

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y TEXTIL



**CLARIFICACIÓN DE AGUA RESIDUAL GENERADA EN LA
FABRICACIÓN DE PAPEL TISSUE CON FINES DE REUSO
EN EL PROCESO PRODUCTIVO**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

JOHNNY ÁNGEL APAZA CALLA

LIMA – PERÚ

2007

RESUMEN

El presente informe tiene por objetivo hacer conocer los procesos de clarificación de agua, así como los elementos necesarios para la clarificación en la industria de papel Tissue, de manera específica se trata de informar acerca de la forma de reutilización del agua en esta industria, ello debido a que la cantidad utilizada en la industria de papel Tissue es extremadamente alta.

Hoy en día las industrias papeleras son las actividades que más contaminan el medio ambiente, es por ello que en el presente informe, se realizarán procedimientos adecuados con el fin de eliminar y/o reducir la generación de desperdicios , así también optimizar el empleo de materias primas e insumos en la industria de papel Tissue.

Se describe las tecnologías de control para las corrientes de residuos de estas industrias, usando métodos que sean compatibles con los ecosistemas, asimismo se describe los parámetros de la calidad del agua clarificada aplicables al sector paplero.

En la corriente de residuos líquidos se detallan las técnicas de clarificación de aguas, así como los elementos necesarios para la clarificación.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. CONCEPTOS GENERALES	2
2.1. El papel	2
2.2. Fibras de papel	2
2.3. El papel Tissue	3
2.4. Características técnicas	3
2.5. Aplicaciones	3
2.6. Procesos de fabricación de papel Tissue	4
2.6.1. Recolección	4
2.6.2. Trituración (pulper)	6
2.6.3. Remoción de las impurezas	7
2.6.4. Blanqueo y mejora de la pasta	9
2.6.5. Dispersión	9
2.6.6. Refino	9
2.6.7. Prensas y secadores	10
2.6.8. Secado	11
2.6.9. Pope	11
2.7. El agua en la fabricación de papel Tissue y sus aplicaciones	13
2.7.1. Utilización de las aguas en la industria de papel Tissue	13
2.7.2. Características del agua que ingresa al proceso de producción	14
2.7.3. Fuentes de contaminación del circuito de aguas	16
2.7.4. Cierre de los circuitos de agua en la industria papelera	18

III.	PROCESOS DE CLARIFICACIÓN DE AGUA EN LA INDUSTRIA DE PAPEL TISSUE	
3.1.	El concepto de la gestión del agua en la industria del papel Tissue	23
3.2.	Procesos de clarificación de aguas residuales en la industria de papel Tissue	24
3.3.	Tecnologías de control de residuos para efluentes líquidos	26
3.4.	Selección del proceso de clarificación para el agua residual de papel Tissue	27
3.5.	Procesos de clarificación de aguas en flotación por aire disuelto (DAF)	32
3.6.	Aplicación de polímeros en DAF	34
3.7.	DAF (principios generales de operación)	34
IV.	CONCLUSIONES	37
V.	BIBLIOGRAFÍA	39
VI.	GLOSARIO DE TÉRMINOS	40

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El presente informe aborda en sí el proceso de clarificación del agua residual y el porque de su tratamiento además de algunos inconvenientes que pueden surgir en la reutilización. Este tratamiento del efluente se da exclusivamente porque el agua es uno de los principales insumos que se utilizan en mayor cantidad además de ser un recurso limitado y con esta reutilización se disminuyen costos de producción.

El reciclado del agua en la fabricación de papel Tissue también afecta a la calidad del producto final. Los típicos defectos de mal funcionamiento identificados son la menor resistencia del papel, el deterioro de la calidad en forma de agujeros y manchas, menor retención, corrosión, problemas de olores, formación de espumas e incrustaciones.

Para la determinación de la elección del sistema de clarificación se suele realizar convencionalmente por dos sistemas principales: decantación y la filtración. El primero consiste en retener en un depósito el líquido que contiene sólidos en suspensión (normalmente aglomerados en partículas mayores por medio de la floculación) de modo que decanten al cabo de un cierto tiempo en el fondo, de donde se van retirando continua o periódicamente. La filtración por su parte consiste en forzar el paso del líquido a través de medio filtrante (mallas con diferentes medidas, arena, etc.), donde son retenidos los sólidos, que posteriormente se retiran limpiando el medio filtrante.

La flotación por aire disuelto es el tercer sistema del que trataremos, se basa en el principio de la solubilidad del aire en el agua sometida a presión., y agitando el conjunto por diversos medios, hasta lograr la dilución del aire en el agua. Posteriormente despresuriza el agua en condiciones adecuadas, desprendiéndose gran cantidad de micro burbujas de aire. Estas se adhieren a los flóculos en cantidad suficiente para que su fuerza ascensional supere el reducido peso de los flóculos, elevándolos a la superficie, de donde son retirados continua o periódicamente, por distintos medios mecánicos.

CAPÍTULO II: CONCEPTOS GENERALES

2.1. El papel

El papel es un afieltrado de fibras unidas tanto físicamente, por estar entrelazadas a modo de malla, como químicamente por puentes de hidrógeno. Se cree que fue inventado por Ts'ai Lun en el año 105. El nombre viene de papiro, que es como se llamaba un antecedente egipcio del papel, hecho con fibras de la planta del mismo nombre.

2.2. Fibras del papel

Dependiendo de su origen, las fibras celulósicas empleadas para la obtención de papel pueden clasificarse en dos grupos, fibras madereras y no madereras.

2.2.1. Fibras madereras

Proviene de especies vegetales que desarrollan un tronco donde se acumulan preferentemente las mejores fibras. En función del tamaño de las fibras que proporcionan las diferentes especies se puede realizar una nueva clasificación:

- **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.
- **Fibras largas:** provienen 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.

2.2.2. Fibras no madereras

Son originarias de diferentes especies de arbustos. En los países industrializados se utilizan para producir papeles especiales, sin embargo, en otros países son la principal materia prima para la fabricación de papel (por ejemplo en China

suponen el 60% de las fibras utilizadas para la producción de papel). Estas fibras presentan un gran potencial de desarrollo para sustituir a las fibras madereras. Las especies más utilizadas son: algodón, cáñamo, lino, paja de cereales y fibras recuperadas.

2.3. Papel Tissue

Se llama papel Tissue a un papel suave y absorbente para uso doméstico y sanitario, que se caracteriza por ser de bajo peso y crepado, es decir, con toda su superficie cubierta de microarrugas, las que le confieren elasticidad, absorción y suavidad.

El crepado aumenta la superficie específica del papel y abre las fibras, permitiendo mayor capacidad de absorción y mayor flexibilidad que las de una hoja de papel corriente.

2.4. Características técnicas

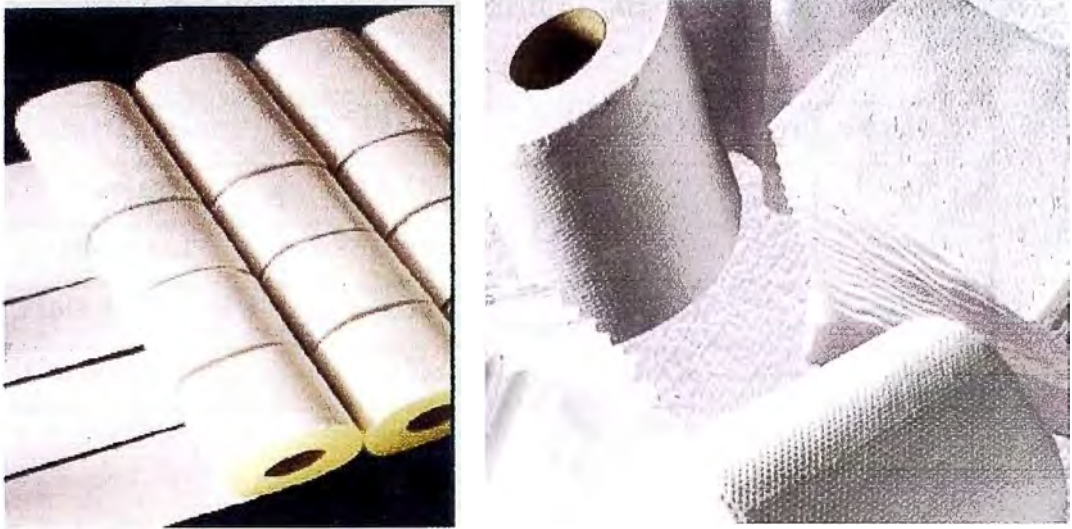
Según el uso al que vaya dirigido, necesita unas características técnicas específicas. Para ello se miden las cualidades del papel. Las más comunes son:

- **Peso - Gramaje:** peso en gramos por unidad de superficie (gr/m^2).
- **Resistencias:** resistencia que ofrece el papel frente a la aplicación de una fuerza, se da tanto longitudinal como transversal.
- **Blancura:** grado de blancura.
- **Resistencia en húmedo:** diferencia en mm de una muestra seca y la misma muestra una vez aplicado un chorro de agua.

