

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“BLANQUEO DE FIBRA A PARTIR DEL OCC RECICLADO
PARA LA OBTENCIÓN DEL PAPEL KRAFT”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

ERICK CHRISTIAN QUINTANILLA YATACO

LIMA – PERÚ

2010

RESUMEN

El compromiso de la industria papelera mundial, es proporcionar productos a la sociedad de la más alta calidad, a los menores costos y con prácticas medioambientales que permitan una actividad económica sostenible. El uso de materias primas recicladas, es común en la industria papelera Peruana.

Una estrategia para disminuir costos, es la utilización de materias primas que por su naturaleza, han sido rechazadas o minimizadas en el pasado. La fibra mecánica reciclada puede ser utilizada en la producción de papel kraft de alta calidad, si se incluyen dentro de su procesamiento secuencias de blanqueo no deslignificantes. Las secuencias de blanqueo óxido-reductoras pueden lograr que la fibra aumente su blancura.

Las secuencias de blanqueo estudiadas, tienen dos etapas. La primera; oxidante con Peróxido de Hidrógeno y la segunda; reductora con alguno de estos químicos: Hidrosulfito de Sodio. El presente estudio demuestra que con el uso de secuencias óxido-reductoras, son posibles aumentos de 8% en blancura a concentraciones no muy altas de blanqueador obteniendo valores suficientes para papeles Kraft

INDICE

	Pág.
1- INTRODUCCIÓN	4
2- DESARROLLO DE CONCEPTOS Y TÉCNICAS	5
2.1 CONCEPTOS TEÓRICOS DE FIBRAS RECICLADAS	5
2.2 TECNOLOGÍAS PARA EL BLANQUEO DE FIBRAS RECICLADAS	5
2.2.1 PAPEL DE LA LIGNINA EN LAS FIBRAS	5
2.2.2 BLANQUEO DE FIBRAS	
3- DESARROLLO DEL TEMA	10
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE FIBRA RECICLADA	10
3.2 DESCRIPCIÓN DEL BLANQUEO DE FIBRA RECICLADA	11
3.3 PRUEBAS EXPERIMENTALES DE BLANQUEO DE PULPA	12
3.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EXPERIMENTALES	12
3.5 EQUIPOS BÁSICOS	16
3.6 DIAGRAMA DEL PROCESO	19
3.7 BALANCE DE MASA	23
3.8 COSTOS	28
3.8.1 COSTO Y CONSUMO DE QUÍMICOS	28

3.8.2 COSTO Y CONSUMO DE MATERIA PRIMA	28
4- CONCLUSIONES	31
5- RECOMENDACIONES	32
6- GLOSARIO	33
7- BIBLIOGRAFÍA	35
APÉNDICE A : PRUEBAS DE BLANQUEO	38
APÉNDICE B : BALANCE DE MASA	47

1. INTRODUCCION

Actualmente el uso de materias primas recicladas, es común en la industria papelera por lo que una estrategia para disminuir costos, es la utilización de materias primas que por su naturaleza, han sido rechazadas o minimizadas en el pasado. La fibra mecánica reciclada puede ser utilizada en la producción de papel KRAFT de alta calidad, si se incluyen dentro de su procesamiento secuencias de blanqueo no deslignificantes.

Se requiere el blanqueo de fibra reciclada previamente habiendo pasado por un proceso de molienda con el objetivo de obtener una tonalidad adecuada para la fabricación de papel KRAFT y satisfacer los requerimientos del cliente.

2. DESARROLLOS DE CONCEPTOS Y TECNICAS

2.1 Conceptos teóricos de fibras recicladas

Los fabricantes de papel y cartón actualmente están incrementando el uso de fibra reciclada OCC (Old Corrugated Containers), como fuente de fibra barata en sus procesos de manufactura. Tanto el papel liner como el papel corrugado medio en su producción reutilizan fibra de OCC como materia prima. Sin embargo, estas fibras obtenidas mediante el reciclado o provenientes del mercado de importación pueden considerarse como una alternativa viable para obtener celulosa semiblanqueada y blanqueada a ser usada en otras calidades de papeles. La gran ventaja del reciclado de cajas de cartón en la obtención de pulpa para papel, es que salva recursos fibrosos maderables y requiere menor energía total. Por lo tanto, una de las fibras secundarias más abundantes y de interés industrial en su posible aprovechamiento como fuente de fibras para la obtención de pulpa blanqueada es el cartón corrugado reciclado. La lignina tiene un papel preponderante en el blanqueo de las fibras.

2.2 Tecnologías para el blanqueo de fibras recicladas

2.2.1 Papel de la lignina en las fibras

Después de la celulosa, la lignina es la sustancia orgánica natural más abundante y la mayor fuente de carbonos aromáticos. Su composición química, basada en unidades fenilpropánicas, y su estructura molecular difieren significativamente de la presentada por los otros dos

principales componentes de los tejidos vegetales (celulosa y hemicelulosa).

Desde el punto de vista morfológico la lignina es una sustancia amorfa, localizándose preferentemente en la pared secundaria de las células vegetales y en la región entre las células (lámina media).

La lignina está formada por la extracción irreversible del agua de los azúcares, creando compuestos aromáticos. Los polímeros de lignina son estructuras transconectadas con un peso molecular de 10.000 uma.

Se caracteriza por ser un complejo aromático (no carbohidrato) del que existen muchos polímeros estructurales (ligninas). Resulta conveniente utilizar el término lignina en un sentido colectivo para señalar la fracción lignina de la fibra. Después de los polisacáridos, la lignina es el polímero orgánico más abundante en el mundo vegetal. Es importante destacar que es la única fibra no polisacárido que se conoce.

Este componente de la madera realiza múltiples funciones que son esenciales para la vida de las plantas. Por ejemplo, proporciona rigidez a la pared celular. Realmente, los tejidos lignificados resisten el ataque de los microorganismos, impidiendo la penetración de las enzimas destructivas en la pared celular.

Propiedades físicas

Las ligninas son polímeros insolubles en ácidos y en álcalis fuertes, que no se digieren ni se absorben y tampoco son atacados por la microflora del colon. Pueden ligarse a los ácidos biliares y otros compuestos orgánicos (por ejemplo, colesterol), retrasando o disminuyendo la absorción en el intestino delgado de dichos componentes.

El grado de lignificación afecta notablemente a la digestibilidad de la fibra. La lignina, que aumenta de manera ostensible en la pared celular de la planta con el curso de la maduración, es resistente a la degradación bacteriana, y su contenido en fibra reduce la digestibilidad de los polisacáridos fibrosos.

Ligninas comercializadas

Sólo existen dos tipos de lignina comercialmente disponibles: las ligninas sulfonadas y las Kraft ligninas. La capacidad de elaboración de productos de lignina en el mundo oriental es aproximadamente de 1,4 a 106 toneladas/año. Sólo una compañía produce kraft ligninas; las restantes producen ligninas sulfonadas.

2.2.2 Blanqueo de fibras

En la fabricación del cartón corrugado se usan principalmente pulpas químicas kraft y pulpas mecánicas, ambas de alto rendimiento y con elevado contenido de lignina, por lo que para obtener blancura de +80% ISO (que especifica el factor de reflectancia difusa en azul de pasta para papeles y cartones), es necesario aplicar tratamientos deslignificantes

efectivos en la eliminación de lignina. Para el caso de pulpas Kraft, para su deslignificación se recomiendan tratamientos con oxígeno en una o dos etapas secuenciales, ó incorporando un lavado intermedio entre las etapas de oxígeno ó mediante la activación de la lignina con peróxidos.

Fibras químicas

La característica principal de las fibras químicas es su contenido de Lignina. Esta magnitud puede variar entre el 0% (pulpas químicas totalmente blanqueadas) y aproximadamente 5% (pulpas químicas no blanqueadas). La lignina residual que permanece en las fibras luego de la digestión, tiene color pardeado dada su condición condensada. Esta coloración de la lignina se explica por las estructuras conjugadas, muchos grupos aromáticos, y gran cantidad de dobles enlaces de átomos de Carbono. Sólo un pequeño número de grupos carbonilos están presentes. La blanqueabilidad de las fibras químicas, es principalmente una función del nivel de condensación del sistema aromático de la lignina. Sólo agentes electrofílicos como el Oxígeno, el Dióxido de Cloro y el Cloro elemental, pueden oxidarlos. Agentes nucleofílicos como el Peróxido de Hidrógeno o el Hipoclorito, pueden atacar sólo un lado de la cadena. Esto interrumpe la conjugación y así desaparecen los precursores del color. En consecuencia, los químicos que preservan la lignina, no pueden eliminar la decoloración o amarillamiento de la lignina residual en las pulpas químicas.

Aún con el uso abundante de Peróxido, la blancura de una pulpa no blanqueada Kraft, podría ser considerablemente menor a 50% ISO. Para remover el color de las fibras, son usados agentes blanqueadores que degradan la Lignina, como el Oxígeno y el Dióxido de Cloro. En contraste, pulpas químicas semiblanqueadas con un contenido de

Lignina residual de cerca del 0.5% pueden ser blanqueados con químicos no degradantes.

El resultado del incremento de la blancura es de un nivel inicial cercano al 70% ISO, el cual para obtener un papel Kraft es suficiente.

Fibras mecánicas

En contraste con la pulpa Kraft no blanqueada, las fibras mecánicas son considerablemente más blancas. La principal razón para este fenómeno, es la condición natural no condensada de la lignina, resultante del pulpeo mecánico y la presencia de diversas estructuras cromóforas, que son las responsables del color amarillo típico de las pulpas mecánicas.

Debido a que los grupos Carbonilos son el factor principal, la pulpa mecánica al contrario de la química, puede ser blanqueada efectivamente, con químicos preservadores de la lignina como el Peróxido o la Ditionita.

