medida que se va blanqueando, se puede calcular que cantidad de Cloro falta por agregar al sistema. El número de gramos de Cloro que absorbe un gramo de muestra es lo que se llama Índice de Cloro, el cual multiplicado por un factor experimental da la cantidad de cloro que se requiere para blanquear una tonelada de esa pasta. Se presentan ciertos inconvenientes para el manejo del Cloro, y se buscó un método más adecuado y más rápido, se empleo el permanganato en lugar del Cloro, y al número obtenido se le llamó Índice de Permanganato, el cual es: El número de mililitros de solución decimormal de permanganato que absorbe un gramo de muestra. Las normas especifican que la solución debe ser 0.133 N. en ácido y 0.00333 N. en permanganato, la determinación se hará a la temperatura de 25°C (usar baño de agua para mantener constante la temperatura) La agitación es de 500 rpm más o menos 100 rpm. El tiempo es otra constante.

Para que el tiempo sea una constante, el permanganato debe ser agregado rápidamente, y la reacción debe suspenderse en igual forma, esto se consigue agregando una solución concentrada de Yoduro de Potasio; el permanganato residual, reacciona con el yoduro, liberando yodo. Las normas especifican cinco minutos (más o menos diez segundos) como tiempo de reacción.

Los cálculos son sencillos: los mililitros de permanganato por su normalidad da los miliequivalentes del permanganato, a estos hay que restarles los que no reaccionaron con la pasta, o sea los que reaccionaron con el Yoduro, los cuales se valoran por medio del tiosulfato empleado en titular el yodo; por tanto los mililitros de tiosulfato por su normalidad da los miliequivalentes del permanganato residual. Si de los miliequivalentes originales restamos los residuales, obtendremos los que reaccionaron con la pasta; estos divididos por el peso de la muestra (base seca).

La primera experiencia se llevó a cabo con pasta de 6% de concentración; se tenía pasta al 17.8%, se llevó a 6.5% para que al agregar la solución blanqueadora quede con el porcentaje deseado. El sistema de agitación consistió en espas sujetas a un eje que giraba a 120-125 rpm, accionado con un motor de 0.5 HP y con sistema de poleas para reducir la velocidad del motor (1425 rpm). La pasta se calentó a 50° C. y se procedió a preparar la solución blanqueadora, empleando las siguientes proporciones:

Sulfato de Magnesio.....	0.05%	.....	0.18 g.
Silicato de Sodio.....	5.0%	.....	118.0
Peroxido de Sodio.....	1.0	.....	3.6
Peroxido de hidrógeno (35%)..	1.2	.....	4.32

Estas cantidades corresponden a una pasta de 6%, y con un peso de 6 kg. que equivale a 360 g. de pasta seca. En 100 cc. de agua se disuelve el sulfato de magnesio, acto seguido se vierte el silicato, lentamente y agitando, se forma el precipitado y no se suspende la agitación se agregan los peróxidos y se completa el volumen a 390 ml. y se vierten en la pasta (la cual debe estar en movimiento). Se toma nota de la temperatura, la hora, se verifica la alcalinidad y se ajusta la llama del meshero para mantener constante la temperatura.

Cada cuarto de hora se tomaron muestras de la pasta, y se hicieron tres partes de cada una: la primera se emplea en la determinación del Índice de Permanganato; la segunda en el control del peróxido y la última para formar una hoja y conservar muestra.

Determinación del Índice de Permanganato: En un matraz enlermeyer de 1000 ml. se preparó una solución de ácido sulfúrico (no debe usarse industrial por tener reductores) y se metió en baño maría a 25°C. se conectó el agitador y se echó la muestra de pasta (ya lavada y libre de peróxidos y pesada), una vez dispersa la pasta, en un vaso de precipitado se pusieron 16.5 ml. de una solución 0.20283 N. de perman

ganato, se vertieron rápidamente y al cabo de los 5 minutos, agregé 10 ml. de una solución molar de Yoduro de Potasio; inmediatamente se procedió a titular el yodo liberado, se tomó nota de la lectura, y se procedió a otra determinación.

Determinación del Peroxido.- Para los cálculos se toma la base del peróxido de hidrógeno; la parte práctica requeriría tomar una muestra de la solución, así que a la muestra de pasta se la exprimó y de la solución resultante se tomó la muestra, esta se agregó a un matraz que contenía una solución caliente de ácido sulfúrico, y con permanganato titulado se procedió a valorar el peróxido, hasta la primera coloración rosada permanente. Los cálculos se hicieron multiplicando los mililitros de permanganato por su normalidad (se obtienen los miliequivalentes) por el miliequivalente de el peróxido (0.17) por mil y entre la muestra (20 ml).

