

Cerramiento de Sistema de Agua **Utilización de Herramientas de Simulación**

Alberto Daniel Venica, Consultor, Quilmes, Argentina, venica@fibertel.com.ar
Enrique Raúl Rébora, Subgerente, Papelera Entre Ríos, Paraná, Argentina,
erebora@papentrierios.com.ar

Resumen

El cerramiento de circuitos de aguas y fibras es una prioridad para toda fábrica de papel que busque tener costos adecuados en el competitivo mundo actual a la vez que cumple con los cada vez más restrictivos parámetros medioambientales. En este trabajo presentamos el caso real de una planta relativamente pequeña dentro de la industria papelera, que utiliza como materia prima papel reciclado. Frente a una situación de un sistema de aguas abierto, se utilizaron herramientas de simulación existente en el mercado del software para estudiar los diferentes caminos que se presentaban para su cerramiento. Primero se simuló la planta en el estado en que se encontraba para luego, estudiando diferentes alternativas de cerramiento y recirculaciones, buscar la alternativa que mejor se adecuaba a las características de la planta. Se presentan esas alternativas y los resultados de las simulaciones, las que más tarde se transformaron en realidad al ser aplicadas en la planta.

Palabras claves: reciclado, simulación, cerramiento, circuito de aguas, ahorro

Abstract

Circuit closing for water and fiber is a priority for any paper mill looking for low cost production and to comply the increasing restrictive environmental parameters in this competitive world. In this paper we show a real case about a relative small paper mill utilizing recycled paper as raw material. For a situation of a totally open water system a free simulation software was used to study different ways to close it. First, the mill was simulated as it was; then, alternatives for circuit closing and recirculation were studied looking for the ones that better apply to this particular mill. The different alternatives and simulation results are presented. They were already applied in the mill.

Key words: recycling, simulation, circuit closing, water system, saving

Introducción

Toda actividad industrial siempre tuvo como prioridad desarrollarse con los menores costos posibles. A esa prioridad se ha sumado, en las últimas décadas, la condición de desarrollarla dentro de los parámetros medioambientales que requiere una sociedad cada vez más preocupada por los mismos. Dentro de este marco, el cerramiento de circuitos de aguas y fibras es una prioridad para toda fábrica de papel que busque tener costos adecuados en el competitivo mundo actual; a la vez que cumple con los cada vez más restrictivos parámetros medioambientales. Esa prioridad hizo que Papelera Entre Ríos decidiera llevar a cabo un relevamiento de toda su planta en la búsqueda de puntos de acción donde actuar sobre el proceso a fin de disminuir el consumo de agua y la pérdida de fibras. La prioridad que se fijó para la primera etapa de cambios fue llevarla a cabo con la mínima inversión necesaria; ya que luego vendría otra etapa de inversiones mayores que alterarían el actual proceso. En el futuro, una vez concretadas las modificaciones que surgieron de este trabajo y otras inversiones previstas se llevará cabo un segundo relevamiento en las nuevas condiciones de la planta. El objetivo será un cerramiento de circuitos aun mayor y darle la configuración final a los sistemas de agua y fibras.

Las MTD (Mejores Técnicas Disponibles)¹ de la Comunidad Económica Europea para este tipo de establecimientos fabriles están relacionadas principalmente a la reducción del consumo de agua. Este trabajo es el inicio del camino a recorrer para cumplir con esas recomendaciones; entre ellas, las de

disminuir al consumo de agua fresca y la reducción de sólidos suspendidos. La próxima etapa de este trabajo se cumplirá una vez que se incorporen equipos adicionales que permitirán cumplir con otra de las recomendaciones de las MTD; reducir las cantidades de residuos que se depositan en los vertederos. Esto puede conseguirse mediante un sistema eficiente de manipulación de rechazos y lodos en fábrica para obtener mayor proporción de sólidos secos (deshidratación).

Al plantear inicialmente el trabajo surgieron las primeras restricciones, además de la de mínima inversión, como era la falta de espacio físico dentro de la planta para pensar en grandes equipos y las limitaciones en cuanto a la altura de los mismos impuestas por la ubicación de la misma. Estas restricciones hicieron más interesante el trabajo debido a que desafiaban la capacidad de los participantes a encontrar soluciones innovadoras a los problemas que se presentaban.