2.5. Aplicaciones

Tissue sanitario, se destina a la fabricación de papel higiénico, toallas, servilletas de cocina, etcétera. Los papeles Tissue son fabricados a base de fibra virgen o papel reciclado o una mezcla de ambos, y se utilizan en productos de higiene personal (papel higiénico, pañales, pañuelos.), en el ámbito doméstico (toallas y servilletas) y como material sanitario.

Fig. 1 Usos del papel Tissue



2.6. Procesos de fabricación de papel tissue

2.6.1. Recolección (reciclaje de papel)

Por reciclaje de papeles se entiende el proceso de recolectar en las ciudades papeles y cartones ya usados, y transformarlos en nuevos papeles, mediante un proceso industrial que separa las fibras vegetales útiles, de las impurezas que traen los papeles en desuso.

El reciclaje de los papeles y cartones usados se inicia con su recuperación por parte de empresas especializadas, que los recolectan desde oficinas, imprentas, supermercados, centros comerciales y ciudades, para posteriormente llevarlos a las fábricas papeleras donde servirán de materia prima para producir nuevos papeles. Así la industria de papel Tissue clasifica al papel reciclado de la siguiente manera:

Blanco: cuadernos, papel sin color, impresos, fotocopias, libros.

Mixto 1: revistas, papel con fibra mecánica, papel de color, facturas.

Mixto 2: mayor porcentaje de fibra mecánica, revistas de colores, periódicos
etiquetas, etc.

Tabla I Características de los distintos tipos de papel reciclado

Características	Blanco	Mixto 1	Mixto 2
Cenizas	15-18%	17-20%	19-21%
Humedad	8-9%	8-9%	8-9%
Fibra Mecánica	0%	25%	50%
Contaminantes	1%	3%	5%

Fig. 2 Fases de clasificación y enfardados de papeles viejos



2.6.2. Pulper (trituration del papel)

La pasta se prepara en un aparato llamado pulper (dispositivo semejante a una gran batidora), donde se mezcla agua con la pasta de papel. La pasta 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.

Un metro cúbico de dicha pasta está conformado por un 3% a un 16% de fibras vegetales y sólidos, y el resto es agua. Este porcentaje de fibras, sólidos y agua, se denomina consistencia de la mezcla. Las impurezas más pesadas, típicamente metales, se depositan en el fondo del pulper, desde donde son extraídas a través de placas agujereadas y separadas del proceso de reciclaje.

En el caso de hojas de papel usado de más difícil disgregación, el agua del pulper es calentada a temperaturas de 65°C, agregándosele productos químicos, jabones y otros agentes.

Fig. 3 Trituración de papel (pulper)



2.6.3. Remoción de las impurezas

Las impurezas son materiales indeseados que vienen en el papel usado y que, si no son removidas, obstaculizarán tanto el proceso de reciclaje, como la posterior producción de nuevos papeles y cartones. El efecto negativo de las impurezas hace disminuir la eficiencia de la máquina papelera y reduce la calidad del nuevo papel a producir.

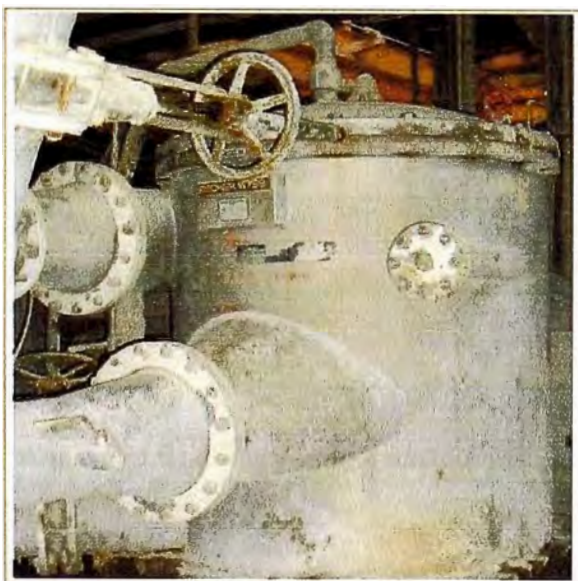
Las impurezas pesadas incluyen metales, tuercas, pernos, tornillos, alambres, latas de bebidas, grapas, arena, piedras y vidrios. Estos contaminantes llegan dentro de los fardos de papel usado y son, por lo general, extraídos en el pulper.

Las impurezas livianas consisten en plásticos, ceras, pegamentos, colas, autoadhesivos y adhesivos, astillas de madera y tintas de imprenta. La tinta de las palabras impresas es la más común de las impurezas encontradas y, según haya sido el tipo de impresión empleado, será más simple o complejo removerla de las fibras vegetales.

Los sistemas de remoción de las impurezas se diseñan para remover, en primer lugar, las impurezas de mayor tamaño. Éstas se remueven de la pasta antes de que puedan romperse en partículas más pequeñas, las que después serían más difíciles de eliminar. Con un sistema de remoción de impurezas diseñado apropiadamente, hasta un 99% de las impurezas puede ser removido, dependiendo de la clase de papel usado que se esté reciclando.

La pasta que proviene del pulper es recibida por una serie de depuradores, que son grandes conos que centrifugan la pasta igual que una lavadora doméstica, impulsando por gravedad las fibras y las impurezas más pesadas, para hacerlas pasar a través de placas ranuradas, que funcionan igual que tamices o coladores, que permiten el filtrado sólo de las partículas menores, cerrando el paso a las partículas más grandes. Según avanza el proceso de depuración, las placas contienen, secuencialmente, ranuras de menor tamaño, de manera que al término de esta etapa del proceso, sólo las fibras vegetales ingresan a la máquina papelera.

Fig. 4 Depurador de baja consistencia



2.6.4. Blanqueo y mejora de la pasta

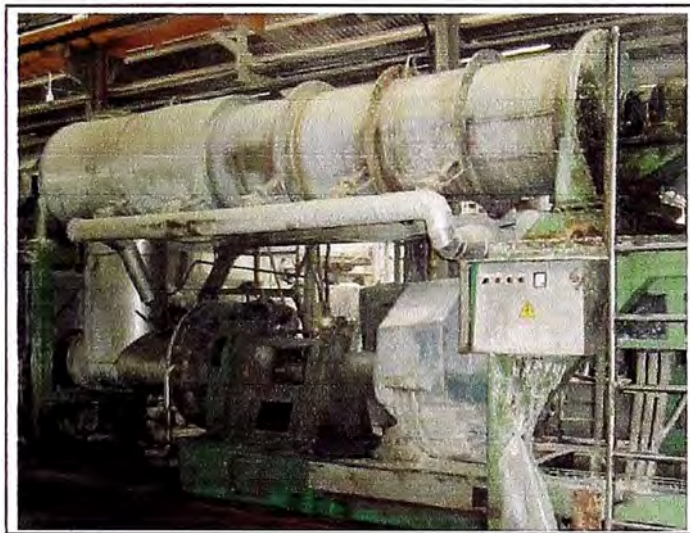
En algunos casos, y en función del grado de blancura que se quiere aportar al papel reciclado, la pasta reciclada se blanquea con cloro, hipoclorito o peróxido, o preferiblemente con compuestos oxigenados menos contaminantes.

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.

2.6.5 Dispersión

Esta etapa consiste en reducir el tamaño de las pintas, stickies y gomas.

Fig. 5 Dispensor



2.6.6. Refino

Después, las fibras en suspensión se han de tratar físicamente mediante un proceso de fricción y unirse entre ellas. A este proceso se le llama refino. Consiste en frotar las fibras entre sí y contra unos discos metálicos. Esto hace que se rompan parcialmente y se creen una especie de pelos que son los que crearán los puentes de hidrógeno y darán al papel mayor resistencia a la tracción.

Cada tipo de fibra papelera y cada tipo de papel usan una refinación distinta que se adecua a cada necesidad. Al aumentar el grado de refinación de una pasta disminuye su opacidad, aumenta la resistencia a la tracción y disminuye la porosidad.

Una vez se le han añadido todos los elementos que se necesitan y la pasta ha reposado un pequeño tiempo para eliminar la latencia (propensión de la fibra a enredarse, convirtiéndose en pegotes), llega a la máquina de papel.