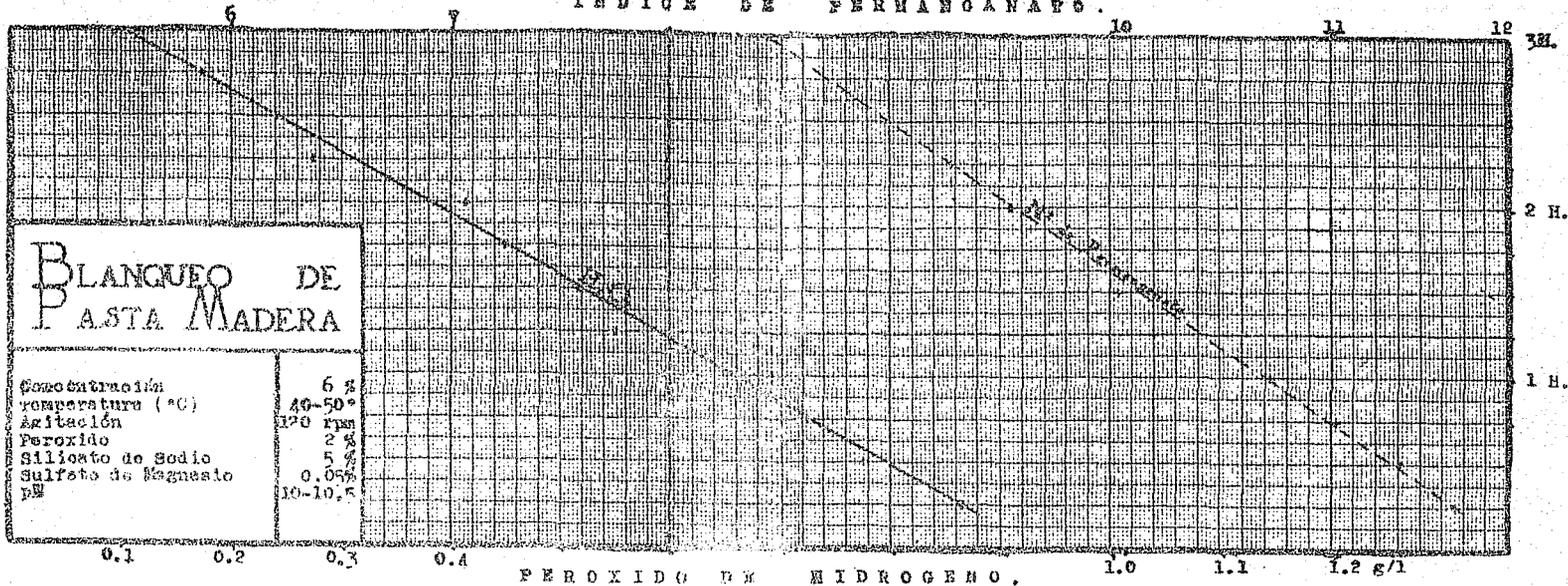
La última parte de la muestra se utilizó en obtener hojas de pasta tratada, para lo cual se diluyó la pasta, se aciduló con ácido sulfúrico ind. y se agregó una solución de bisulfito de sodio, se filtró la pasta a través de un embudo buckner y se lavó varias veces.

Al cabo de tres horas, se diluyó la pasta, se aciduló y se agregó el bisulfito de sodio. Todos los resultados de las determinaciones del peróxido y del Índice de Permanganato, se llevaron a una gráfica, obteniéndose dos rectas, una corresponde al índice de Permanganato, quedó graficada en las coordenadas de tiempo contra índice de $KMnO_4$. La otra se obtuvo al tener coordenadas de tiempo contra concentración del peróxido de Hidrógeno en gramos por litro. El primer punto de esta recta no se puede precisar, ya que corresponde a la cantidad de peróxido inicial, sin reaccionar; por cálculo y por análisis corresponde a un valor de 1.270 a 1.280 g/l. El siguiente punto corresponde al cabo de 15 minutos de reacción y da el valor de 0.8628 g/l. este ya queda comprendido dentro de la recta. La gráfica se ilustra en la siguiente hoja y en ella se puede apreciar el progreso constante y regular del grado de blanqueo.

El tiempo que debe reaccionar la pasta será cuando la pasta llegue a tener cierto Índice de Permanganato, de acuerdo con las normas de la fabricación, así en una planta que se trabaja con pasta con un índice de 9, a las dos horas y media se suspende el blanqueo; al trabajar con otra pasta, sea mas clara ó más oscura al llegar a 9 de índice, se suspende el blanqueo; en caso de ser muy oscura se elevará la temperatura y se mantendrá el control del peróxido, a fin de que siempre se tenga peróxido reaccionando.

La segunda experiencia se hizo con pasta de 15% de concentración; y las concentraciones de peróxido fueron de uno, uno y medio y dos por ciento; el silicato y sulfato de magnesio permanecieron constantes; la temperatura se mantuvo de 45-50°C. La diferencia de trabajar pasta al 6% a la de 15% se apreció en una gran mejoría en el blanqueo; lo que con la práctica se comprueba que a pastas de alta concentra-

INDICE DE PERNANGANATO.



Tiempo de Reacción	0 - 15	0 - 30	0 - 45	1 - 00	1 - 15	1 - 30	1 - 45	2 - 00	2 - 15	2 - 30	2 - 45	3 - 00	g-m.
Peroxido	0.8628	0.7762	0.7248	0.5869	0.5525	0.5182	0.4491	0.4146	0.2766	0.2421	0.1732	0.0942	g/l
Índice de Permanganato	11.56	11.31	11.02	10.72	10.20	10.04	---	9.55	9.28	9.00	---	8.44	

ción, el blanqueo es más avanzado.

El resultado de trabajar con distintas concentraciones de peróxido, es que a mayor concentración mayor es el grado de blanqueo; para una concentración de 1% de peróxido, con pasta al 15%, el blanqueo es muy escaso, prácticamente no amerita tomarse en cuenta, con 2% el resultado es satisfactorio, y con 1.5% de peróxido el resultado, aunque inferior al del 2% ya es de tomarse en cuenta; para una instalación en una planta, es conveniente tomar dos bases de blanqueo, al 1.5% y al 2%; la primera para trabajar normalmente, y la segunda para casos especiales.

El costo del blanqueo, queda afectado principalmente por el costo del peróxido, de aquí que este reactivo sea cuidadosamente controlado.

Queda completamente desechado el trabajar con pasta de baja concentración (4 - 8 %) por los siguientes motivos: Mayor tiempo de reacción, equipo de mayores proporciones, lo que representa una inversión mayor; menor rendimiento del peróxido, por tanto menor grado de blanqueo; y en este tipo de pastas se trabaja en sistema intermitente, en estas condiciones se requiere una buena agitación de la pasta, ello representa un alto consumo de energía eléctrica; también implica tanques de almacenamiento de pasta de mayores proporciones y por tanto agitar una mayor cantidad de pasta que debe estar en constante movimiento dentro del tanque. En las fábricas de papel se acostumbra trabajar con concentraciones cercanas al 6%, de aquí que algunos verían una ventaja en manejar la pasta sin tener que alterar su concentración.

Lo ideal sería trabajar a altas concentraciones, pero este sistema está aún en experimentación, poco se sabe de los resultados, y manejar una pasta tan espesa (25-35%) es un poco difícil.

El trabajar con concentraciones medias (12-18%) da buenos resultados, el blanqueo se efectúa en un tiempo bastante corto (1 a 2 horas a 40°C) la pasta, aunque espesa, no es demasiado compacta y permite hacer un buen blanqueo. Hay un inconveniente, que es el uso del espesador y que se requiere un tanque de almacenamiento del agua blanca y un pequeño tanque de dilución.

