



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO ^{Lej}

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA.

"APLICACION DEL POTENCIAL ZETA EN LA
QUIMICA DE LA SECCION HUMEDA" DE UNA
MAQUINA FORMADORA DE PAPEL"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A N:

ANGELICA JULIETA JAUREGUI LANDEROS

OSWIN FERNANDO JUAREZ GUTIERREZ

ASESOR: ING. MARTHA FLORES BECERRIL



LO DEMANDA
DE FUERZA REFLEXION

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D.F., 1990

277953



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/0033/98

ASUNTO: Asignación de Jurado

C. ANGELICA JULIETA JAUREGUI LANDEROS
OSWIN FERNANDO JUAREZ GUTIERREZ
p r e s e n t e

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, le comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

Presidente: I.Q. Raúl Ramón Mora Hernández
Vocal: I.Q. Martha Flores Becerril
Secretario: I.Q. Flora Antor Hernández
Suplente: Q.F.B. Enriqueta Castrejón Rodríguez
Suplente: I.Q. Ma. del Rocío Luja Hernández

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F., 21 de Agosto de 1998

EL JEFE DE LA CARRERA



I.Q. ARTURO ENRIQUE MENDEZ GUTIERREZ

Irm

Gracias a Dios.

Gracias a mi Madre por haberme dado el regalo más valioso: la vida

Un agradecimiento muy especial para aquella persona que fue padre, amigo y consejero a mi abuelito el Sr. Carlos Landeros Mancilla, gracias por haber existido.

A mi abuelita Carmen, por su apoyo y fe en mí.

A mis hermanos Karla, Antonio, Martha y en especial a José por que sin su ayuda no lo *hubiera logrado.*

A mis tíos Carlos, Alfredo y Fernando, por su apoyo y ejemplo.

A Fer, por estar aquí conmigo, por recorrer juntos el mismo camino, por su amor, apoyo y *paciencia;* a Nandito y a Angie por su alegría y la sonrisa de cada mañana.

A mis amigos y compañeros de siempre, Cuauhtémoc, Alejandro, Antonio y Dalia.

A todos eternamente gracias.

Angélica Julieta

RESUMEN

El papel es producido mediante un proceso continuo de filtración, en la alimentación de la máquina formadora de papel existe pasta formada por finos, cargas, fibras, agua fresca, agua reciclada, aditivos químicos y papel reciclado, que forma una suspensión coloidal compleja. Cuando esta pasta drena a través de la tela de formación, una porción de sólidos suspendidos no continua en la hoja y va a parar al agua blanca. Los únicos materiales que se retienen por filtración son las fibras. Finos, carga mineral y aditivos químicos no pueden ser retenidos exclusivamente por filtración, sino solo por medio de aglomeración y adsorbiéndose a las fibras largas, las cuales no pasan a través de la tela.

El nivel adecuado de aglomeración y adsorción se obtiene controlando el balance iónico del sistema. Es más sencillo y económico producir papel cuando la química iónica y la retención están controladas.

Uno de los métodos empleados para valorar la química de la sección húmeda es la determinación del potencial zeta, en donde la carga iónica es medida en un campo eléctrico. Se aplica un voltaje y las partículas se mueven, la dirección indica la carga positiva o negativa y la velocidad del movimiento indica la magnitud de la carga. Este fenómeno es conocido como *electroforesis*.

Para confirmar la efectividad de controlar la química de la sección húmeda mediante el empleo del potencial z se realizó un estudio en una fábrica de papel que se encontraba con problemas de retención. El problema se atacó de la forma siguiente: 1) Se procedió a realizar auditorias para verificar que la determinación del potencial z arrojara información confiable con la que se pudiera trabajar. 2) Se valoraron los ingredientes principales en estado comercial para estimar el posible impacto que tengan en el sistema. 3) Monitoreo del potencial z en celulosa, con la mitad de los ingredientes dosificados y antes de entrar a la máquina. 4) Proponer mejoras al sistema. y 5) Realizar pruebas en campo.

Los resultados cuantificados reflejan un aumento de la retención de un 55% hasta un 69%, una disminución en el consumo de almidón catiónico de 14 a 10 kg/ton, encolante de 17 a 14 kg/ton y de cationizante de un 2 a 0 kg/ton. Además se logró extender el uso del potencial z al comienzo a valorar a todos los ingredientes, prueba o en línea, el potencial z para poder comparar y estimar el posible impacto en el sistema.