Fig. 6 Refinador



2.6.7. Prensas y secadores

Una vez el papel ya adquirido consistencia, se ha de eliminar toda la humedad posible, para esta etapa se usa presión y calor aquí la pasta es conducida a través de prensas que eliminan una cantidad de agua y provocan la unión de las fibras. Las fibras obtenidas en el proceso de preparación de pastas son sometidas a una depuración final e inyectadas a la sección de formación de la máquina papelera, que posee una malla sin fin denominada tela, que es donde se forma la hoja de papel y las fibras se acomodan. En ellas son desaguadas por gravedad y vacío aquí las fibras quedan retenidas en la parte superior.

2.6.8. Secado

En la fase de secado se elimina el agua que se encuentra dentro de la fibra. La hoja húmeda es transferida a alta velocidad (aproximadamente 1400 metros/minutos) a un paño continuo denominado fieltro muy parecido a una alfombra que la transporta y la traspasa a un cilindro metálico de grandes dimensiones llamado Yankee, calentado por dentro con vapor y adicionalmente se le inyecta por fuera aire caliente a 450°C y a alta velocidad sobre este cilindro la hoja es secada casi en un 95%.

2.6.9. Pope

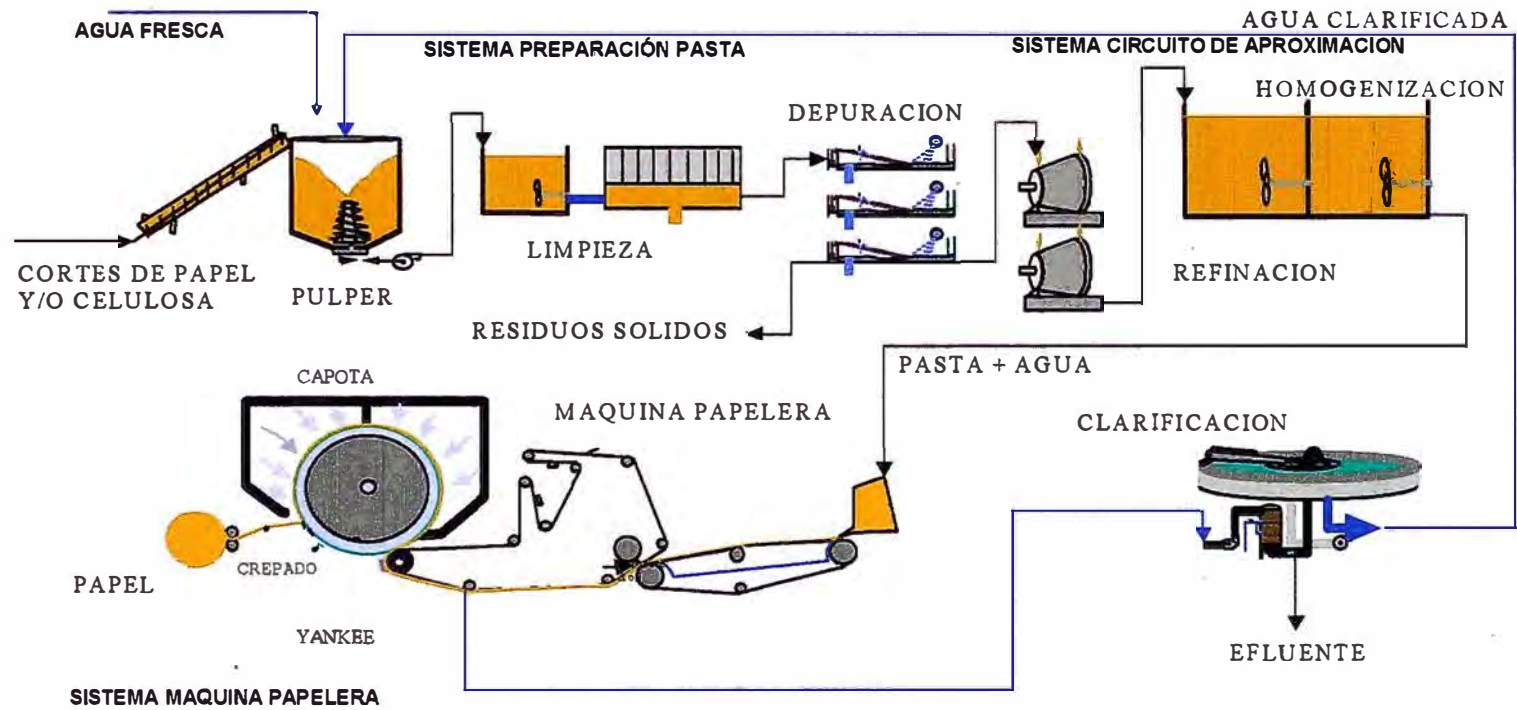
Finalmente, el papel fabricado se enrolla en grandes bobinas para su posterior uso.

Fig. 7 Bobina de papel



Fig. 8 Proceso de fabricación de papel

DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE FABRICACION DE PAPEL



2.7. El agua en la fabricación de papel Tissue y sus aplicaciones

En la fabricación de papel, el principal empleo del agua lo constituye su uso como medio de dispersión y transporte de las materias primas fibrosas y de los aditivos, a través de las etapas del proceso de producción, que van desde el pulpeo hasta la formación. El agua se utiliza también como fluido de intercambio de calor, para el sellado de los sistemas a vacío, para la producción de vapor, como agente lubricante, etc. En la Tabla II se resumen los principales usos del agua en esta industria.

2.7.1. Utilización de las aguas en la industria de papel Tissue (función que cumple en los distintos procesos)

Tabla II Principales usos del agua en la industria de papel Tissue

Usos	Función	Ejemplos
Agua de proceso	Transporte	Transporte de fibras aditivos, cargas, etc.
	Dilución	Ajuste de la consistencia, preparación de aditivos
Agua para rociadores y toberas	Mojado	Mojado de la tela de formación
	Lubricante	Rodillo de cabeza, de retorno de la tela, tensor conductor, etc.
	Corte desborde	Recorte de los laterales de la banda de papel
	Limpieza	Limpieza de la tela de formación, del fieltro, de los rodillos
	Dilución	Caja de alimentación
	Enfriamiento	Rodillos guía, rodillo superior, partes mecánicas

	Antiespumante	Células flotación, caja de alimentación, etc.
Agua de refrigeración	Enfriamiento	Sistemas de bombas, sistemas de accionamiento de máquinas, fluidos de lubricación, calandrado, etc.
Agua de caldera	Producción de vapor	Cilindros secadores
Agua de sellado	Sellado	Cajas de vacío, bombas, etc.
Agua de limpieza	Transporte	Limpieza de la máquina, depósitos, tuberías.

El volumen de agua consumida depende de numerosos factores (lo cual explica la disparidad de los datos encontrados), entre los que cabe destacar tres principales: el tipo de fibra utilizada como materia prima, el producto fabricado y la tecnología del proceso de producción

- Papel tissue: 15-20 m³/Tn de producto.

2.7.2. Características del agua que ingresa al proceso de producción

La gestión de las aguas en la fabricación de papel hace necesario establecer unas especificaciones de calidad mínima del agua en función del uso al que se destinan. En cuanto a las aguas de proceso, es imposible establecer con carácter general una calidad mínima, debido a la gran variedad, tanto de los procesos que se emplean como de los constituyentes que pueden formar parte de la composición de estas aguas. En la Tabla III se indican los intervalos típicos de la composición de las aguas blancas con altos y bajos niveles de recirculación. La amplitud de los intervalos se debe a un gran número de factores: tipo de materia prima fibrosa, tipo y calidad del producto fabricado, condiciones de fabricación, fuente de alimentación, grado de cierre del sistema de aguas, eficacia de los tratamientos internos para la clarificación y reutilización de las corrientes de proceso, etc.

Tabla III Intervalos típicos de comparación de las aguas blancas

Parámetros	Rango
a) Con altos niveles de recirculación	
pH	4.9 – 7.3
Conductividad (ms/cm)	3 – 11
DQO (mg/l)	4500 – 22000
DBO ₅ (mg/l)	2000 – 8000
Sólidos en suspensión (mg/l)	4500 – 23000
Sólidos disueltos (mg/l)	1000 – 10000
Sulfatos (mg/l)	240 – 2350
Cloruros (mg/l)	130 – 2950
Sodio (mg/l)	100 – 800
Calcio (mg/l)	360 – 2040
Magnesio (mg/l)	30 – 110
Hierro (mg/l)	0.1 – 47
Aluminio (mg/l)	0.5 – 53
Colonias de microorganismos aerobios (10 ⁶ col./ml)	100 – 300
Colonias de microorganismos anaerobios (10 ⁶ col./ml)	15 – 950
b) Con bajos niveles de recirculación (*)	
DQO (mg/l)	83 – 530
DBO ₅ (mg/l)	46 – 284
Sólidos en suspensión (mg/l)	11 – 44.5
Sólidos en suspensión de 0.45 µm (mg/l)	102 – 124
Sólidos en suspensión en la primera hora (mg/l)	0 – 0.05
Cloruros (mg/l)	35.5 – 180
(*) a la salida de separación de fibras por sedimentación	

2.7.3. Fuentes de contaminación del circuito de aguas

Las fuentes de contaminación de los circuitos de aguas en la fabricación de papel son: las materias primas fibrosas, los aditivos y el agua de alimentación. A continuación se estudiará la importancia de las mismas, así como los efectos más importantes a ser considerados en cada caso en el estudio de la contaminación producida.