CAPITULO V

PROYECTO

Se proyecta una planta de blanqueo de pasta madera para trabajar bajo las siguientes condiciones:

- 1.- Concentración de la pasta = 15%
- 2.- Concentración del peróxido = 1.5%
- 3.- Temperatura de blanqueo: 40-50°C.
- 4.- Producción: 500 kg. por hora (base seca).
- 5.- Sistema de trabajo: Continuo.
- 6.- La planta quedará anexada a una fábrica de papel ó cartón,

Instalación.-

Se requiere un reactor donde se efectuará el blanqueo, un espesador de pasta, un mezclador de la solución de blanquear con la pasta, un tanque de neutralización y dilución de la pasta espesa, dos tanques de almacenamiento para la pasta cruda y tratada, y un tercer tanque para almacenar el agua blanca; un regulador de flujo y un dispositivo adecuado para preparar la solución blanqueadora; se requiere además bombas, tuberías, motores y sistemas de agitación, etc.

Otras instalaciones adicionales, pero no indispensables son: Reguladores de consistencia, del pH, medidores de pasta y termostato con válvula para regular la entrada de el vapor, etc.

Disposición general.-

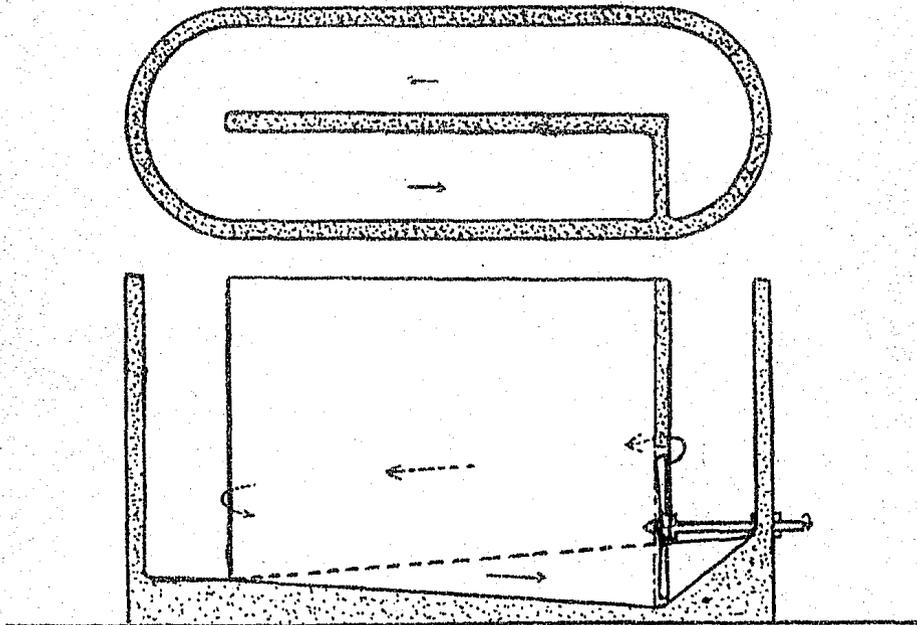
De la fabricación viene una tubería que conduce la pasta cruda, la descarga en un tanque de almacenamiento. Del tanque, la pasta es bombeada a una caja reguladora de flujo, el exedente de pasta regresa al tanque y la pasta que no regresó, pasará al espesador, de este sale la pasta espesa al mezclador de la solución blanqueadora y el vapor con la pasta; cae la pasta al reactor, donde se efectúa el blanqueo; en la parte inferior se encuentra la salida, controlada por medio de una válvula de paso, que permite el paso de la pasta al tanque de dilución, donde se neutraliza el peróxido; de este tanque es bombeada la pasta a un tanque de almacenamiento de pasta tratada, para que de él sea llevada la pasta mecánica, ya blanqueada a fabricación.

El proceso que sigue el agua blanca es el siguiente: Del espesador sale el exedente de agua, se recibe en un tanque mientras dura el blanqueo, al concluir este, el agua es nuevamente reincorporada a la pasta. Si queda una pasta más espesa que la original, el tanque debe tener una tubería de salida para este exedente de agua.

La Solución Blanqueadora.- requiere varios tanques de almacenamiento de las soluciones y su alimentación de agua, todos van a dar al mezclador de las soluciones y de este es bombeada hasta el mezclador de la pasta madera con la solución blanqueadora. No se considera un tanque de almacenamiento de agua, ya que en toda fábrica de papel o cartón, se cuenta con grandes tanques y como esta planta se va a agregar a una fábrica ya instalada, su consumo de agua será del tanque de la fábrica.

DESCRIPCION DEL EQUIPO -

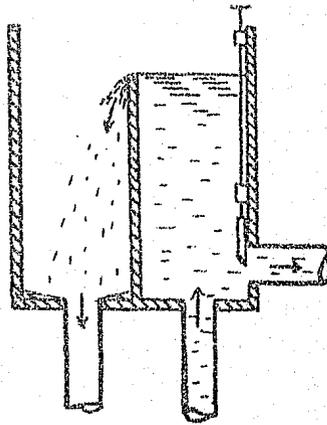
Tanques de Almacenamiento de Pasta.- En estos tanques se requiere mantener la pasta en constante circulación; una de las formas más adecuadas a este fin, es un tanque semejante a una pila holandesa, es decir, está dividido a lo largo por una pared, los extremos son redondeados y el fondo inclinado para facilitar la circulación de la pasta. Es conveniente tener un tanque angosto y largo. Para impulsar y mezclar la pasta se usan varios dispositivos, uno de los cuales consiste en un sistema de espas colocadas según se ilustra a continuación:



Este tanque se construye con paredes de ladrillo, de 28 cm. de espesor, con columnas de cemento cada dos metros, la armazón es con varilla de $3/8$ " , debe tener de tres a cuatro dadas, una en la base, otra en la parte superior y una o dos en el centro. Se edificará sobre terreno ya consolidado, con cimentación adecuada (0.9-1.0 mt. de profundidad). El interior del tanque lleva un aplanado de cemento o va recubierto con azulejo de 2a.