Por último se resalta el impacto de los resultados no cuantificados o secundarios como son un efluente más limpio, menos problemas para cumplir los estándares de calidad, mayor duración de la vida de las telas, mejor drenado, menos incrustaciones y mayor velocidad en las máquinas.

OBJETIVOS

- OBTENER DATOS CONFIABLES DE POTENCIAL Z QUE PERMITAN CONOCER EL ESTADO DEL SISTEMA.
- MONITOREAR EL SISTEMA PARA GENERAR INFORMACION QUE NOS PERMITA EFICIENTAR EL SISTEMA
- PROPONER Y REALIZAR MODIFICACIONES, EN BASE A LOS DATOS DE POTENCIAL Z, AL SISTEMA PARA MEJORAR LA RETENCION.

INDICE.

INTRODUCCION.	i
CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL PROCESO DE LA FABRICACION DE PAPEL.	1
1.1. PREPARACION DE PASTA.	1
1.2. SECCION HUMEDA DE UNA MÁQUINA FORMADORA DE PAPEL.	2
1.2.1. FORMADORES DE TELA FOURDRINIER.	2
1.2.2. FORMADORES DE TELAS GEMELAS.	4
1.3. SECCION DE PRENSAS.	4
1.3.1. PRENSAS.	5
1.3.2. FIELTROS.	6
1.4. SECADO.	6
1.4.1. AIRE DE VENTILACION.	7
1.4.2. FIELTROS Y TEJIDOS SECADORES.	8
1.5. PRENSA DE ENCOLADO.	8
1.6. CALANDRADO.	9
CAPITULO 2. QUIMICA DE LA SECCION HUMEDA.	10
2.1. RETENCION.	11
2.2. NATURALEZA FISICA DE LA COMPOSICION DE LA PASTA.	12
2.3. MECANISMOS DE LA QUIMICA DE LA SECCION HUMEDA.	15
2.3.1. SISTEMA DUAL DE POLIMEROS	16
2.3.2. SISTEMA DE MINIPARTICULA	17

2.3.3. SISTEMA DE MICROPARTICULAS	17
2.4. FUENTES DE SUSTANCIAS PERTURBADORAS.	19
CAPITULO 3. POTENCIAL ZETA.	24
3.1. LA CAPA ELECTRICA DOBLE	24
3.2. ELECTROFORESIS.	26
3.3. EL EQUIPO PARA MEDIR POTENCIAL Z	27
3.4. DETERMINACION DEL POTENCIAL Z	27
3.4.1. RECOMENDACIONES AL EMPLEAR EL EQUIPO.	30
3.5. COMO SE MODIFICA EL POTENCIAL Z.	31
3.6. OTRAS TECNICAS.	32
CAPITULO 4. EXPERIMENTACION.	34
4.1. ANTECEDENTES.	34
4.2. EXPERIMENTACION.	35
4.2.1. DETERMINACION DE POTENCIAL Z	35
4.2.2. IMPACTO DE LOS PRINCIPALES INGREDIENTES	36
4.3. RESULTADOS.	38
CONCLUSIONES.	39
BIBLIOGRAFIA.	

INTRODUCCION.

En la industria del papel, como en muchas otras industrias, la disminución de costos de producción sin alterar la calidad es uno de los constantes retos a los que se enfrenta una empresa que busca ser rentable. La búsqueda de mejores alternativas (en tecnología, materias primas, etc.) o la optimización de los recursos con los que se cuenta son los dos caminos por los cuales se busca el logro de este objetivo. Sin embargo, la inversión en tecnología de punta o en materia prima de alta calidad muchas veces no se justifica, tanto por los beneficios que se generarían como por el elevado costo que representa el hacer este tipo de inversiones, de ahí que el camino que comúnmente se sigue es el obtener el máximo beneficio de los recursos con los que se cuenta.