Bajo condiciones óptimas de blanqueo, niveles de blancura superiores al 84%ISO, son posibles con pérdidas bajas de rendimiento de cerca del 5%. Mayores niveles de blancura no se obtendrán aumentando las cantidades del agente blanqueador. Esto se debe a que no todos los cromóforos pueden ser blanqueados y a que nuevos cromóforos se forman durante el proceso de blanqueo. Si las fibras mecánicas son tratadas con químicos de blanqueo que degradan la lignina, una ganancia aceptable de blancura puede ocurrir, sólo a expensas de una pérdida considerable de rendimiento.

3. DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Descripción del proceso de obtención de fibra reciclada

Fibras secundarias

La utilización masiva de fibras secundarias, provenientes de papeles y cartones reciclados, es relativamente reciente, pues su obtención ha de estar ligada a la recogida selectiva de los desperdicios urbanos e industriales, lo que supone un enorme esfuerzo en logística y planificación. Esta reutilización puede ser posible hoy en día gracias al aumento de la conciencia ecológica, pues la utilización de fibras recicladas implica una menor necesidad de madera talada y un ahorro de energía.

El papel reciclado, antes de su incorporación al ciclo de la pulpa, requiere de su clasificación (no todos el papel puede ser reciclado), en cuanto a origen y calidad y de un tratamiento de lavado para eliminar las impurezas; la impureza más importante que aporta el papel reciclado es la tinta que contiene, y que de no ser separada, produciría papeles oscuros. El tratamiento del papel reciclado sigue los siguientes pasos:

Triturado o desfibrado.

Una vez separada la materia prima según las calidades, se vierte el papel junto con agua en el pulper o desfibrador, donde se tritura para separar las fibras de celulosa. El pulper es una pila circular con un disco ubicado en el fondo que lleva una serie de aletas que sobresalen y que al girar hace que el material se desmenuce y sea evacuado por una cámara de extracción. Por si este proceso no llega a deshacer de forma idónea las fibras, la pasta es tratada en el despastillador. La pasta tiene que pasar por una serie de aberturas que contienen dientes en hileras circulares que se mueven de forma giratoria.

Depuración de la pasta

Como en el proceso de producción de pasta virgen, la pasta que se produce en el pulper tiene que ser depurada ya que puede contener una serie de materiales impropios que pueden perjudicar el proceso. Para la separación de estos contaminantes se utilizan los mismos procesos que para la producción de pasta virgen: cribado y centrifugación.

3.2 Descripción del blanqueo de fibra reciclada

Destintado

Puede llevarse a cabo mediante lavado o flotación. En ambos casos, a la pasta se le añaden una serie de productos químicos que hacen que la tinta sea atraída o repelida por el agua, sometiéndola a continuación a diferentes lavados o aireación, lo que la retirada de la tinta. Esta etapa es previa al blanqueo de la fibra reciclada. En nuestro caso no es necesaria ésta etapa ya que la cantidad de tinta en la materia prima no es significativa

Blanqueo

En función del grado de blancura que se quiere aportar al papel reciclado, la pasta reciclada se blanquea con cloro, hipoclorito o peróxido, o preferiblemente con compuestos oxigenados menos contaminantes. También es habitual que una vez depurada la pasta sea tratada para mejorar la calidad de la misma. En estos casos se añade pasta virgen u otros productos como almidón o colorantes.

Es necesario precisar que el papel no se puede reutilizar indefinidamente, pues cada vez que sufren este proceso, las fibras se debilitan, perdiendo flexibilidad y resistencia; se estima que el papel es inservible después de entre seis y diez ciclos de reciclado, según la calidad inicial.

La cantidad de lignina residual en las fibras es expresada con un número kappa. El número de Kappa es el volumen (en mL) de permanganato de potasio 0,1N consumido por 1g de pulpa seca. Los resultados se corrigen para ser equivalentes a un consumo de permanganato del 50%. La lignina hace que la pulpa se torne marrón durante la cocción. Debido a que los químicos blanqueadores son mucho más caros que los químicos de cocción, se trata de remover la lignina tanto como sea posible durante el proceso de cocción. Sin embargo, una remoción de lignina extensa causa que la degradación de la celulosa aumente. Esto decrece el rendimiento y la resistencia de la pulpa. Hoy en día, el número kappa típico para pulpa que será blanqueada es de 14 a 20 para pulpa de madera dura y 25 a 30 para pulpa de madera blanda. Si la pulpa no será blanqueada, el número kappa luego de la cocción será mucho más alto, normalmente entre 40 a 100. El rendimiento de la pulpa típicamente se encuentra entre 50 y 53 % para madera dura y entre 46 y 48 % para madera blanda.

3.3 Pruebas experimentales de blanqueo de pulpa

En el Apéndice A se muestran las pruebas de blanqueo utilizadas en esta metodología, la cual es muy eficiente como se pueden ver en los resultados obtenidos.

3.4 Análisis y discusión de resultados de las pruebas experimentales

De las pruebas ejecutadas y que se detallan en el Apéndice A, se tienen los siguientes resultados:

Efecto de la temperatura

Las temperaturas elevadas durante el blanqueo son favorables ya que aceleran ésta reacción. De esto se desprende que a mayores temperaturas es posible alcanzar niveles de blancura similares con un menor tiempo de retención. Los rangos de temperatura recomendados van desde los 40° C hasta los 70° C .Sin embargo se obtienen los valores máximos de blancura a temperaturas cercana a los 60° C

Efecto del pH

La selección del pH para llevar a cabo la operación de blanqueo, debe ser realizado teniendo en cuenta que a bajos niveles de pH el agente reductor se descompone y que en rangos alcalinos pueden aparecer nuevos grupos cromóforos o disminuir la reactividad de los ya existentes oscureciendo la pasta

El rango de pH recomendado va desde 4.5 a 6.0 .Se alcanza un máximo de blancura a un pH inicial cercano a 5.5. Ver Gráfico 1

Efectos del Tiempo de Retención

El tiempo para alcanzar el máximo nivel de blancura posible con una determinada carga de blanqueador está relacionado con la temperatura de reacción .Se recomienda que el período de retención sea al menos sesenta minutos para una temperatura de 60° C.

Tiempos mayores de dos horas no benefician notoriamente la ganancia de blancura. Ver Gráfico 2.

Gráfico 1

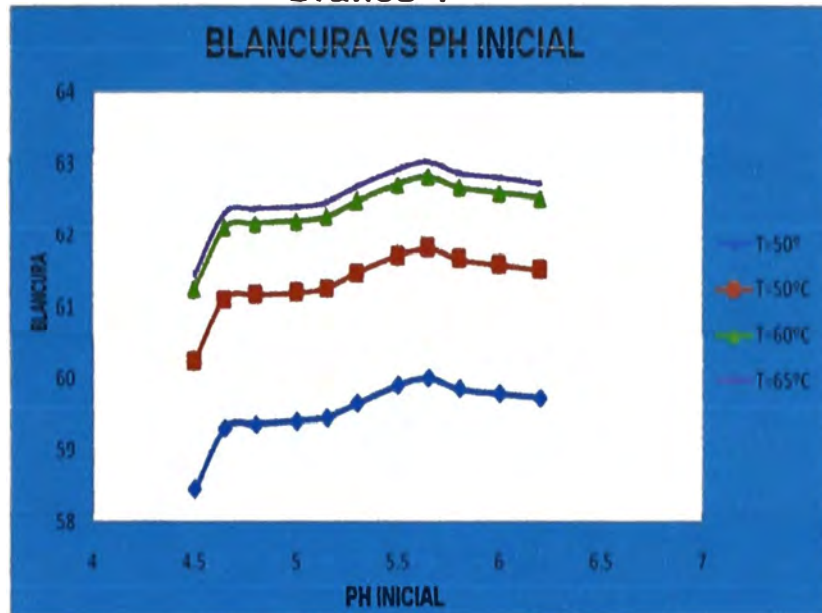
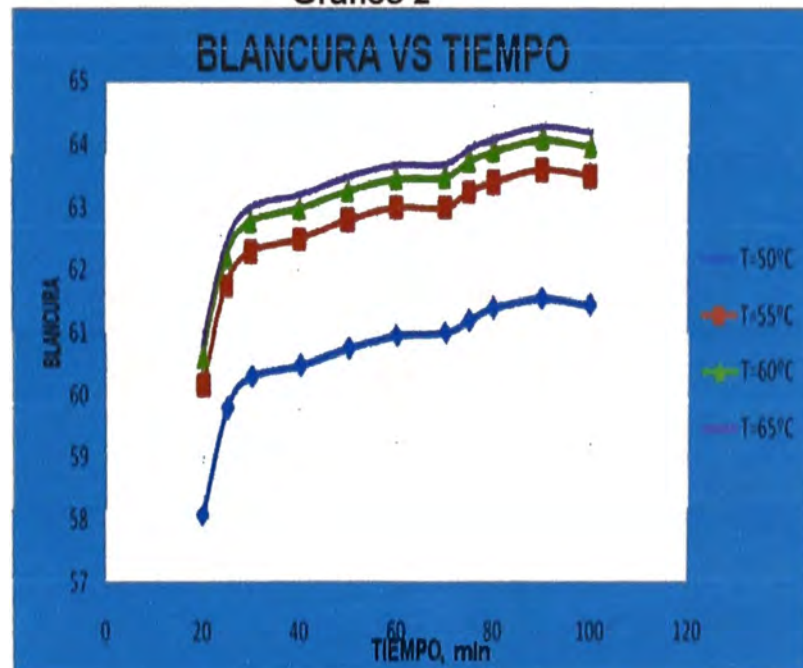


Gráfico 2



Efectos de la Consistencia

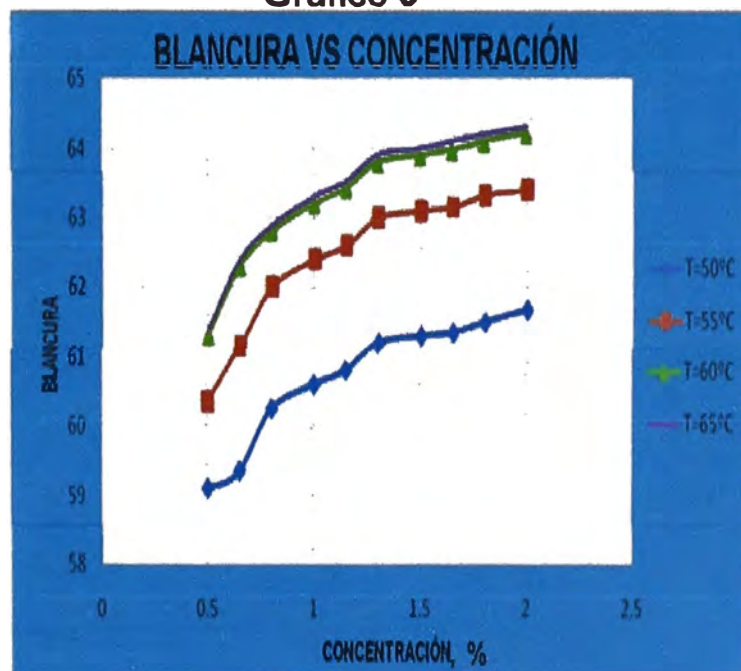
El rango óptimo se estableció entre 3.5-4.5 % (que es lo que normalmente se trabaja en una planta que produce papeles marrones).