Para llevar a cabo este trabajo se planteo una primera etapa de relevamiento de la planta que nos permitiera, sobre un diagrama de flujo actualizado, describir cada corriente de flujo con sus respectivos caudales y consistencias. La siguiente etapa consistió en la simulación de la situación real del proceso que se daba en ese momento a través de los programas de simulación más adecuados. Una vez que se logró simular la condición normal de marcha de la planta, se la revió en forma exhaustiva ya que sería la base sobre la cual se basarían las alternativas a estudiar. Solo se pasó a la etapa siguiente una vez comprobado que la simulación era la representación más fidedigna posible del proceso.

Los resultados obtenidos fueron el reflejo de una simulación por iteraciones asumiendo un comportamiento ideal de la planta. Pero, a su vez nos permitió incorporar cambios en el proceso y observar cual era el efecto de los mismos en toda la planta. Los resultados son válidos para fibras y agua de proceso. Para simplificar la simulación no se incorporó como parámetros lo desechado durante el proceso como ser arena, plásticos y otras impurezas.

Para este trabajo se tomó como producción representativa la de un papel liner blanco marrón (WTL - White Top Liner) de 130 gr/m² cuya composición fibrosa se describe a continuación. Para este papel la planta tiene una capacidad de producción de 60 ton/día.

		WTL# 130
Producción	ton/día	60
Fibras Blanqueadas	%	50
Fibras Marrones	%	50

Estos papeles son fabricados en una máquina de papel de bombos. Se utilizan 5 bombos para ese tipo de papeles, 2 con fibras blancas y 3 con fibras marrones. Como es de suponer la planta posee dos líneas de pulpado, una para cada tipo de fibras y las aguas de cada línea también tiene su propio circuito, aunque al final del proceso, ambos tipos de agua son tratadas en conjunto.

Las simulaciones se hicieron en primera instancia utilizando programas de computación simples, como puede ser una hoja de cálculo, para luego pasar a utilizar un programa diseñado específicamente para la industria celulosica papelera. En el caso que estamos describiendo, al ser un proceso simple, más las asunciones comentadas mas adelante y no ser necesario llegar a realizar el balance de energía, se utilizó un programa específico pero de libre acceso.

Simulación Base (Figura 1)

Esta simulación se llevó a cabo basándonos en los datos recolectados en fábrica durante el relevamiento de la misma, que confirmaron datos determinados por estudiantes de la carrera de Ingeniería Química durante su práctica industrial². Para simplificar la simulación se hicieron algunas asunciones. Las mismas fueron:

- Los bombos formadores de cada capa de papel se consideraron como si fueran uno para la de fibras blanqueadas y otro para la de fibras marrones; en el caso de las fibras blanqueadas uno de ellos representa a dos reales. Por eso duplicamos el caudal de agua fresca utilizada en las regaderas de los bombos. Consideramos tres bombos formadores destinados a las fibras marrones.
- El agua fresca que entra a la pileta de aguas blancas de fibras blanqueadas se regula de tal forma que se incorpore solo la necesaria para el proceso.

- Los rechazos de las etapas de depuración se utilizaron como herramienta de la simulación para que se obtengan las consistencias observadas en algunas de las corrientes.
- Los pulpers trabajan en forma continua.

Luego de obtener los primeros resultados se revió nuevamente todo el proceso a fin de que los resultados de la simulación coincidieran con los datos reales del proceso. Esa revisión llevó a modificar ciertos parámetros; como ser que los porcentajes de rechazo de los depuradores ciclónicos de cada línea sean iguales. También se igualaron las retenciones de los bombos formadores de cada línea y las pérdidas de fibras que ocurren en los espesadores. Por último, se estimó la eficiencia del recuperador de fibras en 72%.