En la fabricación de papel se cuenta con muchos y muy variados recursos que pueden ser mejorados (personal, maquinaria, proceso, etc.), pero el presente trabajo abarca únicamente el consumo de los ingredientes que se adicionan al sistema antes de entrar a la máquina formadora de papel. La importancia de estos ingredientes radica en que gracias a ellos se obtienen las características deseadas a la hoja como son: lisuras, opacidad, blancura, tono, resistencias, etc. La interacción de estos ingredientes con las fibras de celulosa al formarse la hoja de papel en la sección húmeda de la máquina, se le conoce como química de la sección húmeda.

En teoría los ingredientes y fibras que entran en la máquina deben de salir en forma de papel con una retención del 100%, en un proceso "estable" y con la adición sólo de agua fresca. Bajo estas condiciones la química de la sección húmeda (cuando se forma la hoja) no tendría mucha importancia, pero en los sistemas reales además de estos ingredientes se adiciona: agua reciclada (los sistemas actuales

son cerrados para ahorrar agua y cumplir con la normatividad de residuos en los efluentes), pasta recuperada durante el proceso (con un contenido variable de ingredientes) y papel reciclado (pudiendo ser de diferentes características al que se está fabricando). La adición de estos materiales reciclados trae un impacto negativo en el sistema no sólo por el desconocimiento de la influencia que tiene en el sistema sino también por los "bandazos" o variabilidad de la calidad y/o consumos de los mismos.

Existen muchos problemas que se producen por no controlar de forma adecuada la química de la sección húmeda de una máquina formadora de papel, como pueden ser problemas de calidad, corta vida de las vestiduras, pérdida de tiempo, aumento en el consumo de ingredientes, etc., lo cual evidentemente impacta negativamente los costos de producción. Los medios para controlarla pueden ser el monitorear la retención de la máquina, el crear estándares de fabricación que incluyan los tipos de ingredientes y consumos y condiciones de operación, inversiones en tecnología que tiendan a estabilizar el proceso, etc.,

El presente trabajo parte de la premisa que dice "no se puede mejorar lo que no se puede medir" y para ello se emplea la determinación del potencial z (técnica que valora la carga del sistema cualitativa y cuantitativamente). Con esta técnica, basada en la determinación de la velocidad de las partículas del sistema, es posible saber si el sistema es aniónico o catiónico y además nos da un punto "ideal" que da la pauta para buscar eficientar el sistema.

El empleo constante de esta técnica, la experiencia en la aplicación de ajustes y la ayuda de la estadística son las bases que llevan hacia la elaboración de mejores estándares y un mejor control del sistema. Sin embargo, al entrar al mercado diferentes ingredientes o al subir los costos de los ya existentes la generación de estándares se complica al tener siempre diferentes ingredientes, al fabricar un mismo tipo de papel, de ahí deriva que aumente la importancia de mantener un buen monitoreo.

Otra de las ventajas del uso del potencial z es que se pueden evaluar nuevos productos al observar el ingrediente en su estado comercial y el impacto que tiene en el sistema al muestrear antes y después de su adición. Este último es de gran importancia para la optimización del sistema ya que el punto de adición impacta directamente en la eficiencia del ingrediente.

La presente tesis presenta un caso real en la que la aplicación del potencial z resuelve la problemática de una empresa que fabrica papel para el sector de impresión y escritura, y que a pesar de conocer y contar con un equipo para determinar el potencial z , se encontraba con serios problemas de retención y altos costos de operación.

CAPITULO 1.

GENERALIDADES DEL PROCESO DE LA FABRICACION DE PAPEL.

En este capítulo se tratan en forma breve los procesos relativos a la fabricación de papel desde antes de entrar a la máquina formadora (preparación de la pasta) hasta que sale de la máquina (sección húmeda, sección de prensas húmedas, secado, prensas de encolado y calandrado.)

1.1. PREPARACION DE PASTA.

La preparación de la pasta se entiende como la parte del proceso de fabricación de papel en el cual la pulpa se trata mecánicamente y, en algunos casos, químicamente mediante el uso de aditivos que facilitan la desfibración y/o decoloración quedando lista para la máquina de papel. La pasta, como comúnmente se le llama al material fibroso, se prepara mediante los procesos conocidos como batido y refinación.