Una consistencia menor implicaría una mayor dosificación del agente reductor (blanqueador). Consistencias mayores acarrearán dificultades para eliminar el aire atrapado entre la pulpa, el cual puede descomponer el blanqueador, antes de entrar en contacto con la pasta.

Efecto de la carga del blanqueador (%)

El nivel del blanqueador dependerá del nivel de blancura a obtener y del costo que representaría un punto ganado, sin embargo en las experiencias realizadas se reportan ganancias que pueden llegar hasta los 5 puntos, por lo que se recomienda usar una dosificación cercana al 1.8%. Ver Gráfico 3

Gráfico 3



Efecto del agente secuestrante

El uso de agentes secuestrantes está íntimamente ligado al tipo y a la cantidad de iones metálicos presentes. Tanto en la pasta ó recorte como en el agua de proceso. Durante la preparación de pasta está expuesta a absorción de iones fierro, los que catalizan la descomposición del blanqueador y si el recorte contiene pasta mecánica con alto contenido de lignina se producirá una reversión de color al reaccionar con compuestos fenóticos, presentes en la lignina. Otros iones metálicos como cobre, manganeso, níquel, cobalto también inciden en los niveles de blancura, pero tienen mayor repercusión en la corrosión. Para contrarrestar el efecto nocivo de estos iones, se recurre al uso de agentes quelantes entre ellos el EDTA, DTPA (mezcla la cual tiene que estar entre 0.1 a 0.5% de concentración)

Efecto de la presencia de oxígeno

El oxígeno del aire tiene un efecto destructor en el blanqueo. El blanqueador reacciona con el oxígeno disminuyendo su poder reductor, por lo que se debe evitar la agitación excesiva entre la pasta y el agente blanqueante.

3.5 Equipos básicos

El Sistema que se mostrará a continuación es el circuito general de preparación depuración-limpieza de pastas previo al paso por la máquina papelera. Para lo cual se tienen los siguientes equipos:

- **Pulper**

La pasta se prepara en un aparato llamado pulper (dispositivo semejante a una gran batidora), donde se mezcla agua con el material de papel. Este material, puede estar en forma de fardos (muchas hojas de pasta de papel), a granel (pasta de papel desmenuzada) o, si se trata de una fábrica integrada cuyo proceso de pasta y de papel se realiza en la misma factoría, en suspensión de agua.

El pulper es una gran cuba, en cuyo interior se encuentra una gran hélice. Al añadir la pasta de papel, comienza el proceso de disgregación de fibras, primero por el impacto al caer los fardos, después por el rozamiento de la hélice con la pasta y finalmente por el rozamiento de las mismas fibras entre sí. Esta acción genera calor que ayuda a la dispersión.

Según el tipo de producción, se puede usar papel viejo, obteniendo un papel de menor calidad (papel reciclado). Aunque siempre se mezcla con pasta virgen, ya que las fibras se estropean, se rompen y dejan de ser útiles para la fabricación. Es imposible reciclar o reutilizar papel indefinidamente.

- **Ciclón**

Los ciclones son uno de los equipos más empleados dentro de las operaciones de separación de partículas sólidas de una corriente gaseosa, además de poder emplearse para separar sólidos de líquidos. Su éxito se debe en parte a que son equipos de una gran sencillez estructural debido a que no poseen partes móviles y a que apenas exigen mantenimiento.

Además destaca el hecho de que, al hacer uso de fuerzas centrífugas en vez de gravitatorias, la velocidad de sedimentación de las partículas se incrementa en gran medida haciéndose más efectiva la separación.

- **Screen**

Es usado para mediana y altas capacidades de producción de papel y para la limpieza de todos los grados de pasta de papel en un sistema cerrado de tratamiento. Además de las impurezas existentes tales como haces de fibras, partículas, hilos, pelos y partículas de espuma de poliestireno, también elimina eficazmente partículas de láminas de plástico y cintas, caliente derrite y contaminantes pegajoso. La presión vertical del Screen tipo pantalla funciona como sigue: Los flujos de entrada fluyen alrededor de la periferia del tanque interno, a lo largo de una canasta fija, ya sea con perforaciones o ranuras, y un rotor de multi-rotación de paletas. Acepta el flujo a través de la canasta; rechaza el aumento de la luz hasta el centro de la tapa de domo y se descargan a través de una válvula de salida, donde los rechazos pesados van hacia el fondo del tanque interno y se descargan a través de otra válvula de salida.

- **Fraccionador**

Equipo que se encarga de fraccionar la pasta en fibra larga y fibra corta, donde la fibra larga le da resistencia mecánica al papel y la fibra corta le proporciona al papel las características de buena formación, textura y opacidad.

- **Equipo Krima**

Es un equipo de dispersión en Caliente, el cual a través de sus tres tornillos inclinados: tornillo de prensas horizontal, tornillo de alimentación, tornillo horizontal con calentamiento; se dispersan materiales tales como cera, hot melt que pueden encontrarse en la materia prima y si no pasan por éste equipo, pueden causar problemas de stickies durante el proceso de producción de papel y en el producto final.

3.6 Diagrama del proceso

En los Diagramas 3.1 y 3.2, se pueden observar el proceso de preparación y depuración de pasta que se utilizará para obtener papel Kraft. El proceso se inicia con la molienda del material reciclado en el pulper, luego ésta pasta es transportada hacia los tanques donde y hacia donde se va a almacenar la pasta que va a ser depurada, refinada y adecuada para pasar por la máquina papelera y obtener el papel deseado. Es en esta zona donde se aplicarán los químicos de blanqueo necesarios para éste fin.

Los tanques descritos en éste diagrama son los siguientes:

TK1: Tanque Marrón de almacenamiento directo del Pulper.

TK2: Tanque Virgen, recibe la pasta aceptada del Screen 1 y del Ciclón que viene del Tanque Marrón y la envía al Screen 2.

TK3: Tanque Pulmón, recibe la pasta aceptada del Screen 2 que viene del Tk Virgen y la envía al Fraccionador.

TK4: Tanque de Fibra Larga, recibe la Fibra Larga del Fraccionador y la envía al Screen 3 y al Krima.

TK5: Tanque de Fibra Corta, recibe la Fibra Corta del Fraccionador y la envía al Tk de Mezcla.

TK6: Tanque de Mezcla, recibe la pasta del Tk de Fibra Corta y del TK Duociclo Inferior y la envía al Tk de Máquina

TK7: Tanque Duociclo Superior, recibe la pasta del Krima y el aceptado del Screen3 y la envía al Tk Duociclo Inferior.

TK8: Tanque Duociclo Inferior, recibe la pasta del Tk Duociclo Superior y la envía al Tk de Mezcla.

TK9: Tanque de Máquina, recibe la pasta del Tk de Mezcla, la envía al Cajón de Altura y de allí a la Máquina Papelera.