Caja Reguladora de Flujo.-

Es una caja de madera, gruesa (espesor 2") o bien metálica, dividida en dos secciones, por una sección entra la pasta de abajo hacia arriba, en un lado se encuentra la salida, con una compuerta que regula el flujo; el exceso de pasta sube hasta la parte superior y pasa por encima de la división, cayendo en la otra sección de la caja, de aquí regresa al tanque. La presión hidrostática es constante, ya que la altura de la división no se mueve. Las medidas más generales que se dan a estas cajas son 1.5 mt. de alto 1.0-1.5 mt. de largo por 0.5 mt., de ancho; algunas llevan adosado el regulador de la consistencia de la pasta. (Ver: Newell Stephen son - Manufacture and Testing of Paper and Board - 1953 - pag. 12-13-14).



Espesador de Pasta.-

El espesador se basa en el paso del agua a través de una tela metálica y las fibras son retenidas por la tela; para facilitar esta operación se crea una diferencia de niveles, el nivel de la pasta es superior al nivel del agua, la presión hidrostática obliga al agua a pasar por la tela y la capa de fibra que se ha depositado sobre la tela.

Si la tela metálica se ha montado sobre un tambor giratorio, el espesamiento de la pasta podrá ser continuo, y se da una salida al agua blanca a fin de mantener el nivel interno más bajo que el externo. El nivel interno es regulable por medio de una compuerta. Las medidas generales para estos, son de 1.2 mt. de largo hasta 2.1 mt. con un diámetro de 1.0 a 1.5 mt. Estos datos se entienden para capacidades como la de esta planta, para instalaciones mayores hay otras medidas.

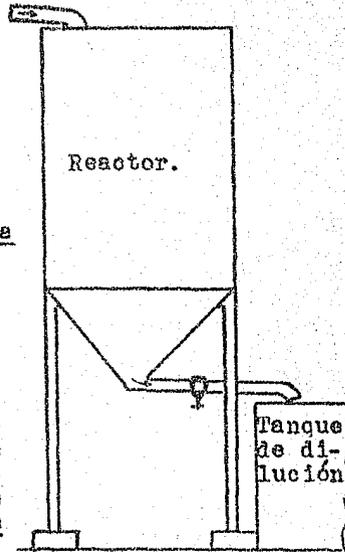
Mezclador de pasta.-

Existen varios modelos para mezclar intimamente la pasta con la solución blanqueadora, se recomiendan dos tipos: Mezcladores de doble hélice y similares (ver: Perry J.H. - Chemical Engineers Handbook - 1950 - pag. 1210). En la industria papera existe otro modelo, que es para mezclar la solución blanqueadora con pasta de alta concentración, el cual consta fundamentalmente de un disco que gira a gran velocidad, está dentado en la periferie, la pasta al caer tiende a salir por la tangente y es retenida por los dientes, donde se mezcla con la solución blanqueadora. El consumo de corriente es pequeño (ver: Paper Trade Journal - Jan 2, 1953 - pag. 22).

El Reactor.-

Su forma corresponde a un tanque cilíndrico con el fondo cónico, con inclinación de 45° . Puede estar con una inclinación mayor, pero no es necesaria. Se construye con materiales vitrificados ó bien con metales a prueba de corrosión.

Por su parte superior se efectúa la carga, y por la inferior la descarga, no se aplica agitación la pasta, aunque espesa, cae por gravedad al tanque de dilución. A continuación se ilustra un esquema del reactor.



Tanque de Dilución.-

Este tanque tiene una forma rectangular y es de pequeñas dimensiones, se construye de ladrillo, en cada esquina se refuerza con una dala de concreto, y lleva dos más, una en la parte superior y otra en la base rodeando todo el tanque; en su interior va forrado de azulejo.

Tanque de Almacenamiento de Agua Blanca.-

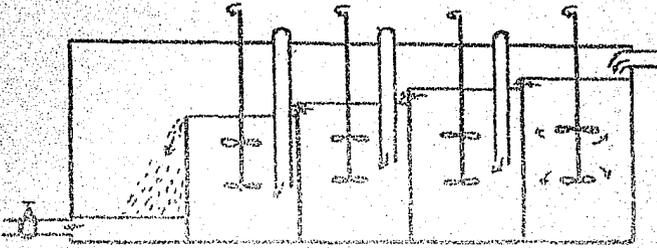
La forma y tamaño de este tanque, son de acuerdo con el espacio disponible para construirlo, es de ladrillo con sus columnas de cemento para reforzar, va forrado de cemento en su parte interior.

Tanques para los Reactivos.-

Son tres soluciones: Silicato de Sodio, Peroxido de Sodio y peroxido de Hidrógeno; en el primer caso es conveniente tener un tanque con capacidad grande, para la producción de un mes el tanque puede estar construido de lámina de hierro o del material que se desee; en los otros dos casos, los reactivos vienen envasados en tambores y a medida que se gasta la solución del peroxido sódico, se prepara otra nueva, y en el otro caso, basta con vaciar un tambor del peroxido de hidrógeno; así que estos tanques son pequeños y se puede emplear uno de los tambores en que se envasó el peroxido.

Tanque Mezclador de Reactivos.-

Este tanque se ilustra en la página siguiente, como se observa está formado de varias secciones, en cada una de ellas se va agregando cada reactivo y por medio de los agitadores son mezclados perfectamente. La solución pasa de un tanque a otro aprovechando pequeñas diferencias de niveles, tal como se ilustra. Al final se encuentra el tubo de salida de la solución, que va a dar a una bomba. Los materiales de construcción de este tanque es de hierro recubierto de hule duro.



Cálculos de Capacidades.-

Tanques de almacenamiento:

Con la base de 500 kg. por hora de pasta (seca) la capacidad del tanque de almacenamiento de la pasta original, será para la producción de 12 horas, quedando así prevista cualquier falla de la instalación que permita una reparación de emergencia sin tener que suspender la fabricación; La pasta está al 6%, pero como en algunas ocasiones la pasta queda más diluida, se toma la base de 4%; en doce horas la producción es de seis toneladas; el volumen que ocupan es: $6 \times 100/4 = 150 \text{ m}^3$. el ancho de cada sección es de 1.5 mt. largo total del tanque: 10 m. altura mínima media de la pasta: 5.35 mt. altura total del tanque 5.50 mt.