Los resultados de simular la planta funcionando de la manera que lo hacía en el momento de comenzar el trabajo son mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1 - Parámetros para ambas líneas de fibras antes de ser modificadas

		Línea 1 Fibras Blancas	Línea 2 Fibras Marrones
Consist. Pulper/ent. ciclones	%	2,3	2,6
Rechazo de Fiberizer	%	15	15
Consist. Dep. Ciclónicos 1º etapa	%	0,6	0,6
Rechazo Dep. Ciclónicos 1º etapa	%	28	28
Consist. Dep. Ciclónicos 2º etapa	%	0,35	0,35
Rechazo Dep. Ciclónicos 2º etapa	%	35	35
Consist. Dep. Ciclónicos 3º etapa	%	0,26	0,26
Rechazo Dep. Ciclónicos 3º etapa	%	35	25
Consist. salida espesador	%	7,5	7,5
Perdida fibra espesador	%	15	15
Caudal regadera limp. Espesador	m ³ /h	3	3
Consist. Refinador	%	3,5	4,5
Consist. a cajón de altura	%	2,8	3,5
Consist. a bombos formadores	%	0,5	0,5
Retención en bombos	%	80	80
Caudal regaderas (2) limpieza Bombos	m ³ /h	6	9
Consist. hoja en tela (sal. bombos)	%	5	5
Consistencia entrada 1º prensa	%	----	13
Consistencia salida 1º prensa	%	----	33
Caudal de agua sello bombas vacío	m ³ /h	----	19,8
Eficiencia Recuperador Fibras	%	----	72

Los valores obtenidos coincidieron con los datos reales del proceso. Esto hizo que se tomara esta simulación como base para generar las distintas alternativas que se estudiaron con el objetivo de diseñar un circuito de aguas lo más cerrado posible y que genere la menor pérdida de fibras.

Simulación de Alternativas

Las alternativas estudiadas estuvieron basadas en las premisas ya explicitadas. En la Figura 1 se muestra un diagrama de flujo parcial de la planta. En el se puede observar el flujo de aguas que tenía la planta al comenzar este trabajo y que dio origen a los resultados informados en la Tabla 1.

A continuación se describirán las alternativas propuestas, que significaron una mejoría en el proceso. Aunque se estudiaron muchas otras, más de diez, no todas son detalladas aquí ya que no significaron mejorías al proceso o ellas eran mínimas.

Alternativa 1 (Figura 2)

Esta alternativa se basó en recuperar el agua bajo bombos, sin que ello provoque el rebalse del tanque de aguas blancas de la línea de fibras marrones porque de ser así, se generaría una pérdida de fibras importante. Esa corriente, mientras la máquina no corta es agua casi sin fibras que hacía rebalsar un tanque con agua que si la contenía. En este caso se simuló que esa corriente sería utilizada parcialmente para mantener el nivel del tanque de agua blanca y el resto sería derivada directamente al foso de aguas a efluente, excepto en el caso de que en la máquina se produjera un corte.

Alternativa 2 (Figura 3)

En esta opción solamente se simula el envío de la corriente de agua y fibra que sale de los desarenadores al tanque bajo bombos, sin modificar ninguna otra operación del proceso.

Alternativa 3 (Figura 4)

En esta alternativa, basada en la alternativa 1, se simula que la corriente de agua y fibras que sale del desarenador es enviada al tanque bajo bombos. Pero, para que la pérdida de fibras no se incremente, las corrientes de agua de sello de las bombas de vacío, la proveniente de las flautas de vacío de cada bombo y la de la primera prensa junto a las de las piernas de vacío, deberán ser derivadas directamente al foso de aguas a efluente. Esto se puede hacer porque estas corrientes tienen un contenido de fibras muy bajo. En el futuro estas aguas se prevén recuperar siguiendo las recomendaciones de las MTD.

La implementación de esta posibilidad, requirió la instalación de un nuevo tanque de agua de proceso que cumpla la función de acumularla en los períodos en que no se prepara un pulper. De esa manera se permite trabajar con los pulper en preparaciones batch. También requirió la implementación de un sistema de control de dilución del tanque bajo bombos cuando se producen cortes en la máquina.

Una rotura en la máquina provoca desbalances en todo el sistema de recirculación de aguas que debe preverse a fin de no provocar pérdidas importantes de fibras.

Alternativa 4 (Figura 4)

La dilución previa a la última etapa de depuración se llevaba a cabo con agua conteniendo fibras blancas en ambas líneas de pulpado, con lo cual se mezclaban fibras blancas con marrones. Esta alternativa explora la posibilidad de realizar esa dilución con aguas conteniendo cada tipo de fibra. El objetivo en este caso es disminuir al consumo de agua fresca a la vez que se disminuye el consumo de las fibras más costosas.