2.7.3.1. Materias primas fibrosas

Las materias primas fibrosas constituyen la fuente de contaminación principal de las aguas, si bien la naturaleza e importancia de la misma varía considerablemente en función del tipo de fibra utilizada en el proceso de producción. Los tres parámetros más importantes son: el contenido de partículas de finos, el contenido de materia orgánica soluble y la concentración de microorganismos. La importancia de estos parámetros en función del tipo de fibra utilizada se muestra en la Tabla IV.

Tabla IV Contaminación del agua de proceso de los distintos tipos de pasta

Tipo de pasta	Contenido partículas finas	Contenido materia orgánica soluble	Contenido en microorganismos
Mecánica	alto	alto	moderado
Química blanqueada	bajo	bajo/moderado	bajo
Reciclada sin destintar	moderado/alto	moderado/alto	alto
Reciclada destintada	bajo/moderado	bajo	moderado

Los problemas asociados con los depósitos de materias resinosas en fibras vírgenes son reemplazados, en este caso, por un gran número de problemas asociados a los depósitos potenciales de stickies (sustancias pegajosas).

Las fuentes principales de estos contaminantes potenciales son adhesivos de contacto (polímeros de estireno-butadieno, acrilatos de vinilo, etc.) y adhesivos de fusión (por ejemplo, el acetato de vinilo). Otros contaminantes son los aglutinantes que entran a formar parte de las tintas modernas, como por ejemplo, las resinas alquídicas en los pigmentos de impresión láser.

Además, todos los papeles estucados contienen aglutinantes en su composición (polímeros de estireno-butadieno, acetato de polivinilo, etc.). Otra fuente de contaminación importante de las fibras secundarias es la elevada concentración de microorganismos como consecuencia de la suciedad y la humedad del medio en que se almacena el papelote antes de su reutilización. Por otra parte, los almidones presentes en el papel reciclado son un excelente medio de crecimiento para los microorganismos presentes en el sistema de aguas de proceso, y, por tanto, favorecen, el desarrollo de microorganismos y, los problemas asociados a los mismos.

2.7.3.2. Aditivos

Los aditivos se consideran la segunda fuente de contaminación de las aguas de proceso en la industria de papel Tissue. El número elevado de aditivos que se puede, incorporar durante el proceso de fabricación hace difícil definir la naturaleza e importancia de esta fuente de contaminación. En la Tabla V se recogen los principales aditivos utilizados en esta industria, así como su aplicación más importante.

Tabla V Tipos de aditivos

Descripción	Usos
Aditivos funcionales	
Encolantes internos	Control de la penetración de líquidos
Encolantes superficiales	Mejora de las resistencias superficial, de la lisura, de la resistencia al agua, de la abrasividad, etc.

Aditivos de resistencia en seco	Aumento de la resistencia en seco
Resinas de resistencia en húmedo	Aumento de la resistencia en húmedo
Pigmentos	Colorantes, mejoran las propiedades ópticas y de impresión
Cargas	Sustitución de las fibras celulósicas
Aditivos de proceso	
Ácidos, bases y sales	Control del pH, mejora de la formación, retención y drenaje
Agentes de pulpeo y destintaje	Pulpeo y destintado del papelote
Aditivos de retención	Mejora de la retención de fibras, finos, cargas y pigmentos
Aditivos de drenaje	Mejora de la eliminación del agua
Biocidas	Control del crecimiento de microorganismos
Floculantes y agentes de fijación	Control de grumos y stickies
Inhibidores de incrustaciones y corrosión	Control de la formación de depósitos y de la corrosión
Antiespumantes	Control de espumas
Agentes de limpieza	Limpieza y acondicionamiento de la tela y del fieltro

2.7.4. Cierre de los circuitos de agua en la industria papelera

2.7.4.1. Alternativas mas frecuentes

Si el agua se utilizase en la fabricación de papel en circuitos totalmente abiertos, el consumo de agua sería técnica, económica y ecológicamente inadmisibles en la actualidad. Por tanto, todas las fábricas utilizan, en mayor o en menor medida, algún grado de reciclado del agua en el proceso de fabricación. Las alternativas más frecuentemente adoptadas en la industria papelera para la reducción del consumo de agua son:

- Reutilización de las aguas como aguas de proceso.
- Reutilización del agua clarificada para diferentes aplicaciones.

- Reutilización del efluente después de su tratamiento como agua de alimentación.

Dado a que en el proceso si se genera agua residual los cuales contienen sólidos totales disueltos, fibras celulósicas, microorganismos, aditivos químicos que son empleados como insumos en el proceso, etc.

2.7.4.2. Consecuencias

Los problemas asociados al cierre de los circuitos de las aguas como consecuencia de la acumulación de sustancias contaminantes en las aguas de proceso son de muy diversa índole, si bien se pueden clasificar de forma general por los problemas asociados:

- Incremento de los sólidos en suspensión.
- Incremento de la materia disuelta y coloidal.
- Incremento de la temperatura.

En la Tabla VI aparecen los valores típicos de la calidad del agua clarificada.

Tabla VI Valores típicos de la calidad del agua clarificada

Tipo de papel	Sólidos en suspensión a la salida del agua clarificada (mg/l)	Turbidez del agua clarificada (NTU)
Papel Tissue	17 - 32	5 - 100

En la Tabla VII aparecen los principales problemas encontrados en la fábrica de papel Tissue. Estos problemas se traducen en los siguientes efectos perjudiciales:

- Efectos en la productividad de la máquina: peor retención y desgote, formación de depósitos e incrustaciones, incremento de la frecuencia de roturas, etc.
- Efectos en la eficacia de los aditivos.
- Efectos en la calidad del papel: mala formación, disminución de la opacidad y blancura, presencia de agujeros, suciedad, pérdida de resistencia mecánica y química, etc.

Tabla VII Consecuencias del cierre del sistema de aguas en la industria de papel Tissue

Ventajas	Inconvenientes
Aumento de los sólidos en suspensión	
Menor producción de lodos	Bloqueo de tuberías y rociadores
Menor pérdida de materias primas	Manchas en el producto Formación de depósitos Abrasión Reducción de la vida de la tela Aumento de finos Modificación de la capacidad de drenaje
Aumento de los sólidos disueltos	
Mayor retención de la materia disuelta	Incrustaciones Formación de depósitos y grumos Incremento de la actividad microbiológica Corrosión Color Desequilibrio de la química del wet-end
Aumento de la temperatura	
Mejora de los procesos de drenaje	Problemas de encolado
Menor consumo energético	Reducción de la capacidad de las bombas de vacío Incremento y/o alteración de la actividad microbiológica

Los problemas asociados al incremento de los sólidos en suspensión son los más fáciles de resolver, por cuanto estos compuestos pueden ser eliminados mediante sistemas de clarificación de las aguas de proceso. Sin embargo, una concentración elevada de los mismos puede dar lugar a graves problemas por depósitos en distintas partes del proceso de fabricación, mayor consumo de aditivos y pérdidas de propiedades físicas en el producto final. El ejemplo más característico son los bloqueos de los rociadores en aquellas fábricas que reutilizan el agua de proceso para esta aplicación.

Los problemas asociados al aumento de la materia orgánica en suspensión son similares a los que se exponen a continuación referidos a la aglomeración de materia coloidal. Con respecto al crecimiento de los sólidos inorgánicos en suspensión, hay que considerar los efectos perjudiciales del incremento de cargas en las aguas de proceso. A modo de ejemplo, pueden citarse:

- Incremento de depósitos en los equipos de fabricación.
- Incremento la abrasión en partes móviles, como bombas, rodillos, telas.
- Reducción de la resistencia física y química del producto.
- Disminución de la eficacia de determinados aditivos: agentes de encolado, colorantes, etc.
- Incremento de espumas cuando el carbonato cálcico se encuentra en medio ácido.

Los problemas asociados al incremento de la materia disuelta y coloidal son los que presentan una mayor importancia en la fabricación de papel. Se deben, en general, al aumento de la concentración de sales inorgánicas, de la materia orgánica y de los microorganismos.