El batido y la refinación pueden definirse como el tratamiento mecánico que se aplica a la pulpa en presencia del agua, haciéndola pasar en suspensión a través de un espacio relativamente angosto entre un rotor y un estator, ambos provistos de barras o cuchillas alineadas mas o menos según la línea de alimentación de la materia prima. Por lo general, la expresión "batido" se aplica al tratamiento por cargas de la pasta en un batidor Hollander o (pila holandesa), o cualquiera de sus modificaciones. La expresión "refinación" se utiliza cuando la materia prima pasa en forma continua a lo largo de uno de los refinadores en serie o en paralelo. El refinador puede ser de disco, cónico, o del tipo de ángulo abierto (sem-cónico).

El batido y la refinación realizan dos objetivos. (1) mezclar o incorporar los diferentes ingredientes y (2) impartirle a la fibra propiedades que debe de tener el papel ya formado como pueden ser: alta resistencia, baja porosidad, buena formación, etc. de ahí la expresión "el papel se forma desde la refinación".

1.2. SECCIÓN HÚMEDA DE UNA MÁQUINA FORMADORA DE PAPEL.

La parte principal de una máquina formadora es la sección húmeda por ser en esta donde la suspensión compleja de fibra e ingredientes toma la forma de papel. Para lograr esta transformación existen muchos diseños de secciones húmedas, en el presente trabajo revisaremos las de tipo fourdrinier y las de telas gemelas.

1.2.1. FORMADORES DE TELA FOURDRINIER.

En la Fig. 1.1 se muestra un diagrama de una sección húmeda típica de una máquina fourdrinier. Las fibras refinadas y mezcladas, junto con cualesquiera cargas o aditivos de pila, tales como colorantes, alumbre, encolante, etc., se alimentan previamente en el tanque de la máquina. En este tanque la pasta se agita para evitar el asentamiento y la separación de sólidos. La consistencia de la pasta (porcentaje en peso) en este tanque es del orden de 2.5 a 4 %. Una bomba eleva la pasta de este tanque hasta un regulador de consistencia y una caja de cabezal constante de donde pasa, a través de una compuerta reguladora de flujo, al refinador jordan de la máquina. Los detalles del equipo empleado varían considerablemente de una máquina a otra. Sin embargo, su objetivo general es el mismo, es decir, suministrar un flujo de pasta, de consistencia regulada, medido, controlado y constante. El operador usa el jordan de la máquina para ajustar la longitud de fibra y propiedades de drenado de la pasta con objeto de obtener la formación deseada en la hoja y las condiciones óptimas de drenado. Del jordan, la pasta pasa hacia la entrada de la bomba de abanico de la máquina. En esta bomba la pasta se diluye a un rango de 0.1 a 1.0 % con agua que se recircula de la fosa o tanque colector de agua blanca. La pasta diluida puede entonces limpiarse con limpiadores tipo vórtice, seguidos por depuradores, abiertos o cerrados a presión, de placas perforadas o ranuradas. (En algunos casos, la operación de limpieza tipo vórtice puede tener lugar antes de la dilución final en la bomba de abanico, originándose un sistema de dos bombas). La pasta limpia y depurada fluye