Alternativa 5

Aunque esta alternativa implicaría la instalación de un nuevo desarenador y otros equipos, se la estudió como una posibilidad futura. El objetivo en este caso es que cada pulper tenga su tanque de agua de proceso y el desarenado y separación de sólidos no fibrosos se haga en forma independiente en cada línea de proceso.

Resultados

En la tabla siguiente (Tabla 2) se muestra los resultados obtenidos al realizar las simulaciones para cada alternativa. Se informan los resultados de la simulación base y los de la alternativa 1 para facilitar la comparación.

Tabla 2 – Resumen de los resultados obtenidos para las distintas simulaciones

		Base	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	Alter. 5
Consumo de agua ¹	m3/h	98,6	98,4	98,2	78,5 ⁵	67,3 ⁵	37,2 ⁵
Consumo de agua ¹	m3/tn	38,9	38,8	38,7	30,9	26,5	14,6
Fibras a efluente ²	kg/h (tn/día)	68,8 (1,65)	64,4 (1,55)	41,3 (0,99)	7,9 (0,19)	5,0 (0,12)	4,8 (0,12)
Pérdida de fibras a efluente en base a papel producido	%	2,7	2,5	1,63	0,31	0,20	0,19
Perdida total material ³	kg/h	131,1	126,7	103,7	70,3	67,4	67,2
Perdida total de material en base papel producido	%	5,17	4,99	4,09	2,77	2,65	2,65
Consumo Fibras Blancas ⁴	%	52,7	52,8	53,3	53,9	53,6	49,4
Consumo Fibras Marrones ⁴	%	47,3	47,2	46,7	46,1	46,4	50,6

- 1) Este consumo de agua fresca no incluye las regaderas de limpieza de fieltros y otras entradas de agua que no sean a través de las regaderas de limpieza de bombos, espesadores y reposición en pileta partida de Línea 1
- 2) Esta pérdida de fibras solo contabiliza aquellas que llegan al foso y no son retenidas por el recuperador de fibras (no están contabilizadas las que se pierden por los rechazos de los depuradores de pasta densa, de cada una de las zarandas y de los equipos de separación de material liviano)
- 3) Esta pérdida incluye las fibras además de las especificadas en 2) las que se pierden a través de los rechazos de los depuradores de pasta densa y de cada una de las zarandas
- 4) El consumo de fibras es para un papel que contiene 50 % de cada tipo de fibras
- 5) Estos consumos de agua fresca reflejan la necesidad de adicionar menor cantidad de agua fresca la pileta de agua blanca de línea 1. **El consumo real de agua fresca será de 98, 87, y 57 m³/hora para las alternativas 3, 4 y 5 respectivamente**, ya que el consumo de agua como sello de las bombas de vacío (19,8 m³/hora) se mantiene invariable.

Análisis de Resultados y Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que es posible reducir en forma significativa (aproximadamente en un 50%) las pérdidas de fibras totales y el consumo de agua fresca que se debe incorporar además del agua fresca que se utiliza en regaderas de limpieza y bombas de vacío. Las modificaciones necesarias para lograr esas reducciones no conllevan grandes inversiones en equipamientos; se buscaron aquellas alternativas que contemplaran especialmente este último punto. Si se decidiera incorporar equipamientos más sofisticados se podría lograr reducciones aun mayores. Por ejemplo, se podría recuperar las aguas de sello de las bombas de vacíos y las de las otras corrientes con baja consistencia.

Las pérdidas de fibras por efluente líquido en la alternativa 5 pueden ser reducidas a cero en caso de que se implementara algunas modificaciones adicionales. Entre esas modificaciones serían un separador de materiales livianos y un desarenador adicional para que tipo de pulpa sea tratada en forma independiente. Estas modificaciones también harían que hubiera un ahorro mayor en fibras blancas.

La principal conclusión que podemos inferir de este trabajo es que utilizando herramientas simples de computación se puede simular plantas de papel reciclado sin dificultad. Este tipo de ejercicio nos permite obtener información valiosa sobre que puede ocurrir en el proceso cuando implementamos

modificaciones. Con la información lograda en estas simulaciones se definieron las modificaciones a implementar en planta. Los resultados obtenidos en planta corroboraron los de las simulaciones.