La acumulación de sales inorgánicas en el sistema es uno de los aspectos importantes que hay que considerar como detrimento en el cierre del sistema de las aguas de proceso, debido al número elevado de problemas que pueden acarrear, tanto en el proceso de producción, como en el producto. Los principales problemas asociados con el incremento de la concentración de sales disueltas en las aguas de proceso son:

- Posible disminución de la resistencia física del producto.
- Alteración de la química de la parte húmeda de la máquina de papel por la interacción de las sales con aditivos incorporados en el proceso.
- Disminución de la blancura en presencia de altos niveles de Fe^{3+}
- Incremento de los niveles de corrosión.
- Formación de depósitos de derivados del aluminio en procesos que operan a pH superior a 5 y a altas concentraciones de especies de aluminio.
- Formación de incrustaciones inorgánicas debido a reacciones de precipitación.
- Incremento del crecimiento microbiano como consecuencia del valor nutritivo de las sales inorgánicas.

En cuanto a la materia disuelta y coloidal de naturaleza orgánica, los problemas relacionados con los distintos tipos de pitch o grumos de resinas stickies o grumos pegajosos y depósitos de microorganismos son los más importantes para los fabricantes de papel. Estos depósitos son los responsables de problemas tales como la modificación de la química de la parte húmeda, la formación de depósitos en los equipos y en el producto final, corrosión, producción de malos olores, roturas de la banda de papel, etc.

III. PROCESOS DE CLARIFICACIÓN DE AGUAS EN LA INDUSTRIA DE PAPEL TISSUE

3.1. El concepto de la gestión del agua en la industria de papel Tissue (naturaleza del informe)

El presente informe aborda en sí el proceso de clarificación del agua residual y el porque de su tratamiento además de algunos inconvenientes que pueden surgir en la reutilización. Este tratamiento del efluente se da exclusivamente porque el agua es uno de los principales insumos que se utilizan en mayor cantidad además de ser un recurso limitado y con esta reutilización se disminuyen costos de producción.

El reciclado del agua en la fabricación de papel Tissue también afecta a la calidad del producto final. Los típicos defectos de mal funcionamiento identificados son la menor resistencia del papel, el deterioro de la calidad en forma de agujeros y manchas, menor retención, corrosión, problemas de olores, formación de espumas e incrustaciones.

Este mal funcionamiento viene relacionado con la inevitable acumulación de materia coloidal y disuelta conforme se van cerrando los circuitos del agua de proceso.

Estos materiales pueden ser especificados a título de ejemplo como sigue:

- Residuos aniónicos.
- DBO y DQO.
- Stickies.
- Ácidos grasos volátiles (VFA; Volatile Fatty Acids).
- Calcio (como dureza de calcio).
- Sales.
- Microorganismos.

El nivel de acumulación está claramente relacionado con el grado de cierre. Cuanta más agua es recirculada al proceso, mayor cantidad de materiales pueden ser detectados en los circuitos del agua de proceso.

3.2. Procesos de clarificación de aguas residuales en la industria de papel Tissue

La función de separar los sólidos del líquido, en el que se encuentran en estado suspensión por su reducido tamaño, es primordial para infinidad de aplicaciones, tanto industriales o bien para recuperar los sólidos valiosos, evitando su pérdida en un efluente industrial (por ejemplo las fibras celulósicas en la industria papelera), o bien para clarificar el líquido, reduciendo al máximo los sólidos en suspensión.

En la industria de papel Tissue existen varios procesos de clarificación de aguas residuales adicionales entre ellas vamos a mencionar algunas importantes:

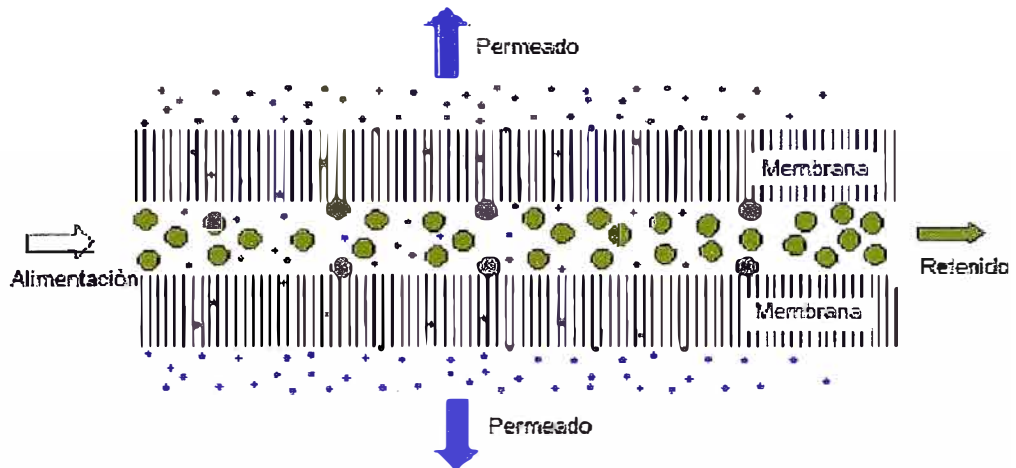
- Decantación
- Filtración
- Flotación por aire disuelto

3.2.1. Clarificación de aguas con sistemas de membranas

Una filtración convencional no puede eliminar eficazmente los sólidos y materia coloidal por debajo de 1 μm de tamaño. Una alternativa para dicha clarificación es la floculación de la materia coloidal y su filtración con membranas.

La filtración por membrana es una técnica que separa las partículas en función de su tamaño. El filtrado se denomina permeado y el concentrado se denomina retenido. El modo de operación se muestra en la figura. Lo más habitual es utilizar un gradiente de presión para producir la separación.

Fig. 9 Sistemas de membranas tubulares



A continuación se mencionan algunos aspectos que afectan a la selección de la tecnología de membrana:

- La corriente de entrada, su composición y la carga hidráulica.
- El caudal de agua clarificada y la calidad requerida.
- Las filtraciones con elevadas presiones producen aguas muy clarificadas, pero consumen más electricidad y deben ser equipadas con sistemas de tratamiento eficientes para evitar el taponamiento de las mismas.

3.2.2. Tratamiento de efluentes mediante el uso de ozono

Debido al proceso de coloración las aguas contaminantes presentan un elevado contenido de contaminantes. Tratamiento del agua clarificada en el proceso de flotación de las aguas blancas de las máquinas de papel por filtración, y posterior ozonización para su reutilización en el proceso, evitando así su vertido.

Con el tratamiento implantado se lograron buenos valores de decoloración de aguas con dosificaciones de O_3 entre 20 y 55 g/m³ para aguas poco coloreadas y de 65 a 80 g/m³ para aguas coloreadas intensamente.

Además de estos efectos, se logra una reducción en el consumo de aditivos de desgote para los lodos de unas 20 Tn/año, con la ventaja adicional de reducir el efecto ambiental que produce el vertido de este tipo de productos. El inconveniente es que la instalación del proceso es de costo muy elevado.

3.3. Tecnologías de control de residuos para efluentes líquidos (procesos de clarificación aplicables al agua residual en la fabricación de papel Tissue)

Para la fabricación de papel Tissue esta función se suele realizar convencionalmente por dos sistemas principales: decantación y la filtración. El primero consiste en retener en un depósito el líquido que contiene sólidos en suspensión (normalmente aglomerados en partículas mayores por medio de la floculación) de modo que decanten al cabo de un cierto tiempo en el fondo, de donde se van retirando continua o periódicamente. La filtración por su parte consiste en forzar el paso del líquido a través de medio filtrante (mallas con diferentes medidas, arena, etc.), donde son retenidos los sólidos, que posteriormente se retiran limpiando el medio filtrante.

Flotación por aire disuelto

La flotación por aire disuelto es el tercer sistema. Se basa en el principio de la solubilidad del aire en el agua sometida a presión. Consiste fundamentalmente en someter el agua bruta ya floculada a presión durante cierto tiempo en un recipiente, introduciendo simultáneamente aire comprimido y agitando el conjunto por diversos medios, hasta lograr la dilución del aire en el agua. Posteriormente despresuriza el agua en condiciones adecuadas, desprendiéndose gran cantidad de micro burbujas de aire. Estas se adhieren a los flóculos en cantidad suficiente para que su fuerza ascensional supere el reducido peso de los flóculos, elevándolos a la superficie, de donde son retirados continua o periódicamente, por distintos medios mecánicos.

Con objeto de ahorrar energía por un lado y por otro para evitar al máximo la posible destrucción de flóculos en el turbulento proceso de creación de micro burbujas, normalmente no se presuriza el caudal total de tratamiento, sino un caudal parcial de agua clarificada recirculada suficiente para crear las micro burbujas necesarias para el proceso.

3.4. Selección del proceso de clarificación para el agua residual de papel Tissue

Para la selección del proceso solo mencionaremos las ventajas que ofrece el proceso de flotación por aire disuelto con respecto a los demás procesos. La flotación por aire disuelto presenta grandes ventajas, entre las que destacaremos siguientes:

3.4.1. Tiempo de retención

La flotación es un fenómeno mucho más rápido que la sedimentación, precisando tanto un espacio ocupado mucho menor y un tiempo de retención muy breve.