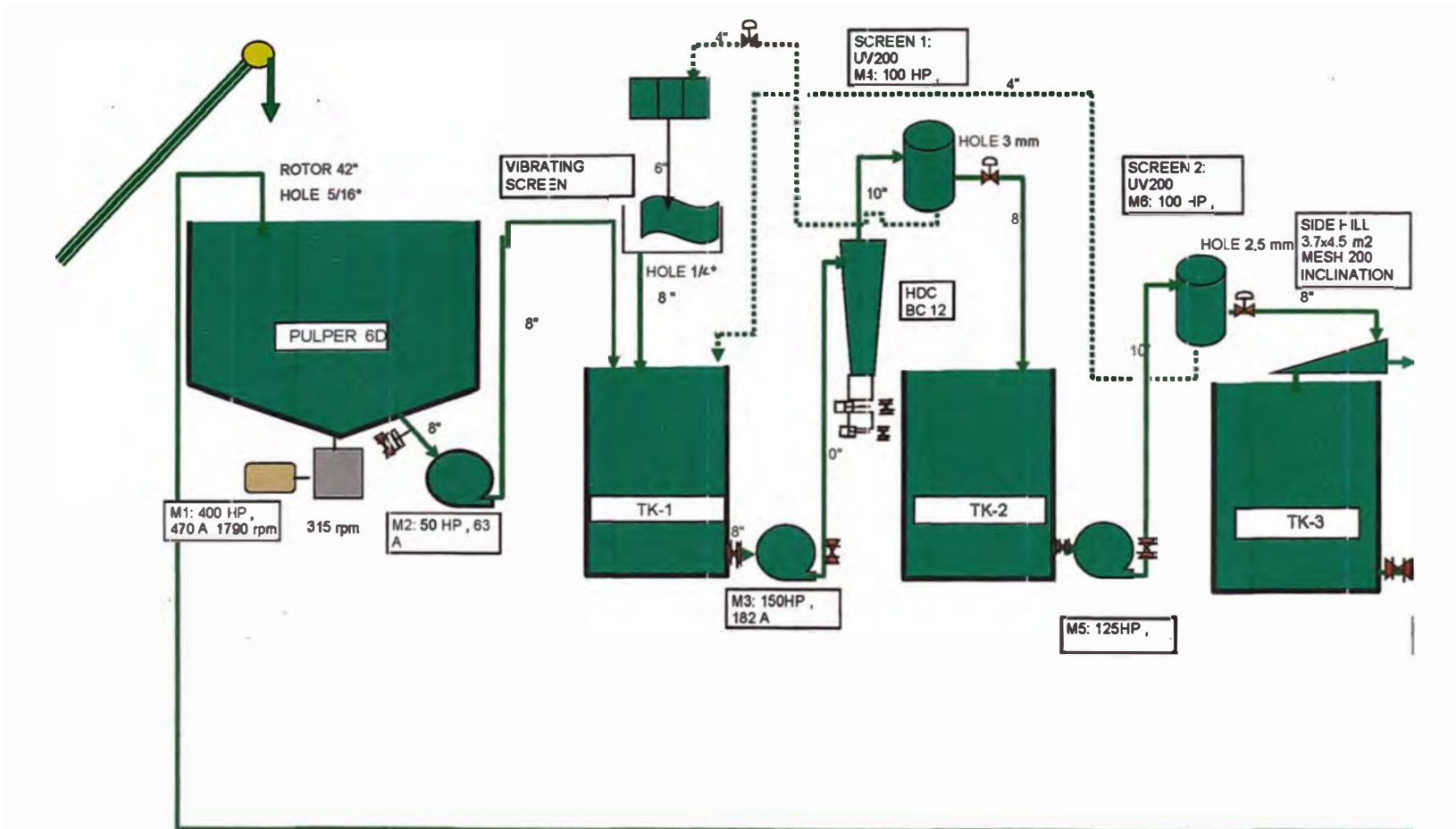


Diagrama 3.1 : Proceso y Depuración de Pasta para la Obtención de Papel Kraft

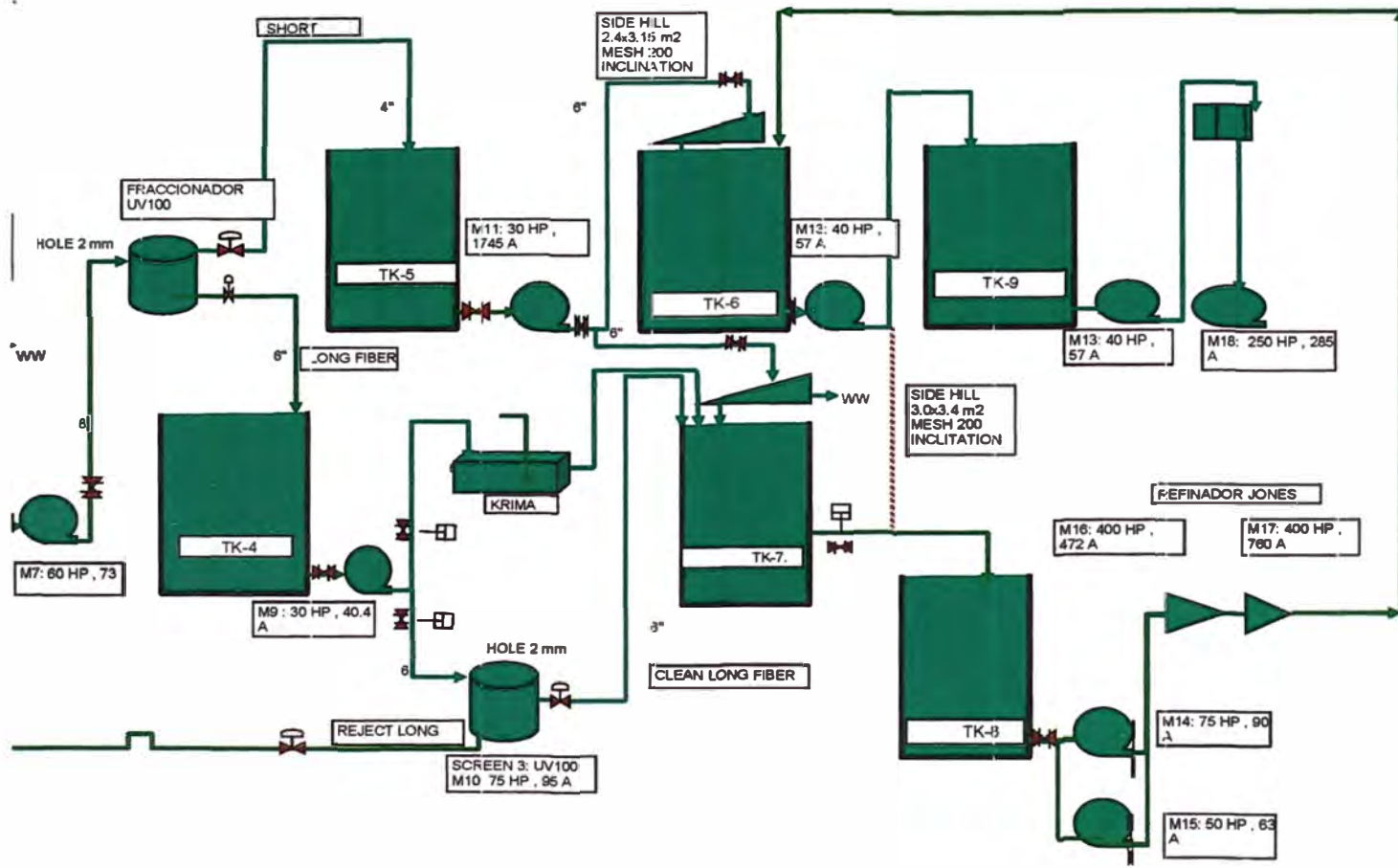


Diagrama 3.2 : Proceso y Depuración de Pasta para la Obtención de Papel Kraft

3.7 Balance de Masa

Los cálculos para determinar el balance de masa del proceso; se pueden apreciar en el Apéndice B, a continuación en el cuadro 3.1, se muestran los resultados:

CUADRO 3.1 RESUMEN DE BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO

EQUIPO	FLUJO (TM/h)					
	ENTRADA		SALIDA		RECHAZO	
PULPER	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
		150	6	148.99	5.96	0
TK-1	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	148.99	5.96	144.95	5.8	0	0
SCREEN 1	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	144.95	5.8	142.05	5.68	2.9	0.12
TK-2	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	142.05	5.68	137.29	5.49	0	0
SCREEN 2	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	137.29	5.49	134.54	5.38	2.75	0.11
TK-3	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	134.54	5.38	132.52	5.3	0	0
SCREEN 3	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	10.23	0.41	10.03	0.4	0.2	0.01
TK-4	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	113.59	4.54	111.57	4.46	0	0
FRACCIONADOR	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	132.52	5.3	132.52	5.3	0	0
TK-5	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	18.93	0.76	18.63	0.75	0	0
TK-6	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	129.4	5.18	129.1	5.16	0	0
TK-7	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	111.37	4.45	111.07	4.44	0	0
TK-8	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA
	111.07	4.44	110.77	4.43	0	0
TK-9	%C 4	BASE SECA	%C 4	BASE SECA	%C 4.2	BASE SECA
	129.1	5.16	128.8	5.15	0	0
KRIMA	%C 4	BASE SECA	%C 10	BASE SECA	%C 10	BASE SECA
	101.34	4.05	101.34	10.13	0	0

En nuestro caso, la aplicación de los químicos blanqueadores se llevaría a cabo en tres puntos (Ver Diagramas 3.3 y 3.4):

1. En el Pulper (Se añaden los químicos Soda Caústica, Silicato de Sodio) que opera abierto.
2. En el Dispensor Krima (donde se añade el Peróxido de Hidrógeno y la pulpa es calentada manteniendo la temperatura a 100°C durante 150 a 240 minutos) que opera cerrado.
3. En un TK Cerrado (donde se añaden los químicos Ácido Sulfúrico e Hidrosulfito de Sodio) de 60 m3.