Figura 1 – Diagrama de flujo parcial de la planta simulada antes de realizar modificación alguna.

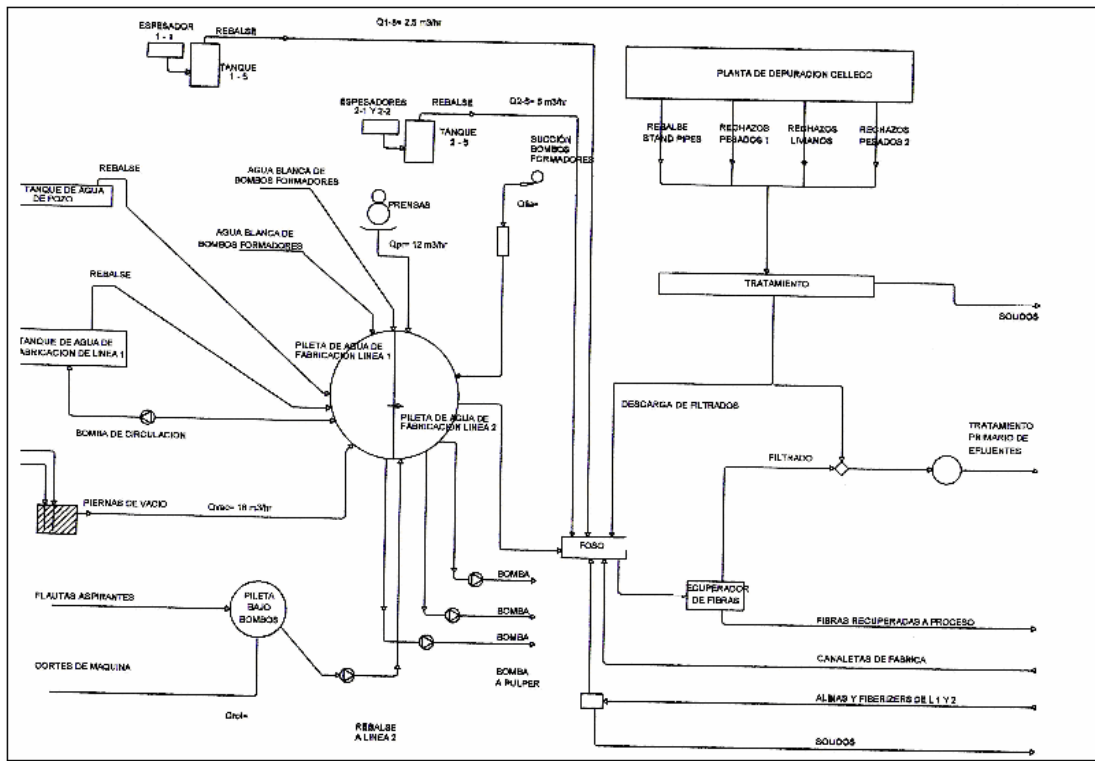


Figura 2 – Diagrama de flujo parcial de la planta simulada detallando la alternativa 1.