3.4.2. Concentración de los sólidos separados

Los sólidos decantados están sumergidos permanentemente en un medio líquido, por lo que su concentración tiene un límite muy bajo. Los sólidos flotados, por el contrario, están sobre un medio líquido, pero en contacto con el aire, pudiendo alcanzar concentraciones muy superiores a los sedimentados.

3.4.3. Productos químicos

Los flóculos convenientes en la sedimentación deben ser grandes y bien formados, con objeto de acelerar el proceso. Para ello es precisa la adición de determinadas cantidades de productos químicos y la retención previa en floculadores para la buena formación de los flóculos.

La flotación, en cambio, necesita solamente floculos incipientes de reducido tamaño, suficiente para la adhesión de las micro burbujas. La cantidad necesaria de productos químicos será consiguientemente menor, así como el tiempo de formación del floculo.

A modo de ejemplo mediante un problema de aplicación determinaremos una de las formas de la elección de éste proceso de clarificación:

Calcular la velocidad de sedimentación de un floculo particulado de 10 μm con una densidad de partículas de 1110 kg/m^3 para una temperatura de agua en verano de 20°C y en invierno de 4°C; así también calcular la velocidad ascensorial de este floculo agregado a una burbuja de aire de 40 μm para las mismas condiciones de temperatura.

Desarrollo del ejemplo:

a) Velocidad de sedimentación del floculo. Para resolver el problema se requiere la densidad del agua y la viscosidad absoluta para las dos temperaturas del agua:

Temperatura (°C)	Densidad (kg/m^3)	Viscosidad Absoluta (N.s/m^2)
4	999,97	$1,6527 * 10^{-3}$
20	998,20	$1,0019 * 10^{-3}$

➤ Para 20°C según la ley de Stokes para sedimentación de partículas. La ecuación:

$$v_p = g (\rho_p - \rho_w) d_p^2 = \frac{9,8(1110-998,2)(10 \times 10^{-6})^2 \text{m}}{18 \times 1,0019 \times 10^{-3} \text{ s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} = 0,002 \text{ m/h}$$

➤ De la misma forma para 4°C: $v_p = 0,012 \text{ m/h}$

b) Velocidad ascensorial de una burbuja de aire de 40 μm agregada a una partícula flocular de 10 μm . Para resolver el problema se precisan las constantes de

densidad del agua y de viscosidad (presentadas antes) y las densidades del aire (saturado con vapor de agua) a 4°C y 20°C son 1,27 y 1,19 kg/m³ respectivamente.

➤ Para 20°C:

Para calcular la velocidad ascensorial, deben calcularse la densidad de la burbuja de aire con partícula flocular agregada y el diámetro equivalente de la partícula-burbuja flocular agregada. Se usan las siguientes ecuaciones (ecuaciones modificadas de Stokes):

$$\rho_{pb} = \frac{\rho_p d_p^3 + N_{ab}(\rho_b d_b^3)}{d_p^3 + N_{ab}(d_b^3)} = \frac{1110(10)^3 + 1(1,19)(40)^3}{10^3 + 40^3} \text{ kg/m}^3 = 18,1 \text{ kg/m}^3$$

$$d_{pb} = (d_p^3 + N_{ab}(d_b^3))^{1/3} = (10^3 + 1(40)^3)^{1/3} \mu\text{m} = 40,2 \mu\text{m}$$

Nótese que el diámetro esférico equivalente del agregado flocular partícula-burbuja no es mucho mayor que la burbuja. Esto es porque $d_b \gg d_p$. A partir de la siguiente ecuación se determina la velocidad ascensorial del aglomerado partícula-burbuja:

$$v_{pb} = \frac{g(\rho_w - \rho_{pb})d_{pb}^2}{18 \mu} = \frac{9,8(998,2 - 18,1)(40,2 \times 10^{-6})^2}{18 \times 1,0019 \times 10^{-3}} \text{ s} \times \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} = 3,1 \text{ m/h}$$

➤ Para los 4°C los resultados son los siguientes:

$$\rho_{pb} = 18,2 \text{ kg/m}^3$$

$$d_{pb} = 40,2 \mu\text{m}$$

$$v_{pb} = 1,9 \text{ m/h}$$

Estas velocidades ascensoriales son mucho mayores que las velocidades de sedimentación de las partículas y demuestran de un modo el porque de su utilización en el caso de la industria de papel tissue.

En el caso de la industria de papel tissue el método utilizado para clarificar el agua es de flotación por las ventajas explicadas anteriormente.

Donde:

v_p : velocidad de sedimentación del flóculo

g : gravedad

ρ_p : densidad de la partícula (flóculo)

ρ_w : densidad del agua

d_p : diámetro de la partícula

v_{pb} : velocidad ascensorial del aglomerado partícula-burbuja

ρ_{pb} : densidad de la burbuja de aire con partícula flocular agregada

d_{pb} : diámetro equivalente de la partícula-burbuja flocular agregada

N_{ab} : número de burbujas de aire agregado a la partícula flocular

ρ_b : densidad del aire (saturado con vapor de agua)

d_b : diámetro de la burbuja de aire

μ : viscosidad

En base a los datos de la velocidad de ascenso de los flóculos podemos dimensionar el tanque clarificador, partiendo de la ley de Henry (diferencia de solubilidades).

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3s_a(FP-1)R}{S_a Q} \quad \text{Ec. 6.37 Ingeniería de agua residuales Metcalf}$$

Donde:

$\frac{A}{S}$ = relación óptima aire – sólidos ml (aire) / mg (sólidos)

S_a = solubilidad del aire (ml/l)

F = fracción de aire disuelto a la presión P

P = presión, atm

P = presión manométrica, kPa

S_a = concentración de sólidos en el fango, mg/l

R = caudal de recirculación presurizada, $m^3/día$

Q = caudal de líquido –mezcla, m³/día.

Datos:

$$\frac{A}{S} = 0.008 \text{ ml/mg}$$

$$T = 20^{\circ}\text{C}$$

$$s_a(\text{solubilidad del aire}) = 18,7 \text{ ml/l}$$

$$\text{Presión del sistema de recirculación} = 400 \text{ kPa} = \frac{400 + 101,35}{101,35} = 4,95 \text{ atm}$$

$$\text{Fracción de saturación} = 0.5$$

$$\text{Carga de superficie} = 8 \text{ l/m}^2 \times \text{min.}$$

$$\text{Caudal de líquido mezcla} = 400 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Tiempo de retención} = 1 \text{ h} = 0,0417 \text{ día}$$

$$S_a = 3000 \text{ mg/l}$$

$$0,008 = \frac{1,3 (18,7 \text{ ml/l}) [0,5(4,95) - 1] R}{3000 \text{ mg/l} (400 \text{ m}^3/\text{d})}$$

$$R = 267,73 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$A = \frac{267,73 \text{ m}^3}{8 \text{ l/m}^2 \times \text{min} (60 \text{ min/h}) (24 \text{ h/d}) (10^{-3} \text{ m}^3/\text{l})}$$

$$A = 23,4 \text{ m}^2$$

$$\pi r^2 = 23,4 \text{ m}^2$$

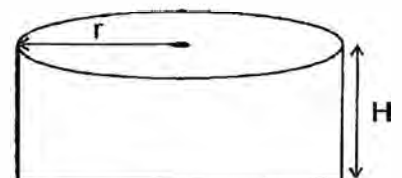
$$r = 2,72 \text{ m}$$

$$Q = \frac{V}{t} = 400 \text{ m}^3/\text{d} = \frac{23,24 \text{ m}^2 \times H}{0,0417 \text{ d}}$$

$$H_{(\text{altura tanque})} = 0,72 \text{ m}$$

$$H = 0,72 \text{ m} (1,3) \text{ multiplicado por } 1,3 \text{ (factor de rebose)}$$

$$H = 0,94 \text{ m.}$$



3.5. Procesos de clarificación de agua en flotación por aire disuelto

3.5.1. Elementos necesarios en la clarificación

- Coagulante (inorgánico o sintético).
- Floculante.
- Aire.
- Agua a clarificar.

A continuación se presentan algunos ejemplos del tiempo de decantación de distintas partículas.

Partícula	Dimensión	Tiempo
Piedra	100mm	2 seg.
Arena	0.1mm	80 seg.
Silt	0.01mm	110 min.
Bacteria	0.001mm	180 horas
Partículas coloidales	0.0001mm	2 años

3.5.2. Necesidades y aplicaciones de los polímeros

Los polímeros son necesarios en el proceso de clarificación ya que con ellos se forman partículas de adecuado tamaño para la mejor flotación de dichas partículas así los típicos tratamientos para clarificación son:

- Floculante catiónico.
- Coagulante catiónico mas floculante catiónico.
- Coagulante catiónico mas floculante aniónico.