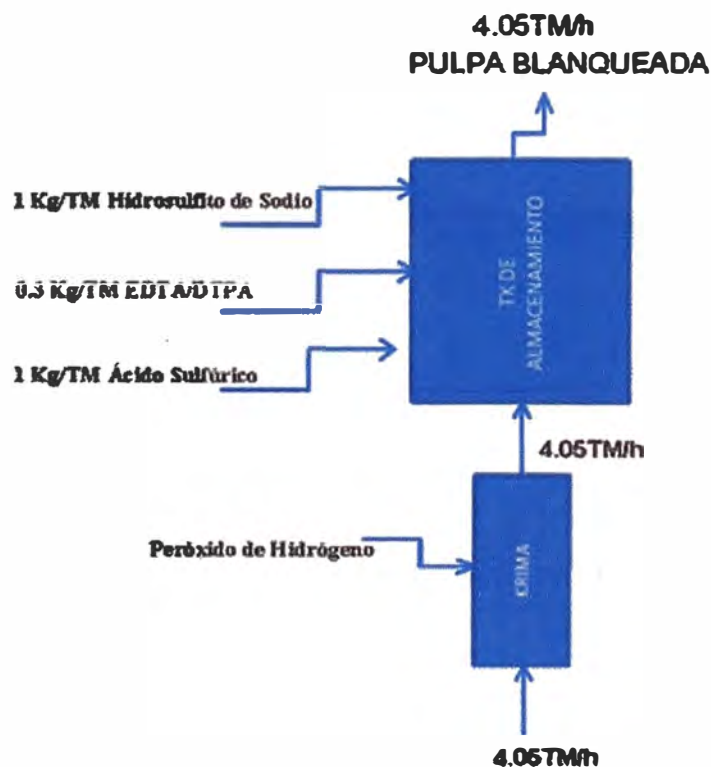


Diagrama 3.3 QUÍMICOS EN EL KRIMA Y EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PULPA BLANQUEADA

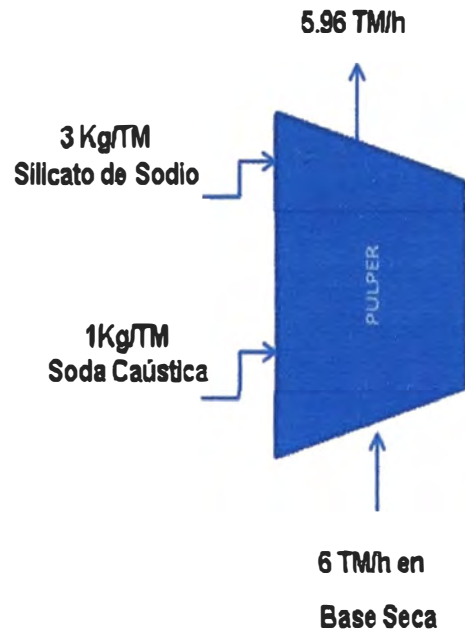


Diagrama 3.4 ADICIÓN DE QUÍMICOS EN EL PULPER

A continuación, en los Diagramas 3.5 y 3.6 se muestran los flujos de entrada y salida en cada equipo del proceso.

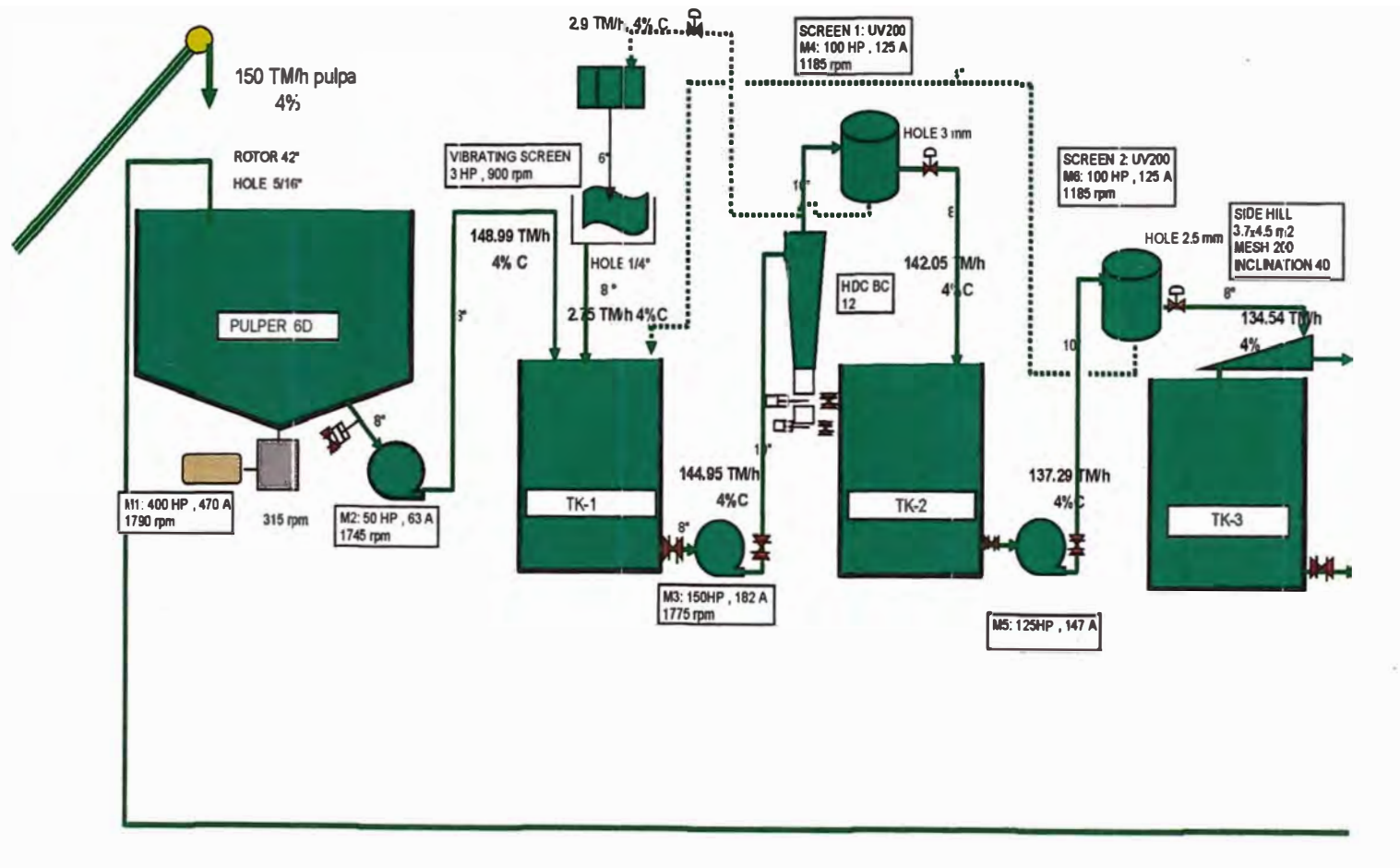


Diagrama 3.5 : Flujos de Pasta para la Obtención de Papel Kraft

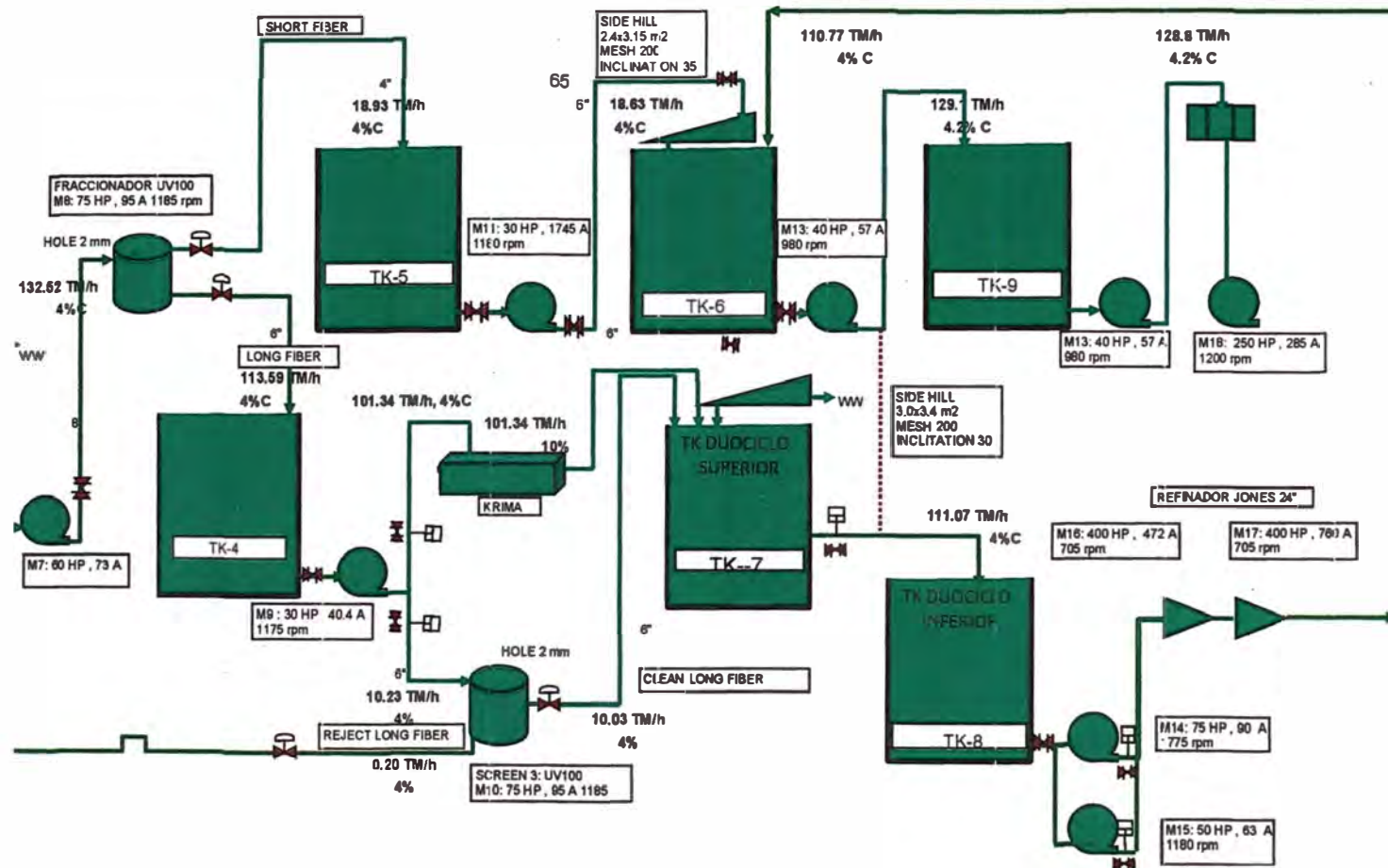


Diagrama 3.6 : Flujos de Pasta para la Obtención de Papel Kraft

3.8 Costos

3.8.1 Costo y Consumo de Químicos

a. Blanqueadores

- Soda Caústica	\$ 0.25/KG
- Silicato de Sodio	\$ 0.60/KG
- Peróxido de Hidrógeno	\$ 0.70/KG
- Hidrosulfito de Sodio	\$ 0.85/KG
- Ácido Sulfúrico (Regulador de PH)	\$ 0.25/KG

b. Agentes Quelantes

Que son secuestrantes de iones metálicos, los cuales en este caso afectan la blancura

- EDTA	\$ 16.67/KG (Polvo)
- DTPA	\$ 14.15/KG (Polvo)

c. Consumo

• Soda Caústica	1.0 Kg/TM
• Ácido Sulfúrico	1.0 Kg/TM
• Peróxido de Hidrogeno	3.0 Kg/TM
• Hidrosulfito de Sódio	1.0 Kg/TM
• Almidón Catiónico	5.0 Kg/TM
• Silicato de Sodio	3.0 Kg/TM
• EDTA/DTPA	0.30 Kg/TM

3.8.2 Costo y consumo de Materia Prima

A) CON BLANQUEO

- OCC reciclado (Nacional)	\$ 93.56 / TM
- OCC reciclado (Importado)	\$ 235.73 / TM
- Almidón Catiónico	\$ 1.65 / Kg

NOTA: El Almidón Catiónico no va como parte del Tratamiento, pero se añade al costo dado que su uso es para darle más resistencia al papel

Para una Producción Diaria de 120 TM/DÍA de Papel Kraft, se está considerando el consumo de Pulpa y el consumo de Químicos empleados en el blanqueo considerando para ello alternativas de Materia Prima Nacional e Importada para material reciclado y el ahorro respecto al uso de Pulpa Kraft.