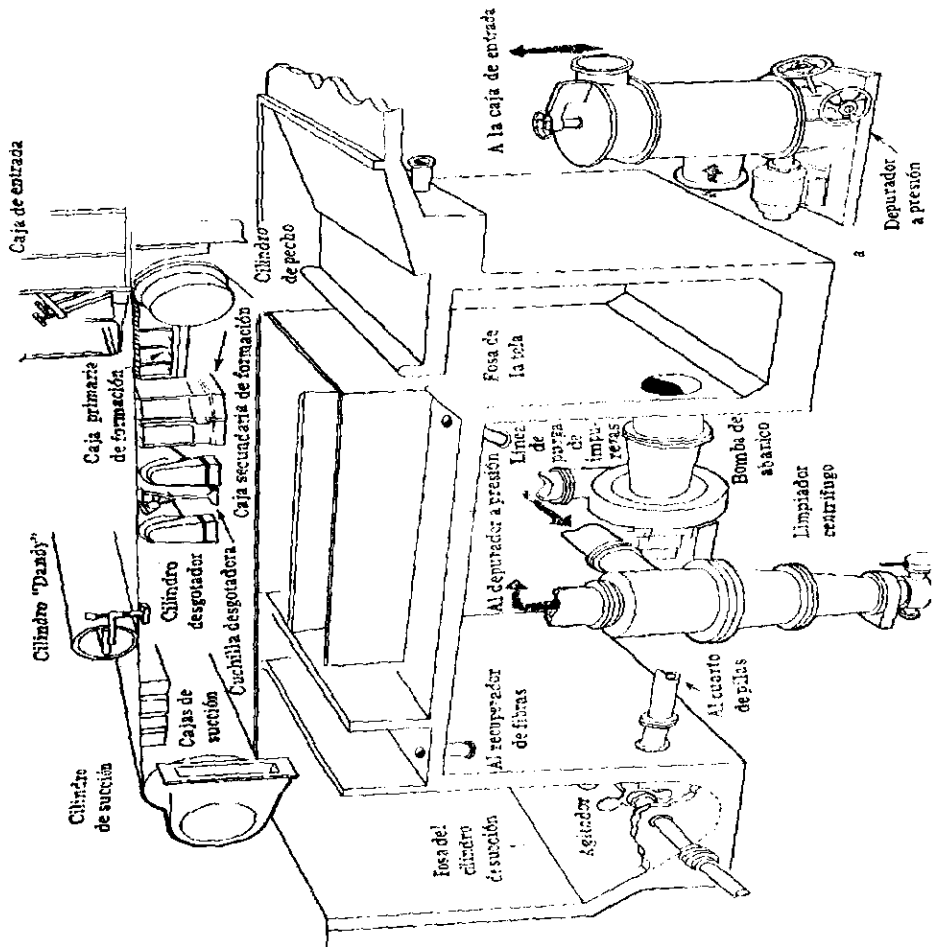


FIGURA 1.1 MESA DE FORMACION DE UNA MAQUINA FOURDRINIER

entonces en el sistema de distribución de entrada, que reparte el flujo a todo lo ancho de la máquina, descargando la pasta dentro de la caja de entrada, en donde el flujo se estabiliza. El flujo estabilizado de pasta pasa entonces, a través de un orificio ajustable, llamado regla, sobre una tela sintética móvil. La "tela" fourdrinier es una banda sinfín, de tela de tejido fino, que viaja alrededor y entre dos grandes rodillos, el cilindro de pecho, que es sólido, en el extremo de la caja de entrada, y el cilindro de retorno de la tela en el otro extremo. La mayoría de las máquinas tienen cilindros de retorno huecos y perforados, con una cámara interior de vacío, conocidos comúnmente como cilindros de succión. La tela está soportada sobre la sección formadora horizontal superior, o "mesa", por medio de una combinación de una o más cajas de formación estacionarias, rodillos desgotadores sólidos o ranurados, cuchillas de agua, y deflectores, después de lo cual pasa sobre varias cajas de succión. Sobre esta sección el agua se elimina por drenado, dejando la hoja de papel sobre la superficie superior. La hoja se separa de la tela en o muy cerca del extremo de la zona de succión del cilindro de retorno, y el viaje de regreso de la tela lo soportan unos cuantos rodillos que se usan para tensar y guiar la tela, al tiempo que unas regaderas de agua lavan las fibras sueltas o grumos de fibras que pueden haberse quedado adheridos a ella.

El agua extraída por las cajas de succión se separa del aire en el lado de transmisión de la máquina y es descargada por unas piernas de caída en una fosa de sello localizada en el sótano del cuarto de máquinas. El aire pasa a una bomba de vacío. El agua blanca de las cajas de succión se bombea de regreso hacia la fosa o sistema colector de drenado de los rodillos desgotadores y se vuelve a utilizar para balancear los requerimientos de la bomba de abanico y para suministrar agua de dilución a la fosa del cilindro de succión. El exceso puede enviarse al sistema recuperador para extraer los sólidos y reutilizarlos en algún punto anterior en el sistema de preparación de la pasta. Dado que la suspensión nueva viene a la máquina a una consistencia aproximada del 3 % y que la hoja sale del cilindro de retorno con un 20 % de sólidos, existe siempre un sobrante de agua de la sección Fourdrinier con respecto a la que se requiere para dilución en la bomba de abanico, además del agua introducida por las regaderas limpiadoras. Las reglamentaciones sobre contaminación de corrientes y las consideraciones de carácter económico son incentivos muy poderosos para reducir el consumo de agua fresca en la máquina de papel. El procedimiento más efectivo para lograr esto es la reutilización del agua dentro del sistema.