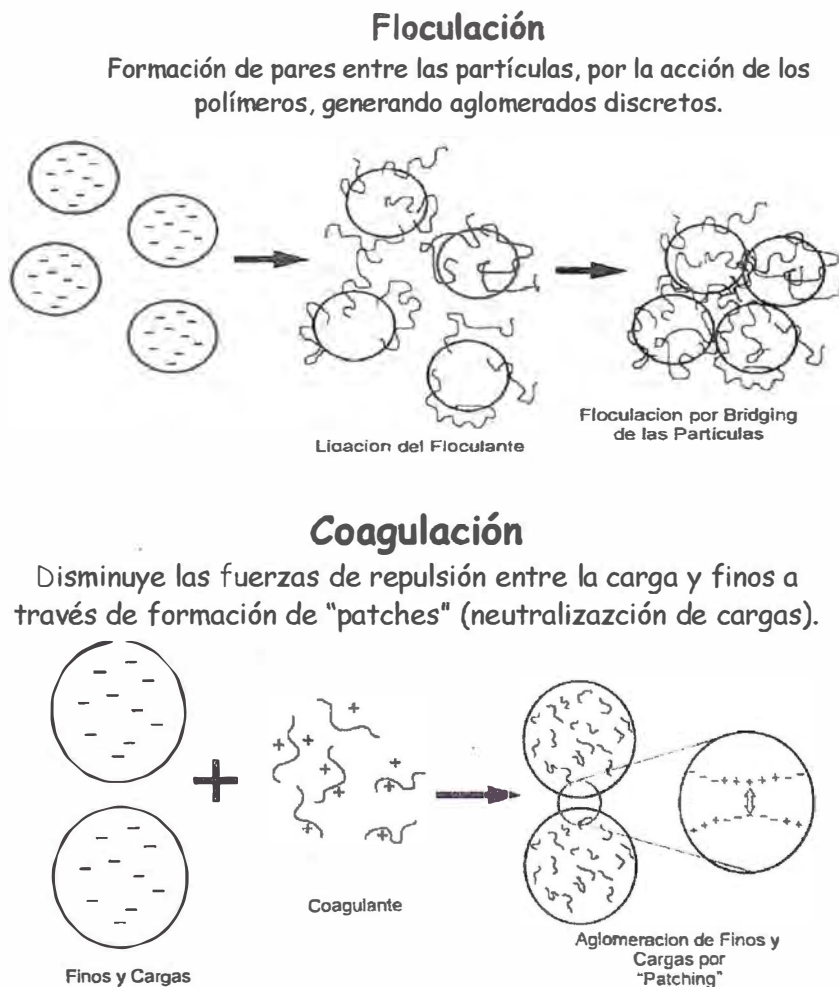
3.5.3. Inyección de aire al sistema

- Flujo total.
- Flujo parcial.
- Recirculación.

3.5.4. Etapas en el proceso de flotación por aire disuelto

- **Coagulación:** neutralización de cargas como resultado de la modificación de la carga de cada partícula, de manera que éstas no se repelen más.
- **Floculación:** después de la neutralización de cargas se forman puentes en las partículas coaguladas asociándose en agregados discretos. Produce estructuras de flocks compactas y pequeñas.

Fig.10 Etapas en el proceso de clarificación



3.6. Aplicación de polímeros en DAF

- Aire disuelto en agua y control de tamaño de burbujas a través de caída de presión.
- Utiliza principio de la “velocidad cero” para permitir la flotación de los flóculos.
- Sólidos son removidos en cuchara de rotación.
- Polímero es inyectado inmediatamente antes del clarificador.
- Coagulante o sulfato de aluminio alimentado en la succión de la bomba de alimentación.

3.7. DAF-Principios generales de operación

- La flotación por aire disuelto utiliza los principios de velocidad “cero” permitiendo una flotación de sólidos mas efectiva.
- El aire es disuelto sobre presión, para flujo total o parcial (típico 25% de reflujo).
- Se utiliza un ADT (tubo de dilución de aire) para generar microburbuja.
- Se requiere presión en la entrada del ADT y a través de una válvula de globo, la que produce mayor corte para generar burbujas de aire de tamaño correcto.
- Entrada típica de presión es 5.5 bar con caída de presión de 0.5 bar (salida del ADT 5 bar).
- El agua aireada se mezcla en el flujo principal permitiendo la formación de “microburbujas” cuando se tenga presión atmosférica.
- Estas burbujas se adhieren a los flóculos, causando la flotación.

El sector de la industria de papel Tissue consume una gran cantidad de agua por lo que es necesario aumentar el grado de cierre de los circuitos. Para cerrar los circuitos evitando la acumulación de contaminantes es necesario clarificar las aguas de proceso antes de su reutilización.

Procedimiento en el proceso DAF:

La suspensión a tratar, proveniente del proceso, se satura en aire, total o parcialmente y se introduce por la parte inferior de la célula de flotación donde se expande y como resultado se desprenden burbujas de aire que estaban absorbidas en el seno del líquido. Las burbujas formadas atrapan las partículas de sólido y suben a la superficie, formando espumas que serán recogidas para su eliminación por medios mecánicos, mediante un sistema denominado cucharón, que no es más que un tronco de cono que gira sobre la superficie del agua, recogiendo las espumas formadas. El cucharón tiene en su interior una espiral para romper las espumas y que éstas se recojan más fácilmente por el depósito interior de la célula.

Se produce, igualmente, un fenómeno de sedimentación de las partículas y de los agregados. Este sedimento es un desecho que se recoge mediante rascadores situados en el fondo del depósito y se eliminan por la parte inferior de la célula.

Las aguas clarificadas, se obtienen por la parte lateral de la célula, donde la formación de espumas es menor.

Fig.11 Obtención del agua clarificada de un proceso DAF

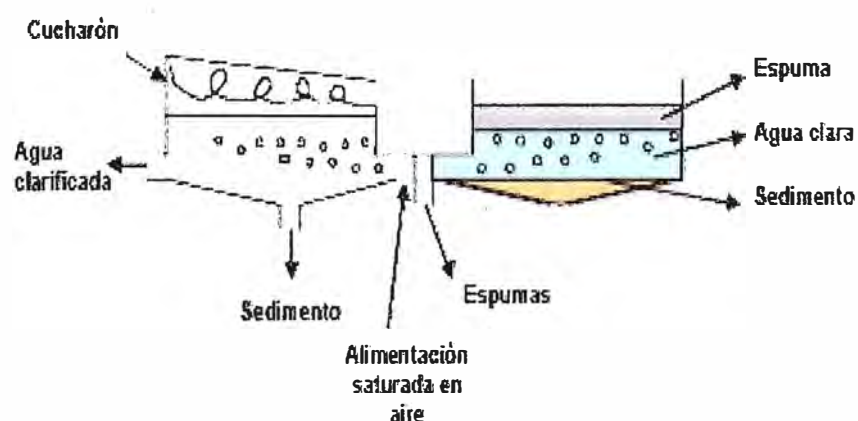
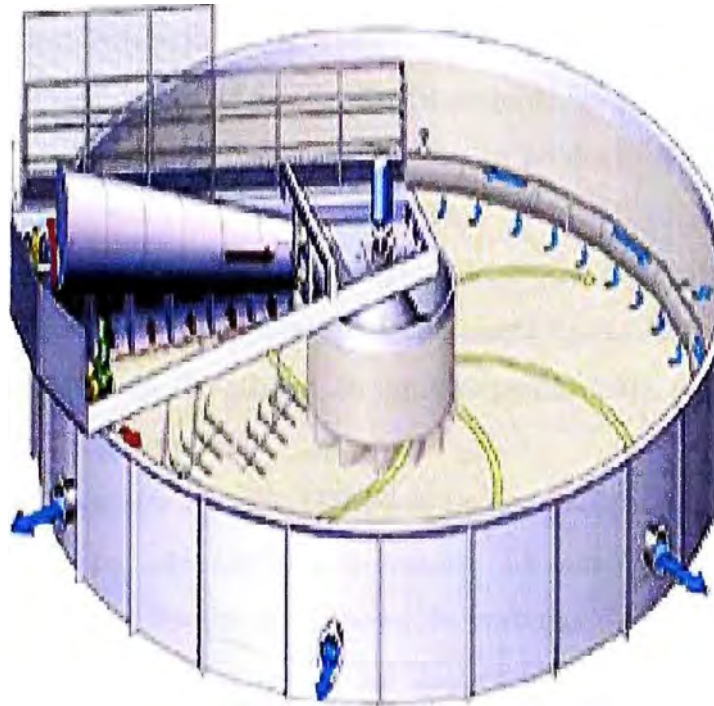