Para el tanque de pasta blanqueada se da la misma capacidad, por tanto serán las mismas medidas que en el tanque de pasta cruda.

El reactor.-

El tiempo de reacción es de una hora, por tanto la capacidad del reactor es para 500 kg. de pasta (seca); se da un margen de seguridad en cuento a la capacidad, para casos de emergencia, es de 25%, de aquí que su capacidad de $500 + 125 = 625 \text{ kg.}$ La pasta está al 15%, su volumen: $625 \times 100/15 = 2.156 \text{ m}^3$. El reactor tiene un diametro de 1.20 mt. Altura del cilindro es con la del cono el doble del diametro:

Diametro..... 1.20 m.
 Altura del cilindro..... 1.75 "
 Altura del cono..... 0.60 "
 Altura total..... 2.35 "

Volumen del cono:

$$V = \frac{1}{3} h \times B = \frac{1}{3} \times 0.60 \times \pi (0.60)^2 = 0.226 \text{ m}^3$$

Volumen del cilindro:

$$V = B \times h = (0.60)^2 \times \pi \times 1.75 = 1.979 \text{ m}^3$$

volumen total: 2.205 m^3 .

Tanque de Dilución.-

Este es un tanque pequeño, ya que el proceso es continuo, no se requiere una gran capacidad, no tiene objeto. Se dan las siguientes medidas:

Largo..... 1.40 m.
 ancho..... 1.00 "
 altura interior mínima... 1.00 "
 altura total..... 1.10 "

Deposito de agua blanca.-

La pasta entra al espesador con una concentración de 4-6% se toma la base de 4%, sale del espesador con una concentración de 16.5%; la diferencia de volúmenes de estas pastas, corresponde al volumen de agua desalojado; este tanque debe tener una capacidad mínima para la producción de una hora (que es el tiempo que tarda en blanquearse); se da capacidad para el doble, o sea para dos horas de producción:

Volumen de 500 kg. de pasta (seca) al 4%.....	12.500 m ³
Volumen de 500 kg. de pasta (seca) al 16.5%....	3.030 "
Diferencia.....	9.470 "
Las dimensiones del tanque son: (Anteriores):	
Ancho.....	3.00 m.
largo.....	3.00 "
altura mínima.....	2.10 "
altura total (interior).....	2.40 "
altura total sobre el nivel del piso.....	3.50 "

Este tanque se encuentra a 1.10 mt. más elevado del piso, ya que el agua tiene que caer por gravedad al tanque de dilución, que tiene una altura total de 1.00 m.

Depósito de Silicato de Sodio.-

El consumo de silicato corresponde al 5% de la pasta seca, - al día son 12 ton. de pasta, al mes (de 25 días) son 300 ton el 5% de 300 ton. son 15 ton. de silicato; este tiene una densidad de 1.412; el volumen correspondiente es: $15/1.412 = 10.623$ m³. Las dimensiones de este tanque son:

Diametro.....	2.20 mt.
altura.....	2.80 "
Volumen.....	10.644 m ³

Tanque mezclador de reactivos.-

Consta de cinco secciones, tal como se ilustra en la pag. 23 el largo de cada sección es un metro, y en ancho es medio metro, la altura total es de un metro, el nivel que alcanza cada solución en las distintas secciones es, en orden sucesivo 80 cm., 70 - 60 y 50 cm. El gasto de solución es de 50 lt. por hora.

Características del equipo auxiliar.-

El equipo auxiliar comprende bombas, motores, tuberías etc. Tuberías.- Para la conducción de la pasta se requiere tubería de bronce, con un diametro superior a 6 pulgadas, en caso de usar diametros menores hay obstrucción de la pasta en la tubería; con la pasta espesa se recomienda usar 10 pulgadas.

Bombas.- Se requieren tres bombas y son las siguientes:

Bomba No. 1.- Deberá trabajar con la pasta cruda que se bombeará a la caja reguladora de flujo; esta bomba, deberá ser centrífuga, con aspas separadas (por trabajar con fluidos de una alta viscosidad aparente) debe ser de bronce o alguna aleación no atacable por la pasta. La pasta tiene que subir a una altura total de 6 mt. según lo observado en la práctica, se requiere un motor de 5 HP para mover la bomba.

Bomba No. 2.- Deberá impulsar la pasta ya blanqueada (a la salida del tanque de dilución) al tanque de almacenamiento

de la pasta blanqueada, la descarga se hace por la parte superior del tanque, el cual tiene una altura de 5.50 mt. por tanto trabaja en condiciones muy similares a la bomba No. 1, lleva un motor de 5 HP.

Bomba No. 3. - Se emplea para impulsar la solución blanqueadora hasta el mezclador de esta con la pasta, el gasto es de 50 lb/hr. esta bomba va a trabajar con una solución muy semejante al agua en sus propiedades, es una bomba normal para 4 agua; su material de construcción es a prueba de un líquido, alcalino y oxidante, según las especificaciones debe ser de acero inoxidable, acero niquelado, ó metal monel (ver: Perry J.H. - Chemical Engineers Handbook - 1950 - pag.1426; especificaciones de los tipos marcados con los números: 1-4-5-6-7-9-10-13). La solución se encuentra a la temperatura ambiente y tiene una densidad de 1.035; la diferencia de niveles entre la carga y descarga es de 4 mt. considerando una eficiencia del sistema motor-bomba de 60%, una viscosidad (estimada) 1.4 c.p. largo de la tubería es de 14.046 ft. Se efectuaron los calculos para la potencia del motor, resultó una fracción de HP, menor de $1/4$ HP; una bomba que trabaje en estas condiciones, no puede funcionar bien, se da un motor de 0.5 HP de potencia, aunque quede excedido.

Agitadores.- Son tres los sistemas de agitación:

Agitación dentro de los tanques de almacenamiento.- es un sistema de aspas que giran, impulsan la pasta y la mezclan intimamente; se pueden mover con un solo motor empleando poleas y bandas; de acuerdo con lo observado en instalaciones basta un motor de 20 HP.