Es costumbre recortar unos cuantos centímetros de cada extremo de la hoja, conforme ésta sale de la tela formadora. Los extremos de la hoja, por lo general, pesan menos y contienen puntos debiles. El corte se hace por medio de chorros finos de agua, a alta presión, que se localizan sobre la tela entre la

última caja de succión y el cilindro de succión. Los recortes pasan alrededor de este cilindro y al lavar la tela caen a la fosa del cilindro, en donde se desfibran y se vuelven a utilizar en el sistema.

En máquinas de mediana y baja velocidad, la hoja se levanta de la tela en el cilindro de retorno y se pasa, sin soporte alguno, a través del claro existente, de la tela hacia un fieltro móvil de lana, el cual la deposita entonces en la primera prensa húmeda. En la mayoría de las máquinas de alta velocidad el paso de la hoja de la tela hacia la primera prensa se efectúa mediante un cilindro de succión y un fieltro que se pone en contacto con la hoja sobre la tela. La hoja se transfiere al fieltro, el cual la deposita en la primera prensa.

1.2.2. FORMADORES DE TELAS GEMELAS.

Estos formadores se han desarrollado principalmente para superar las limitaciones de los formadores de una sola tela. Los de telas gemelas (Fig. 1.2) se diseñaron para suministrar una hoja simétrica con propiedades superficiales semejantes en ambos lados y funcionar con pesos base y velocidades superiores a las del formador fourdrinier, que se limita por las inestabilidades de la superficie libre. La mayoría de los formadores de telas gemelas dirigen el chorro de la caja de entrada hacia el punto de contacto convergente formado por dos telas en movimiento o dos superficies porosas. La razón es lograr un rápido drenado de la suspensión bien dispersada de fibras. Este diseño reduce la floculación y evita que aire quede atrapado debido al alto grado de dispersión de las fibras producido con el chorro de alta turbulencia de la caja de entrada. El objetivo es formar la hoja antes de que decaiga la turbulencia y se inicie la floculación. En estas máquinas el drenado se realiza con la ayuda de cuchillas y cajas de succión.

1.3. SECCIÓN DE PRENSAS.

Al salir del rodillo cabezal, el contenido de humedad del papel es en general aproximadamente del 18 al 23 %, dependiendo del tipo de papel. El paso siguiente en el proceso de producción de papel consiste en reducir el contenido de humedad de la hoja mediante presión húmeda, sin que esto afecte en forma inconveniente la calidad del papel. La presión húmeda puede considerarse como una continuación de la eliminación de agua que se hizo en la tela de la máquina. Desde el punto de vista de costos de inversión y de costos de operación, la presión húmeda es uno de los factores más importantes que se

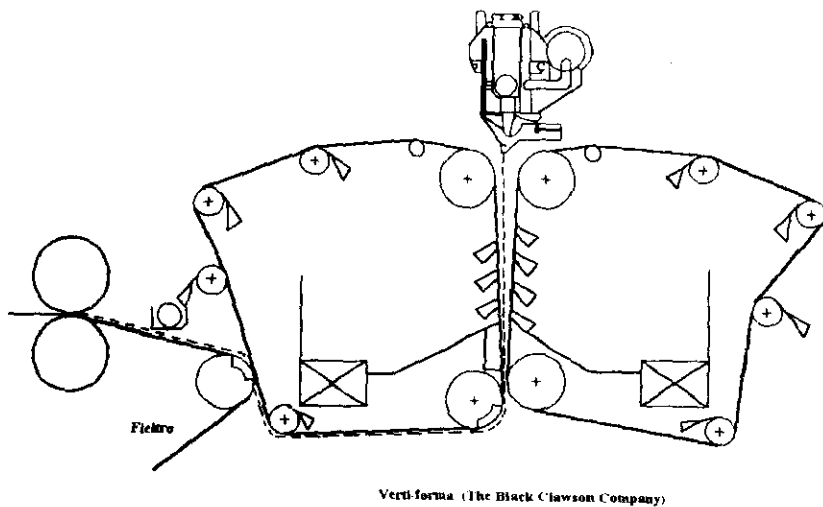


FIGURA 1.2 MESA DE FORMACION DE UNA MAQUINA DE TELAS GEMELAS.

deben considerar ya que estos se consideran como bajos, en comparación con los costos asociados con la eliminación del agua en la sección de secado.