Costo Diario en la obtención de Papel Kraft:

Consumo de Pulpa + Consumo de Químicos

Usando OCC NACIONAL:

$$= (93.56 + ((1 \times 0.25) + (3 \times 0.70) + (1 \times 0.85) + (5 \times 1.65) + (3 \times 0.6) + (1 \times 0.25) + (0.3 \times 14.15))) \times 120$$

$$= (93.56 + 15.86) \times 120$$

$$= \$ 13130.4 / \text{DIA}$$

Usando OCC IMPORTADO :

$$\begin{aligned}
 &= (235.73 + ((1 \times 0.25) + (3 \times 0.70) + (1 \times 0.85) + (5 \times 1.65) + (3 \times 0.6) \\
 &+ (1 \times 0.25) + (0.3 \times 14.15))) \times 120 \\
 &= (235.73 + 15.86) \times 120 \\
 &= \$ 30190.8 / \text{DÍA}
 \end{aligned}$$

B) SIN BLANQUEO**Pulpa Kraft: \$ 560/TM****Producción Diaria: 120 TM/DÍA****Costo Diario en la obtención del Pulpa Kraft:****Consumo de Pulpa**

$$= 560 \times 120$$

$$= \$ 67200 / \text{DÍA}$$

4. CONCLUSIONES

- Los niveles de blancura obtenida son los suficientes para el caso de blanqueo para obtener papel kraft.

El uso de agentes secuestrantes está íntimamente ligado al tipo y a la cantidad de iones metálicos presentes. Para contrarrestar el efecto nocivo de estos iones, se recurre al uso de agentes quelantes entre ellos el EDTA, DTPA (mezcla la cual tiene que estar entre 0.1 a 0.5% de concentración)

El rango óptimo de consistencia se estableció entre 3.5-4.5 % (que es lo que normalmente se trabaja en una planta que produce papeles marrones).

- La selección del pH para llevar a cabo la operación de blanqueo, debe ser realizado teniendo en cuenta que a bajos niveles de pH el agente reductor se descompone y que en rangos alcalinos pueden aparecer nuevos grupos cromóforos o disminuir la reactividad de los ya existentes oscureciendo la pasta
- Utilizando éste método de blanqueo se obtiene un ahorro de \$ 37009.2 / día empleando OCC Importado y en el caso de usar OCC Nacional, \$ 54069.6 /día, donde el uso de Materia Prima, depende de su disponibilidad.
- Se puede obtener Papel Kraft, a partir de Material Reciclado con un tratamiento químico adecuado, aplicando en los puntos de dosificación correctos y las dosificaciones correctas.

5. RECOMENDACIONES

- Efectuar estudios de las variables de blanqueo con otros agentes reductores como: cromo II y uranio III.
- Efectuar estudios de las fluctuaciones del nivel de carga de los iones metálicos pesados en las producidas por reproceso de recortaría y su efecto sobre el blanqueo.
- Dado que en un proceso de blanqueo el material fibroso será el que determina la calidad del producto final, se recomienda el uso de recortaría muy seleccionada con la finalidad de suministrar una buena materia prima al proceso de fabricación del papel Kraft.
- El tiempo para alcanzar el máximo nivel de blancura posible con una determinada carga de blanqueador está relacionado con la temperatura de reacción .Se recomienda que el período de retención sea al menos sesenta minutos para una temperatura de 60° C. Tiempos mayores de dos horas no benefician notoriamente la ganancia de blancura.
- Se recomienda el uso de Hidrosulfito de Sodio y no de Cloro y/o Hipoclorito de Sodio debido al daño ambiental que causan estos blanqueadores cuyos remanentes se eliminan del proceso a través de los efluentes.

6. GLOSARIO

- a) Pulpa:** Materia prima celulósica, de estructura fibrosa y origen vegetal, preparada para fabricación de papel.
- b) Pasta de Papel:** Suspensión acuosa de una ó más pulpas y de otros productos, desde la etapa de desintegración de la pulpa, hasta la formación de papel.
- c) Consistencia:** Es el peso de la fibra seca (base seca) existente en un determinado volumen de agua se expresa en porcentaje.
- d) Refinado:** Es un tratamiento mecánico al que se someten las fibras papeleras, en medio acuoso, con el fin de aumentar su capacidad de enlace. Los efectos que produce éste tratamiento sobre las fibras y sobre la suspensión fibrosa son múltiples, los cuales son: fibrilación interna, fibrilación externa, acortamiento de fibras, formación de finos, hinchamiento de la fibra, aumento de la superficie específica de la fibra, aumento de la flexibilidad de la fibra.
- e) Fibras cortas:** Corresponden a árboles de madera dura, como el eucalipto y algunas especies de frondosas (abedul, chopo, arce o haya), y su longitud está comprendida entre los 0,75 mm. y los 2 mm. de largo, conteniendo además un porcentaje más elevado de celulosa. En el caso de fibras a partir de material reciclado, se obtienen a través del Fraccionador.
- f) Fibras largas:** Proviene de árboles de madera blanda, fundamentalmente coníferas como el abeto y el pino, y su longitud está comprendida entre los 3 y 5 mm., resultando la pasta de papel más resistente. En el caso de fibras a partir de material reciclado, se obtienen a través del Fraccionador.

g)Agentes Secuestrantes: Son compuestos capaces de ligar iones metálicos de tal manera, que no exhiban sus reacciones en presencia de agentes precipitantes. En nuestro caso es el EDTA y DTPA.

h)Agentes Blanqueadores: Se utilizan en el tratamiento químico de blanqueo, en etapas sucesivas y bajo condiciones de operación distintas. Los principales reactivos químicos utilizados son cloro elemental (Cl_2), dióxido de cloro (ClO_2) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Hidróxido de sodio (NaOH), Hidrosulfito de Sodio se utiliza entre algunas etapas de blanqueo para regular el pH y obtener el blanqueo deseado.

7. BIBLIOGRAFÍA:

1.- Estudio de secuencias de blanqueo de fibras recicladas con agentes reductores generados IN -SITU (2008)

Jhonattan Fuentes López, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA,
Facultad de Minas, Escuela de Procesos y Energía -Medellín
Págs. 14-42

Fecha de Consulta: Noviembre del 2009

<http://www.bdigital.unal.edu.co/cgi/export/873/>

2.- Procesos de Blanqueo a base de Oxígeno aplicados a Pulpa obtenida del Cartón Corrugado Reciclado (OCC). (2008)

Rivera, José J. Anzaldo, José; Becerra, Bruno; Ramos, Juan; Sanjuán, Rubén.
Colodette, Jorge L.

<http://www.riadicyp.org.ar/downloads/ciadi2008/10.pdf>

Págs. 1-10

Fecha de Consulta: Noviembre del 2009

3.-El Papel

Artículo CMPC Chile (2007)

<http://www.papelnet.cl/pdf/papel.pdf>

Págs. 2, 5-6

Fecha de Consulta: Diciembre del 2009

4.- Procedimiento para la reelaboración de fibras con contenido en celulosa y cuerpos absorbentes para productos médicos o higiénicos(1991)

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

Nro.de publicación: ES 2 094 762

Fecha de Consulta: Diciembre del 2009

5.-Plan de Producción Limpia para la industria del Papel (2009)

Opinión de Ambiente y Desarrollo sobre el Plan de Producción Limpia para la Industria del Papel de Greenpeace

www.ambienteydesarrollo.com.ar/Opinion%20sobre%20GreenPeace%20y%20Celulosa.doc

Págs. 1-5

Fecha de Consulta: Enero del 2010

6.-Papel (2008)

Artículo de Wikipedia, la Enciclopedia Libre,

<http://es.wikipedia.org/wiki/Papel>

Fecha de Consulta: Enero del 2010

7.-Proceso de Producción de celulosa Kraft (2009)

Artículo CMPC Chile

www.papelnet.cl/celulosa/01_fases%20de%20produccion.html

Fecha de Consulta: Enero del 2010

8.-Lignina(2009)

Artículo de Wikipedia, la Enciclopedia Libre,

<http://es.wikipedia.org/wiki/Lignina>

Págs. 1-3

Fecha de Consulta: Enero del 2010

9.- Fundamentos de la Producción de Pastas Celulósicas (2007)