Agitador en el tanque de dilución.- Al salir la pasta espesa del reactor, es conveniente una rápida dilución para que se ponga en contacto con los agentes reductores. El agitador más conveniente es el de doble aspa, con sentidos opuestos, es decir, un sistema de aspas impulsan la pasta hacia la parte superior, y el otro hacia la inferior, se recomienda este sistema para tanques pequeños. Para calcular la potencia del motor utilizamos un diagrama de la transmisión de potencia a los agitadores que se ilustra en el libro siguiente: Perry, J.H. - Chemical Engineers Handbook - 1950 - pag. 1227, consultense las pag. 1208 y sig. ; se toman los siguientes datos:

Agitador de 4 hojas, diametro 1 feet, viscosidad 100 cp. densidad 85 lb/ft³. 600 rpm; se obtiene una potencia de 7.5 HP.

Agitación en el mezclador de reactivos.- Para hacer una mezcla intima de los reactivos blanqueadores, se recomienda el mismo sistema de agitador, ya bien sea con el eje vertical ó con una ligera inclinación (15°); basta una velocidad de 400 a 500 rpm. Consultando el mismo diagrama del agitador anterior, con las siguientes características: Densidad 81.3, viscosidad (media) 1.4 c.p. aspas de 0.7 ft. de diametro, con 4 aspas; la potencia obtenida es de 0.2HP; son cuatro sistemas de agitación, así se obtiene una potencia total de 0.8HP; se monta un motor de 1.0 HP.

Motores.-

Se requieren dos motores: Uno destinado a mover el espesador, lleva un sistema de reducción de velocidad de 100-150 rpm; su potencia es de 2.5 HP. El motor para el mezclador de la pasta requiere poca potencia: 0.5 HP.

PLANO DE LA PLANTA.-

Ocupando una superficie aproximada de 10 x 15 mt. la instalación queda como se ilustra en el plano anexo, en el cual la escala es 1:50. En el plano están indicados por "A" los sistemas de agitación con su motor y con "M" los motores acoplados a las bombas, el espesador y el mezclador. La clave de los números en el plano es la siguiente:

- 1.- Alimentación de pasta madera cruda.
- 2.- Depósito de pasta madera cruda.
- 3.- Caja reguladora de flujo.
- 4.- Espesador de pasta.
- 5.- Mezclador de pasta con la solución blanqueadora.
- 6.- Reactor.
- 7.- tanque de dilución y neutralización de la pasta.
- 8.- Depósito de pasta madera blanqueada.
- 9.- Salida de pasta madera blanqueada a fabricación.
- 10.- Depósito de Agua Blanca.
- 11.- salida del excedente de agua blanca.
- 12.- Alimentación de agua fresca.
- 13.- Depósito de Silicato de Sodio.
- 14.- Depósito de la solución de Peroxido de Sodio.
- 15.- Depósito del Peroxido de Hidrógeno.
- 16.- mezclador de reactivos.
- 17.- Depósito del agente reductor.
- 18.- Alimentación de vapor.

El proceso que sigue la pasta es el siguiente: De la fabricación de pasta madera, la envían por (1) al tanque de almacenamiento (2); la pasta se bombea a la caja reguladora (3), por gravedad cae la pasta al espesador (4) continua, hasta el mezclador con la solución blanqueadora (5); se le inyecta vapor y cae al reactor (6). Cuando acaba el blanqueo pasa al tanque de dilución de pasta (7) y de este es bombeada al tanque de almacenamiento (8) para ser enviada a fabricación por (9).

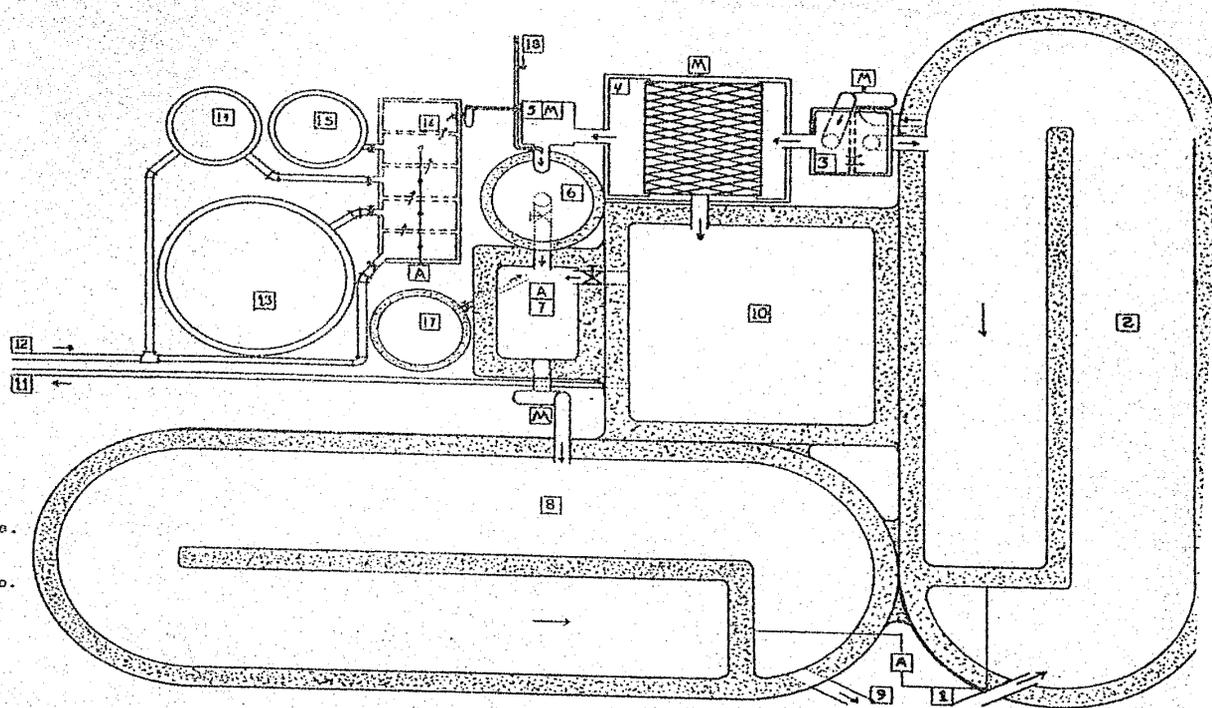
El proceso del agua blanca es a partir del espesador de pasta (4) de este sale el agua y cae al tanque de almacenamiento (10); de este se aprovecha el agua para la dilución de la pasta, por tanto cae al tanque de dilución (7). El excedente de agua blanca va a los recuperadores de fibra, por una tubería de descarga (11).