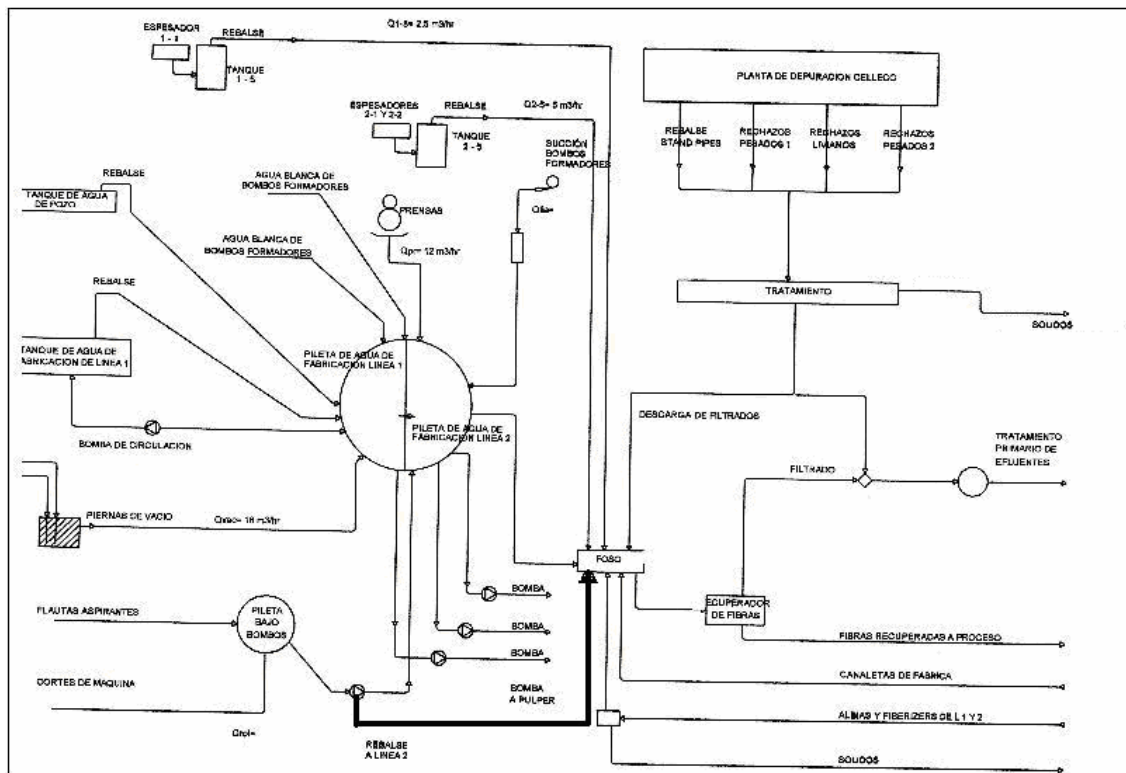


Figura 3 – Diagrama de flujo parcial de la planta simulada detallando la alternativa 2.