Fig.12 Equipo de clarificación de agua (Supercell)



IV. CONCLUSIONES

- 4.1. Reutilizar el agua en la industria de los procesos y en caso en la industria del papel Tissue (por el volumen de agua utilizado entre 15 a 20 m³ por Tonelada de papel producido), es muy importante ya que el agua es un recurso natural limitado.
- 4.2. De la obtención de una adecuada clarificación de las aguas me indica que el producto final tenga las características de un producto que se adecúe a los estándares de control de calidad.
- 4.3. Usando la técnica DAF para el tratamiento de las corrientes adecuadas se puede ajustar continuamente el grado de cierre de los circuitos del sistema de agua, alcanzando la calidad de agua requerida para su reutilización en distintas partes del proceso.
- 4.4. La flotación por aire disuelto (DAF) es un proceso para la eliminación del material fino en una suspensión acuosa. La energía necesaria para la flotación eficaz se aporta en la forma de burbujas de aire extremadamente finas que se unen al material en suspensión. La atracción entre las microburbujas y las partículas es un resultado de las fuerzas de adsorción, que son función de las características de la superficie de la partícula, y de la atracción física en la partícula.
- 4.5. La principal ventaja de la DAF es que además de eliminar los sólidos en suspensión se puede eliminar parte de la materia coloidal presente en las aguas.
- 4.6. La unión de dichas burbujas a la partícula reduce su densidad dando por resultado una creciente flotabilidad, produciéndose la ascensión de dichos agregados a la superficie, formándose espumas.
- 4.7. Los lodos flotados se separan, se desgotan y se evacúan con los residuos sólidos de la planta.
- 4.8. Generalmente, se utilizan coagulantes y/o floculantes para favorecer la desestabilización de la materia disuelta y coloidal, formando flóculos que se unen más fácilmente a las burbujas formadas.

- 4.9. La eficiencia óptima del sistema es buena, pero depende de diversos factores que deben ser monitorizados y controlados: pH, caudal, tamaño de las burbujas de aire, consistencia de las aguas, dosificación de floculantes, etc.
- 4.10. Con respecto a la materia prima utilizada es de gran importancia ambiental, ya que los papeles y cartones usados se aprovechan como materia prima en la industria papelera. De no ser así, se convertirían en desperdicios urbanos, lo que obligaría a construir nuevos vertederos sanitarios en las ciudades.
- 4.11. Por otra parte, el aprovechamiento de los papeles y cartones usados para fabricar nuevos productos permite un considerable ahorro de materia prima, aspecto que favorece los sistemas de fabricación de productos de papel con fibra reciclada.
- 4.12. Es posible promover el reuso, la reducción y el reciclaje de las cajas y otros envases y embalajes, así como incentivar a las organizaciones de las comunidades, a los supermercados, escuelas y tiendas, a la instalación de programas de reciclaje de papel y cartón.

V. BIBLIOGRAFÍA

- 1) CASEY J.P. “Pulpa y papel – Química y Tecnología química”. Tercera edición. Editorial Limusa. México DF. 1991. Sistemas de recirculación del agua blanca Pág. (486-501).
- 2) VERGARA Y.F. “Tratamiento de aguas industriales”. Segunda edición. Kovi Editores. Lima –Perú. 1985. Capítulo III Purificación del agua industrial Pág. (91-103).
- 3) HENGLEIN F.A. “Tecnología Química”. Segunda edición. Urmo S.A. Ediciones. España. 1975. Capítulo 2 Sedimentación (clarificación)- Flotación (tratamiento) Pág. (113-116).
- 4) SMOOK G.A. “Manual para técnicos de pulpa y papel”. Tappi Technology Park Atlanta. USA. 1990. Capítulo 1 Importancia del papel Pág. (1-5).
- 5) URSO Servicios Medioambientales, S.L. <http://www.urso.es/>
- 6) Estudios de impacto ambiental, <http://www.tanswer.cl/>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Algodón: cuyas fibras tienen una longitud superior a los 12 mm y se utilizan en la fabricación de papeles finos de escritura.

Bagazo: Cáscara que queda después de desecha la baga (cápsula que contiene las semillas del lino) y separada de ella la linaza.

Blocks: piezas de madera libre de nudos de largos variables

Cáñamo: con fibras de longitud superior a los 5 mm, procedentes de cordeles viejos y otros desperdicios. Sirven como materia prima para la producción de papel de fumar.

Celulosa: Sustancia que conforma las paredes celulares de las plantas.

Consistencia: corresponde al porcentaje de fibras y/o sólidos suspendidos contenida en la solución, medida en porcentaje en base seca.

Cuchillo crepador: lámina metálica aplicada al cilindro secador que separa de éste la hoja de papel y la arruga, otorgándole una textura rugosa que imita a la del género y que le da sus propiedades de flexibilidad, absorción y suavidad.

Drenaje: Desagüe, natural o artificial, de un terreno. Conjunto de obras realizadas para asegurar la evacuación del exceso de agua de un terreno. **Drupa:** Fruto carnoso, procedente de un solo carpelo, con un hueso en su interior (endocarpo leñoso).

Fibra: Célula alargada, fusiforme o filiforme, mucho más larga que ancha.

Gramaje: es la masa de la unidad de superficie del papel expresada en gramos por metro cuadrado. Esta medida es importante ya que de la misma depende la regulación de la pasta de papel en la máquina, en función del peso en gramos por metro cuadrado que se va a dar al papel

Gofrado: creación de una textura rugosa que imita la del género mediante un cuchillo especializado.

Hemicelulosa: elemento que forma parte de la pared celular de la celulosa. Es una cadena de glucosa más corta que la celulosa.

Lignificado: Con incrustación de lignina y otras sustancias en las membranas celulares. Convertido en madera.

Lignina: Sustancia que refuerza las células, confiriéndoles consistencia y rigidez.

Lodos: residuos sólidos y pesados, resultantes del proceso de filtrado del licor blanco.

Madera: Tejido principal de sostén y conducción de agua de los tallos y raíces. Se caracteriza por la presencia de elementos traqueales. Prácticamente es la parte sólida sin corteza proveniente del tronco, ramas o raíces de un árbol.

Papel tissue: papel suave y absorbente para uso doméstico y sanitario, que se caracteriza por ser de bajo peso y crepado.

Pigmento: Sustancia coloreada.

Polímero: compuesto químico natural o sintético que consiste esencialmente en unidades estructurales repetidas.

Polvo de papel: más que de una característica podemos hablar de un defecto del papel, debido a la presencia de partículas que por frotación se desprenden del papel durante la impresión o la transformación del mismo. Este defecto está presente fundamentalmente en las pastas mecánicas, en las pastas poco refinadas o en las pastas recicladas.

Proceso Kraft: es el proceso de fabricación de celulosa química más común a nivel mundial, caracterizada por ser un proceso eficiente, cíclico y cerrado. Los

chips de maderas son cocidos en una solución alcalina basada en sulfitos y soda cáustica para extraerle la lignina, que luego es quemada para generar la energía necesaria en los procesos y los químicos se recuperan para usarlo nuevamente.

Pulpa: Suspensión acuosa del producto resultante de la madera tratada por desintegración mecánica o tratamiento químico. En el primer caso, la pulpa (p. mecánica) está formada por minúsculos fragmentos de madera; en el segundo (pulpa química) está formada por fibras celulósicas, habiendo sido separada la lignina por digestión química a partir de una pulpa mecánica. Existen tratamientos intermedios y variantes de los químicos, que proporcionan diferentes variedades de pulpas.

Pulpa blanqueada, sulfato: Pulpa química de madera al sulfato (kraft) y a la sosa, excepto la soluble. Pulpa de madera obtenida reduciendo mecánicamente a partículas pequeñas madera de coníferas o no coníferas, y cociéndola después en autoclave en presencia de licor de cocción consistente en una mezcla de hidróxido de sodio y sulfuro de sodio. Las dos clases son: blanqueadas (incluidas las semiblanqueadas) y sin blanquear.

Pulpa blanqueada, sulfito: Pulpa química de madera al sulfito, excepto la soluble. Pulpa de madera obtenida reduciendo mecánicamente a partículas pequeñas madera de coníferas o no coníferas, y cociéndola después en autoclave en presencia de licor de cocción al bisulfito. Las dos clases son: blanqueadas (incluidas las semiblanqueadas) y sin blanquear.

Pulpa de madera, mecánica: Pulpa de madera obtenida moliendo o desfibrando troncos, cartones, rollizos, etc., o refinando astillas de coníferas o no coníferas. Puede ser blanqueada o no. No se incluye la pulpa de fibras desintegradas y la desfibrada y sí, la pasta quimiomecánica y la termomecánica.