<http://www.fiqus.unl.edu.ar/celulosa/NumeroKappa.pdf>

Págs. 1-2

Fecha de Consulta: Enero del 2010

**10.-Casey J “Pulpa y Papel Ciencia y Tecnología “USA, Ed.Continental ,1991 Vol. 1
pág. 10, Vol. III pág. 6744**

**11.-Foust A; Wenzel L; Cortes C; Maus L; Bryce L “Principios de Operaciones
Unitarias” México 6ta. Ed., Editorial Continental S.A., 1974, Pág. 543**

**12.-Hplward .A. Sánchez C “Método de ensayo en la industria de pulpa y papel “,
Ed. Brusco, Sao Paulo, 1975, pág. 50**

13.-Land HF “Manual de Reciclaje”, Ed. Mc Graw Hill, México 1996, pág. 9

**14.-Libby .E.”Ciencia y Tecnología” sobre Pulpa y Papel” Ed. Continental,
México 1969, Tomo I, pág. 16, Tomo II, pág. 461**

15.-Valeo .M. “Manual de Papel Reciclado”, Madrid 1991, pág. 8

16.-Voith, “Máquinas de Flotar “, Alemania 1978, pág. 8

17.-Sulzer, “Revista Técnica“, Suecia 1990, pág. 31

APENDICE A

PRUEBAS DE BLANQUEO

1. Tipo de fibra utilizada

En este caso no se aplicará la deslignificación para el blanqueo ya que se utilizaron fibras mecánicas

2. Tipo de blanqueo utilizado

En las secuencias de blanqueo se ha considerado:

a) Blanqueo con peróxido (Oxidativo)

Que se realiza mezclando la pulpa con Silicato de Sodio al 3% de pulpa base seca, luego con adición de soda cáustica al 3% de pulpa base seca y peróxido de hidrógeno al 3% de pulpa base seca ajustando la consistencia de 10%.

La Soda Cáustica se añade con la finalidad de ajustar el pH entre 8-9. La pulpa es precalentada y colocada en baño termostático manteniendo la temperatura a 80°C durante 150 a 240 minutos luego de añadirles los productos químicos

Posteriormente a cada uno de los tratamientos aplicados, las pulpas resultantes fueron lavadas con agua destilada.

b) Blanqueo Reductivo con Hidrosulfito de Sodio

Utilizando Ácido Sulfúrico para regular el pH.

En el diseño experimental se consideró las siguientes etapas:

3. Las variables y respuestas del proceso de blanqueo

Las variables consideradas son:

- La temperatura (50-70 °C) ,
- pH inicial (4.5-6.5)
- Tiempo de reacción (10-110 min)
- Concentración de blanqueador (0.1-2.1%)

Y las respuestas del proceso:

- Blancura
- Reversión de Color
- pH final

4. Modelos Matemáticos utilizados

A partir de los resultados del proceso se obtienen los modelos matemáticos que rigen el comportamiento de las diferentes respuestas, respecto de las variables independientes, en el cual se obtiene un modelo cuadrático del tipo:

$$Y = B_0 + \sum_{i=1}^n B_i X_i + \sum_{i=1}^n B_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} B_{ij} X_i X_j$$

Desarrollando el Sistema Cuadrático, se obtiene la siguiente ecuación en base a las variables de proceso.

$$Y = B_1 + B_2.T + B_3.pH + B_4.t + B_5.CH + B_6.T^2 + B_7.pH^2 + B_8.t^2 + B_9.CH^2 + B_{10}.T.pH + B_{11}.T.t + B_{12}.T.CH + B_{13}.pH.t + B_{14}.pH.CH + B_{15}.T.CH$$

Donde:

Y : Representa cualquiera de las variables dependientes del proceso en

función de las variables independientes

T : Temperatura (°C)

pH : pH de la suspensión de pulpa

t : Tiempo de retención (min)

CH : Concentración de blanqueador (%)

5. Ecuaciones resultantes

Luego de realizar los cálculos que exigen para conocer los coeficientes se determinan las siguientes ecuaciones:

Para la Blancura:

$$Y1 = -37.886 + 2.101T + 10.751pH + 0.020t + 4.712CH - 0.017T^2 - 0.956pH^2 + 0.001t^2 - 1.952CH^2 - 0.019T \cdot pH - 0.026T \cdot CH + 0.009pH \cdot t + 0.425pH \cdot CH + 0.013T \cdot CH$$

Para la Reversión de Blancura

$$Y2 = -0.477 + 1.203T + 6.483pH + 0.012t + 3.063CH - 0.093T^2 - 0.578pH^2 + 1.179CH^2 - 0.013T \cdot pH - 0.016T \cdot CH + 0.006pH \cdot t + 0.250pH \cdot CH + 0.007T \cdot CH$$

Para el pH Final

$$Y3 = -5.683 + 0.011T + 3.596pH + 0.009t - 1.280CH - 0.236pH^2 + 0.015CH^2 - 0.009T \cdot pH - 0.003T \cdot CH + 0.002pH \cdot t + 0.175pH \cdot CH - 0.003T \cdot CH$$

Las razones del modelo matemático son con la finalidad de obtener además de la simulación del proceso, un ahorro de tiempo. De lo contrario, se necesitarían llevar a cabo muchísimos ensayos para obtener los resultados experimentales del proceso requeridos, dado que éste modelo rije su comportamiento y su simulación, en base a sus variables

6. Descripción del Blanqueo Experimental

Los blanqueos se hicieron un matraz, tratando de cerrar herméticamente, provisto de un termómetro, agitación ligera y sumergido en un baño termostático bajo condiciones definidas por el diseño experimental

La razón de hacer las experiencias sobre matraz hermético es evitar el evitar el contacto del oxígeno del aire con la pasta, esto como una manera de simular una torre de blanqueo en donde se realizan los blanqueos industriales

Se fijan las siguientes variables de entrada:

Consistencia: 4.0%

Agente Secuestrante: 0.3 % (DTPA: Ácido DietilenTriamino Pentacético)

El procedimiento de laboratorio comienza con la desintegración del recorte usando para ello una licuadora de uso doméstico .El recorte es batido con un 60% del volumen del agua requerido para una consistencia de 4.0% y el 40% restante es para el agua de lavado para arrastrar pasta de las paredes de la licuadora.

Esta pasta desintegrada y batida es depositada en el matraz previamente acondicionado, se empieza a calentar, una vez alcanzada la temperatura de diseño se ajusta con Ácido Sulfúrico, hasta rangos de de 5-5.5. Normalmente el PH del recorte está entre 6.5-7.5

Se adiciona luego el blanqueador (Hidrosulfito de Sodio) se agita hasta homogenización total, completo el tiempo de reacción se mide le PH final deteniéndose la reacción agregando agua suficiente para conseguir una hoja.

A la hoja formada se le midió la blancura y posteriormente a esta hoja un envejecimiento acelerado para lo cual se coloca en una estufa a temperatura de 105 ° C durante 18 horas midiendo luego la blancura

Todas estas experiencias se hacen de acuerdo al diseño presentado anteriormente.

7. Datos experimentales

Las Tablas 1, 2 y 3 muestran los resultados de los experimentos de blanqueo, con referencia al Tiempo de exposición, al PH inicial y la concentración del blanqueador respectivamente a temperaturas de 50°C, 55°C, 60°C y 65

TABLA 1
BLANCURA VS TIEMPO PARA DIVERSAS TEMPERATURAS
PH=5.5 C=1.1%

TEMPERATURA(°C)	50°C	55°C	60°C	65°C
	BLANCURA ISO	BLANCURA ISO	BLANCURA ISO	BLANCURA ISO
20	58.1	60.15	60.61	60.81
25	59.8	61.75	62.22	62.41
30	60.3	62.3	62.78	63
40	60.48	62.5	62.99	63.2
50	60.75	62.8	63.27	63.48
60	60.95	63	63.46	63.67
70	61	63	63.48	63.68
75	61.2	63.25	63.73	63.94
80	61.4	63.4	63.89	64.09
90	61.55	63.6	64.09	64.29
100	61.45	63.5	63.97	64.19

TABLA 2
BLANCURA VS PH INICIAL PARA DIVERSAS TEMPERATURAS
t=60 min C=1.1%

TEMPERATURA(°C)	50°C	55°C	60°C	65°C
PH	BLANCURA ISO	BLANCURA ISO	BLANCURA ISO	BLANCURA ISO
4.5	58.45	60.25	61.25	61.45
4.65	59.3	61.11	62.11	62.31
4.8	59.35	61.17	62.17	62.37
5	59.4	61.2	62.2	62.4
5.15	59.45	61.26	62.26	62.46
5.3	59.65	61.48	62.48	62.68
5.5	59.9	61.71	62.71	62.91
5.65	60	61.82	62.82	63.02
5.8	59.85	61.67	62.67	62.87
6	59.78	61.59	62.59	62.79
6.2	59.72	61.52	62.52	62.72

TABLA 3
BLANCURA VS CONCENTRACIÓN DE BLANQUEADOR
PARA DIVERSAS TEMPERATURAS
PH=5.5 t=60 min

TEMPERATURA(°C)	50°C	55°C	60°C	65°C
%C	BLANCURA ISO	BLANCURA ISO	BLANCURA ISO	BLANCURA ISO
0.5	59.1	60.35	61.3	61.4
0.65	59.35	61.15	62.3	62.4
0.8	60.25	62	62.8	62.89
1	60.6	62.4	63.2	63.3
1.15	60.8	62.6	63.42	63.52
1.3	61.2	63	63.8	63.9
1.5	61.3	63.1	63.9	64
1.65	61.35	63.15	63.98	64.1
1.8	61.5	63.32	64.1	64.2
2	61.68	63.4	64.22	64.3

APENDICE B

BALANCE DE MASA

BALANCE DE MASA DEL SISTEMA DE PASTA

BALANCE GENERAL

ENTRADA= SALIDA +ACUMULACIÓN+RETORNO

150 TM/h= 128.8 TM/h+ ACUMULACIÓN+RETORNO

CAPACIDADES:

		ACUMULACIÓN
		TM/h
PULPER	20 TM	1.01
TK-1	80 TM	4.04
TK-2	40 TM	2.02
TK-3	40 TM	2.02
TK-4	40 TM	2.02
TK-5	40 TM	0.30
TK-6	40 TM	0.30
TK-7	40 TM	0.30
TK-8	40 TM	0.30
TK-9	40 TM	0.30

420 TM

12.60

Entonces: RETORNO= 8.60 TM/h

BALANCE PULPER

Considerando: ENTRADAP= 150 TM/h

ENTRADAP=SALIDAP +ACUMULACIÓNP

150 TM/h + RETORNOP = SALIDAP +1.01TM/h

Para este Balance RETORNO P= 0

SALIDA P = 148.99 TM/h

BALANCE TK-9

ENTRADA9=SALIDA9 +ACUMULACIÓN9

ENTRADA9=128.8TM/h+0.30TM/h=129.10TM/h

ENTRADA9= 129.10 TM/h

SALIDA 9 = 128.80 TM/h

BALANCE SCREEN-1

$$\text{ENTRADA S-1} = \text{SALIDA S-1} + \text{ACUMULACIÓN S-1} + \text{RECHAZO S-1}$$

Pero ACUMULACIÓN S-1 = 0 , Además : RECHAZO S-1 = 0.02 ENTRADAS-1

Entonces:

$$0.98 \text{ ENTRADA S-1} = \text{SALIDA S-1}$$

BALANCE TK-1

$$\text{ENTRADA1} = \text{SALIDA1} + \text{ACUMULACIÓN1} + \text{RECHAZO S-1} + \text{RECHAZO S-2} \dots (1)$$

$$\text{ENTRADA1} = \text{SALIDA1} + 4.04 \text{ TM/h} + 0.02(\text{ENTRADA S-1} + \text{ENTRADA S-2})$$

Además :

$$\text{ENTRADA 1} = \text{SALIDA P} + \text{RECHAZO S-1} + \text{RECHAZO S-2} \dots \dots \dots (2)$$

DE (1) Y (2)

$$\text{SALIDA 1} = \text{SALIDA P} - \text{ACUMULACIÓN 1}$$

$$\text{SALIDA 1} = 144.95 \text{ TM/h}, \text{ ENTRADA 1} = \text{SALIDA P} = 148.99 \text{ TM/h}$$

BALANCE SCREEN-2

$$\text{ENTRADA S-2} = \text{SALIDA S-2} + \text{ACUMULACIÓN S-2} + \text{RECHAZO S-2}$$

Pero ACUMULACIÓN S-1 = 0, Además : RECHAZO S-2 = 0.02 ENTRADA S-2

Entonces:

$$0.98 \text{ ENTRADA S-2} = \text{SALIDA S-2}$$

De Balance en el TK-2:

$$\text{ENTRADA S-2} = 134.54 \text{ TM/h},$$

$$\text{SALIDA S-2} = 137.29 \text{ TM/h}$$

RECHAZO S-2= 2.75 TM/h

BALANCE TK-2

ENTRADA2=SALIDA2 +ACUMULACIÓN2+RECHAZO S-2

ENTRADA2=SALIDA2+2.02TM/h+RECHAZOS-2.....(1)

De Balance de TK-1

ENTRADA2 = SALIDA S-1= 142.05 TM/h.....(2)

Pero SALIDA 2=ENTRADA S-2, Además: RECHAZO S-2 = 0.02ENTRADA S-2..... (3)

Combinando (1) ,(2) y (3)

SALIDA2 = 137.29 TM/h

$$\text{RECHAZO S-2} = 2.75 \text{ TM/h}$$

$$\text{ENTRADA S-2} = 137.29 \text{ TM/h}$$

$$\text{SALIDA S-2} = 134.54 \text{ TM/h}$$

BALANCE TK-3

$$\text{ENTRADA3} = \text{SALIDA3} + \text{ACUMULACIÓN3}$$

$$\text{ENTRADA3} = \text{SALIDA3} + 2.02 \text{ TM/h}$$

$$\text{Pero } \text{ENTRADA3} = \text{SALIDA S-2} = 0.98 \text{ ENTRADA S-2}$$

$$\text{ENTRADA 3} = 134.54 \text{ TM/h}$$

$$\text{SALIDA 3} = 132.52 \text{ TM/h}$$

BALANCE FRACCIONADOR

$$\text{ENTRADA F} = \text{SALIDA F} + \text{ACUMULACIÓN F}$$

EN COMPARACIÓN CON LA ACUMULACIÓN EN LOS TKS SE CONSIDERARÁ CERO

$$\text{ENTRADA F} = \text{SALIDA F}$$

Además : $\text{ENTRADA F} = \text{SALIDA 3}$

Entonces: $\text{ENTRADA F} = 132.52 \text{ TM/h} = \text{SALIDA F}$

Teniendo en cuenta que $\text{SALIDA F} = \text{SALIDA FC} + \text{SALIDA FL}$

Considerando la siguiente relación: $(\text{SALIDA FL} / \text{SALIDA FC}) = 6$

$$\begin{aligned} \text{SALIDA F} = 7 \text{ SALIDA FC} = 132.52 \text{ TM/h} & , \text{ SALIDA FC} = 18.93 \text{ TM/h} \\ & \text{SALIDA FL} = 113.59 \text{ TM/h} \end{aligned}$$

BALANCE SCREEN 3

$$\text{ENTRADA S-3} = \text{SALIDA S-3} + \text{ACUMULACIÓN S-3}$$

EN COMPARACIÓN CON LA ACUMULACIÓN EN LOS TKS SE CONSIDERARÁ CERO

$$\text{ENTRADA S-3} = \text{SALIDA S-3} + \text{RECHAZO S-3}$$

$$\text{RECHAZO S-3} = 0.02 * \text{ENTRADA S-3}$$

$$0.98 \text{ ENTRADA S-3} = \text{SALIDA S-3}$$

Del Balance en el TK-7:

$$\text{ENTRADA S-3} = 10.23 \text{ TM/h}$$

$$\text{SALIDA S-3} = 10.03 \text{ TM/h}$$

$$\text{RECHAZO S-3} = 0.20 \text{ TM/h}$$

BALANCE KRIMA

$$\text{ENTRADA}_K = \text{SALIDA}_K + \text{ACUMULACIÓN}_K$$

EN COMPARACIÓN CON LA ACUMULACIÓN DE LOS TKS SE CONSIDERARÁ CERO

$$\text{ENTRADA}_K = \text{SALIDA}_K$$

BALANCE TK-4

$$\text{ENTRADA}_4 = \text{SALIDA}_4 + \text{ACUMULACIÓN}_4$$

$$\text{ENTRADA}_4 = \text{SALIDA}_4 + 2.02 \text{ TM/h}$$

$$\text{ENTRADA}_4 = \text{SALIDA FL}$$

$$\text{ENTRADA}_4 = 113.59 \text{ TM/h}$$

$$\text{SALIDA}_4 = 111.57 \text{ TM/h}$$

BALANCE TK-5

$$\text{ENTRADA5} = \text{SALIDA5} + \text{ACUMULACIÓN5}$$

$$\text{ENTRADA5} = \text{SALIDA5} + 2.38 \text{ TM/h}$$

$$\text{ENTRADA 5} = \text{SALIDA FC} = 18.93 \quad \text{TM/h}$$

$$\text{SALIDA 5} = 18.63 \text{ TM/h}$$

BALANCE TK-6

$$\text{ENTRADA6} = \text{SALIDA6} + \text{ACUMULACIÓN6} \quad \text{SALIDA6} = \text{ENTRADA9} = 129.10 \text{ TM/h}$$

$$\text{ENTRADA6} = 129.10 \text{ TM/h} + 0.30 \text{ TM/h}$$

$$\text{ENTRADA6} = 129.40 \text{ TM/h}$$

$$\text{ENTRADA 6} = \text{SALIDA8} + \text{SALIDA5}$$

$$\text{SALIDA 8} = \text{ENTRADA 6} - \text{SALIDAS} = 110.77 \text{ TM/h}$$

BALANCE TK-8

$$\text{ENTRADA 8} = \text{SALIDA 8} + \text{ACUMULACIÓN 8}$$

$$\text{SALIDA 8} = 110.77 \text{ TM/h}$$

$$\text{ENTRADA 8} = 111.07 \text{ TM/h}$$

BALANCE TK-7

$$\text{ENTRADA 7} = \text{SALIDA 7} + \text{ACUMULACIÓN 7}, \text{ SALIDA 7} = \text{ENTRADA 8} = 111.07 \text{ TM/h}$$

$$\text{ENTRADA 7} = \text{ENTRADA 8} + 0.30 \text{ TM/h}$$

$$\text{ENTRADA 7} = 111.37 \text{ TM/h}$$

$$\text{ENTRADA 7} = \text{SALIDA K} + \text{SALIDA S-3} = 111.37 \text{ TM/h... (1)}$$

$$\text{SALIDA 4} = \text{ENTRADA K} + \text{ENTRADA S-3} = 111.57 \text{ TM/h...}(2)$$

RESTANDO (1) DE (2):

$$(\text{SALIDA K} - \text{ENTRADA K}) + (\text{SALIDA S-3} - \text{ENTRADA S-3}) = -0.20 \text{ TM/h}$$

Pero SALIDA K = ENTRADA K, Entonces:

$$\text{SALIDA S-3} - \text{ENTRADA S-3} = -0.20 \text{ TM/h.....}(3)$$

Además:

$$0.98 \text{ ENTRADA S-3} = \text{SALIDA S-3.....}(4)$$

Reemplazando (4) en(3)

$$\text{ENTRADA S-3} = 10.23 \text{ TM/h}$$

SALIDA S-3 = 10.03 TM/h

RECHAZO S-3= 0.20 TM/h

DE (2): ENTRADAK =101.34TM/h= SALIDAK