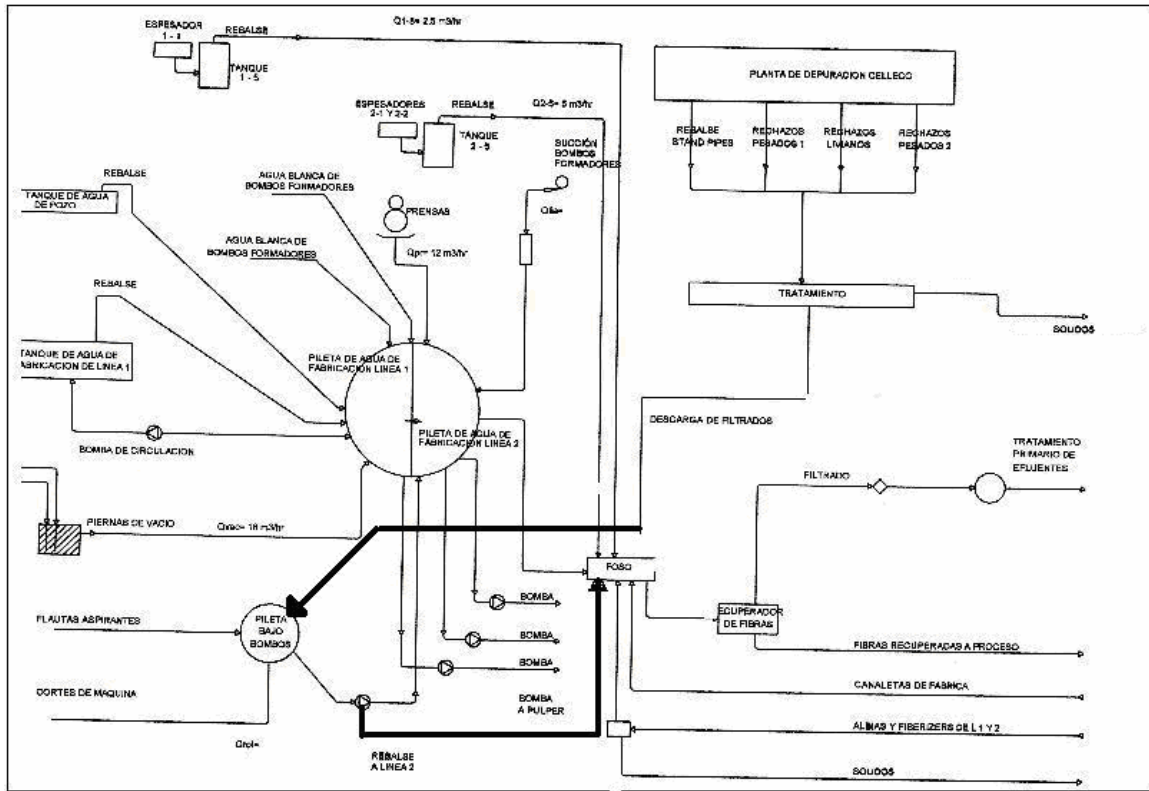
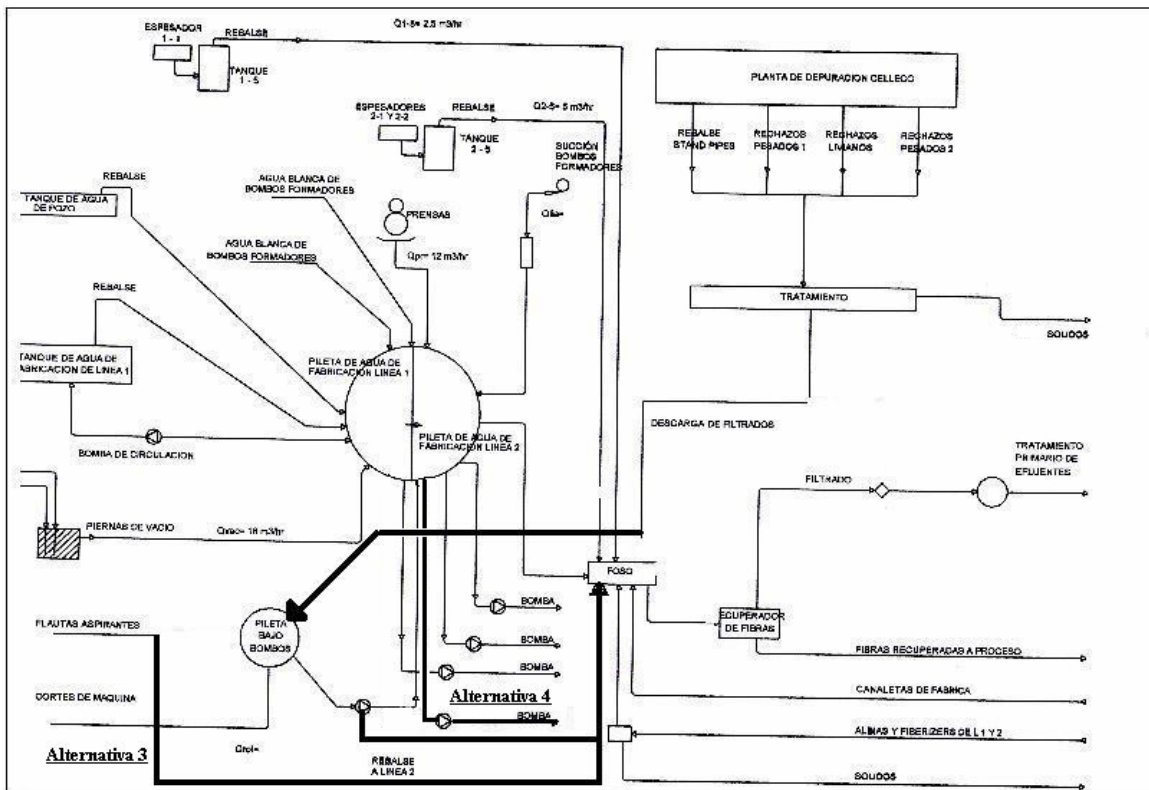


Figura 4 – Diagrama de flujo parcial de la planta simulada donde se refleja las alternativas 3 y 4.



Referencias

- 1) Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry (December 2001) (ppm_ref_1201.pdf)
<http://www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv-e/espulpandpaper-e.pdf>
- 2) Cibau, L.; Marchetti, A. "Informe de Practica Industrial", comunicación interna, Septiembre 2001