La solución blanqueadora se prepara con el silicato almacenado en (13), el peróxido de sodio (14) y el de Hidrógeno (15) van a dar al mezclador (16) el cual recibe agua fresca por (12). La solución al salir del mezclador (16) es bombeada al mezclador de esta con la pasta (5). El reductor es almacenado en (17) de este sale al tanque de dilución (7) El vapor viene de fabricación por (18) y se inyecta a la pasta a la salida del mezclador de pasta (5).

Se considera que la planta esté sobre terreno plano, ya que en terreno inclinado cambia la colocación del equipo, el proceso es el mismo.

PLANTA DE BLANQUEO CON PEROXIDOS ALCALINOS

- 1 Alimentación de Pasta Cruda.
- 2 Depósito de Pasta Cruda.
- 3 Caja reguladora de Flujo.
- 4 Espesador.
- 5 Mezclador de Pasta.
- 6 Reactor.
- 7 Tanque de Dilución de pasta.
- 8 Depósito de pasta blanqueada.
- 9 Salida de pasta blanqueada a fab.
- 10 Depósito de Agua-blanca.
- 11 Salida del excedente de agua blanca.
- 12 Alimentación de agua fresca.
- 13 Depósito del Silicato de Sodio.
- 14 Depósito del Peróxido de Sodio.
- 15 Depósito del Peróxido de Hidrógeno.
- 16 Mezclador de reactivos.
- 17 Depósito del reductor.
- 18 Alimentación de vapor.
- M Motor.
- A Sistemas de agitación.



COSTO DEL BLANQUEO

Comprende el costo de los reactivos, de la energía eléctrica, cargos por mano de obra, amortización del equipo, interés del capital invertido. A fin de calcular el costo de el blanqueo, por tonelada de pasta, se procederá a calcular el consumo de reactivos, de energía eléctrica etc.:

A) Consumo de reactivos.-

Agua.- Se requieren 50 lt. por hora de agua para la solución blanqueadora, o sea 100 lt. por ton. En la mayoría de las fábricas utilizan agua propia de pozo, que tiene un costo menor del agua entubada de la ciudad, para tener una estimación del costo, se aplicará la tarifa de la ciudad.

Sulfato de Magnesio.- El consumo es de 0.05% o sea 5 kg. por tonelada de pasta, (viene envasado en sacos de 40 kg.)

Silicato de Sodio.- Se emplea en un 5%, o sea por tonelada - 50 kg.

Peroxido de Sodio.- Se emplea el 0.75%; de aquí que por tonelada se necesite: 7.5 kg.

Peroxido de Hidrógeno.- Para una concentración de 50% del peroxido, se requiera el 0.63%; por tonelada: 6.3 kg.

Bisulfito de sodio.- Por medio de un análisis volumétrico, se puede saber la cantidad de peroxido residual y de acuerdo con ello, se agrega la cantidad necesaria del reductor, con un ligero exeso; para fines de costo, se calcula la que hay que reducir todo el peroxido inicial: Por el Peroxido de Hidrógeno: Por cada 17 g. de peroxido se requieren 52 g. de bisulfito; Por el peroxido de sodio: - por 39 g. del peroxido se requieren 52 g. de bisulfito. $3.15 \times 52 / 17 = 9.63$ kg. y $7.5 \times 52 / 39 = 10.00$ kg. La suma de un total de 19.630 kg.

El precio en el mercado de estos reactivos es el siguiente:

Agua.....	\$ 0.20	m ³	
Sulfato de Magnesio.....	0.75	kg.	
Silicato de Sodio.....	0.40	"	
Peroxido de Sodio.....	7.50	"	
Peroxido de Hidrógeno....	9.75	"	(al 50%)
Bisulfito de Sodio.....	1.80	"	

B) Consumo de Energía Eléctrica.-

La suma de la potencia de los motores empleados es:

Bomba No. 1.....	5.0	HP.
Bomba No. 2.....	5.0	"
Bomba No. 3.....	0.5	"
Motor del espesador.....	2.5	"
Motor del mezclador.....	0.5	"
Agitador de los tanques.....	20.0	"
Agitador del tanque de dil....	7.5	"
Agitador del mezclador.....	1.0	"

Suma..... 42.0 HP.

La potencia de los motores nos da los KW-hr; al multiplicarlos por un factor: 0.746; Por tanto el consumo de corriente es: $42.0 \times 0.746 = 31.332$ KW-hr.

El precio del KW-hr se toma de la tarifa No. 3 de la Cia. de Luz y Fuerza: \$ 0.17 (para un consumo mayor de 3 100 KW mensuales, como se va a agregar a una planta ya instalada, el consumo de esta excede a dicha cifra).

C) Mano de Obra.-

Se requiere un obrero, el salario mínimo es de \$ 9.50 por día (8 horas) Una tonelada se trabaja en dos horas, por lo que corresponde: \$ 2.60

D) Costo de la Instalación.-

Se pidieron presupuestos sobre la construcción de los tanques etc. se pidieron precios sobre el equipo, tubería, etc. La tubería de bronce se cotiza a \$ 27.00 kg.; los 16 mt. de tubería que se requieren pesan 613 kg.

Equipo:

Tanque de almacenamiento de pasta (2).....	\$ 19,196.64
Espesador de pasta (4).....	40,000.00
Mezclador de pasta con los reactivos.....	15,000.00
Reactor (6).....	1,235.00
Tanque de dilución (7).....	865.95
Tanque de almacenamiento de pasta (8).....	30,290.51
Tanque de Agua Blanca (10).....	2,830.00
Tanques (13-14-15-17) y mezclador (16).....	6,080.65
Tubería de bronce.....	16,545.00
4 válvulas de compuerta de hierro y bronce.....	7,340.00
Tubería de acero inoxidable (5.05 mt).....	527.22
2 bombas con motor de 5.0 HP.....	7,000.00
1 bomba con motor de 0.5 HP.....	1,000.00
Motor de 20 HP.....	3,500.00
Otros motores, agitadores etc.....	14,509.00
Suma total.....	\$ 166,000.00

E) Amortización.-

El costo de la instalación debe reponerse en un periodo de 10 años, de aquí que a cada año corresponden: \$16,600.00 de estos a cada mes le corresponden: $16,600.00/12 = \$ 1,383.33$ Se consideran meses de 25 días de producción, por tanto a cada día le corresponden: \$ 55.33; la producción diaria de pasta es de 12 ton. a cada una se le grava con la doceava parte, que es de \$ 4.61

F) Intereses.-

Los intereses que implica este capital, al 0.8% de la cantidad no amortizada, es decreciente, así los intereses mensuales que se cubren el primer año son de \$ 1,328.00 mientras que el último año son de \$ 132.80; Tomando un promedio de -

estos intereses en los diez años, da \$ 730.40 mensuales, considerando meses de 25 días de producción, por día corresponden \$ 29.22 o sea por tonelada: \$ 2.46

El costo del blanqueo por concepto de los reactivos es el siguiente:

Agua.....	\$	0.02
Sulfato de Magnesio.....		0.39
Silicato de Sodio.....		20.00
Peroxido de Sodio.....		56.25
Peroxido de Hidrógeno.....		61.42
Bisulfito de Sodio.....		35.33
Suma.....	\$	173.41

En resumen, el costo del blanqueo, por tonelada de pasta seca, es el siguiente:

Mano de Obra.....	\$	2.60
Fuerza Eléctrica.....		10.65
Reactivos.....		173.41
Amortización del equipo.....		4.61
Intereses del capital.....		2.46
Total.....	\$	193.73

CONCLUSIONES

Este sistema de blanqueo, es más costoso que el de Cloro, aparentemente, pero en la práctica se afinan los costos, y el echo de usar licores reductores, de desperdicio, - baja el costo a \$ 158.40 El comprar e importar los peroxidos directamente representa una economía,

La mejoría que se obtiene al blanquear la pasta maderera, es en primer lugar un color más claro o más blanco, y es más estable que el obtenido con Cloro; Al emplearse la pasta en la fabricación de papel ó carton, en la máquina se obtiene una hoja mejor formada, más uniforme y más resistente, dicha hoja presenta una mayor absorvencia hacia el agua y el aceite, por lo que mejoran sus propiedades de impresión No se afecta la opacidad, el "freeness" y la resistencia de la fibra, en otras palabras, unas propiedades de la pasta - son mejoradas, y otras no se alteran, y prácticamente no sufren deterioro.

Para aplicar este método a celulosa (ya deslignificada) las condiciones varían considerablemente, recuerdese - que la lignina consume el 40% del peroxido y el resto en los polisacáridos, al no tener lignina, el ataque sobre los otros es más intenso, en este caso se recomiendan hacer pruebas de laboratorio. Un método de blanqueo total requiere dos pasos. Un descrude con peroxidos, y un blanqueo final con Cloro.



CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

Libros.-

- 1.- Cook J.W.
Progress in Organic Chemistry.
Butterworths Scientific Publications - London - 1953
- 2.- Cumming A. Charles and Kay S. Alexander.
Quantitative Chemical Analysis.
Gurney and Jackson - London - 1948
- 3.- Fieser Louis and Fieser M.
Organic Chemistry.
D.C. Heath and Co. - Boston - 1944
- 4.- Hope Pablo.
Materias Primas Industriales.
Ed. Ciencias Químicas - Tacuba (México) - 1951
- 5.- Mathews J. Merrit.
Bleaching and Related Processes.
The Chemical Catalog Co. - New York - 1921
- 6.- Mayer Fritz.
The Chemistry of Natural Coloring Matters.
Reinhold Publishing Corp. - New York - 1943.
- 7.- Newell Stephenson J.
Preparation and Treatment of Wood Pulp.
McGraw Hill Book Co. Inc. - New York - 1950
- 8.- Newell Stephenson J.
Preparation of stock for paper making.
McGraw Hill Book Co. Inc. - New York - 1951
- 9.- Newell Stephenson J.
Manufacture and Testing of Paper and Board.
McGraw Hill Book Co. Inc. - New York - 1953
- 10.- Perry John.
Chemical Engineers Handbook.
McGraw Hill Book Co. Inc. - New York - 1950
- 11.- Sutermeister Edwin.
Chemistry of Pulp and Paper Making.
John Wiley and Sons, Inc. - New York - 1941

- 12.- Treadwell F.P. and Hall W.
Analytical Chemistry.
John Wiley and Sons. Inc. - New York - 1947
- 13.- Wall G. James.
Soluble Silicates in Industry.
The Chemical Catalog Co. Inc. - New York - 1949
- 14.- Wilbrandt Frank C.
Chemical Engineering Plant Design.
McGraw Hill Book Co. Inc. - New York - 1949
- 15.- Walker W, Lewis W., McAdams W, Gilliland E.
Principles of Chemical Engineering.
McGraw Hill Book Co. Inc. - New York - 1937
- 16.- Wise E.L.
Wood Chemistry (I-II)
Reinhold Publishing Corporation - New York - 1952
- 17.- Witham G.S.
Modern Pulp and Paper Making,
Reinhold Publishing Corporation - New York - 1942

Revistas y Folletos.-

Paper Trade Journal - 1950 - March - 30
 April - 27
 Nov. - 2
 Nov. - 30
 1952 - Jan. - 2
 1953 - Jan. - 2

Dupont - Du Pont Continuous Peroxide Bleaching Systems.
 Peroxide Bleaching of Groundwood.
 Peroxide Bleaching of Groundwood-Sulfite pulp mixt.
 Peroxide Bleaching of Minor Vegetable Fibers.
 Peroxides in the Recovery of Waste Papers.
 Steam in Du Pont Continuous Bleaching Systems.
 Unloading Albons Hydrogen Peroxide Drums.