La Fig. 1.3 muestra un esquema de la sección de prensas, con una prensa de succión y una prensa plana.

1.3.1. PRENSAS.

Una prensa estándar consiste de dos cilindros, uno fijo y el otro móvil y acondicionado para ejercer presión sobre el primero. La carga total ejercida entre los cilindros es la suma del peso del cilindro superior y del peso de la carga adicional, la que actualmente, en la mayoría de los casos, se aplica mediante cilindros o diafragmas, hidráulicos o mecánicos.

La prensa puede consistir de dos cilindros sólidos (prensa plana) o de un cilindro sólido y uno perforado con una caja de succión en su interior (prensa de succión). El cilindro sólido puede estar hecho de acero o de hierro fundido recubierto con hule puro, o con un hule que contiene rellenos minerales. Este cilindro también puede ser de granito.

El cilindro de succión generalmente consta de un cuerpo de bronce o de acero inoxidable, recubierto con hule de 1 plg. de grueso, aproximadamente. El cilindro normalmente está perforado con taladros de 3/16 a 5/32 plg. y tiene un área abierta de 18 a 24 %. Los cilindros están diseñados para presiones entre 100 y 500 lb/plg. lin. En el interior del cilindro hay una caja de succión de 5 a 10 plg. de ancho. Los vacíos normales son de 15 a 22 plg. de Hg. La posición de la caja de succión se puede ajustar en relación con la zona de contacto. El cilindro está rodeado por un recipiente para recoger el agua extraída.

La operación de prensado se efectúa siempre en una serie de prensas, cuyo número y tipo depende principalmente de la calidad del papel que se va a fabricar. Una sección ordinaria de prensado consiste de dos o tres prensas; la primera o las dos primeras, ordinariamente son prensas de succión y la última una prensa plana.

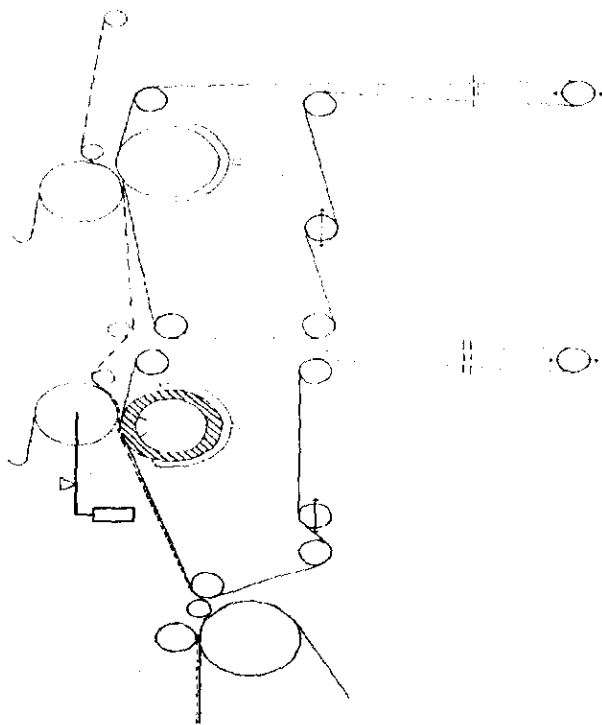


FIGURA 1.3 SECCION DE PRENSAS DE UNA MAQUINA FORMADORA DE PAPEL.

1.3.2. FIELTROS.

Los fieltros realizan varias funciones en la sección de prensas: ayudan a eliminar agua, soportan la hoja y transfieren la hoja. Todo esto debe ser llevado a cabo con la máxima vida para el fieltro y con el mínimo de marcas de fieltro.

Los fieltros de prensa son estructuras tejidas, utilizando lana como materia prima básica debido a sus magníficas propiedades de elasticidad y afieltramiento. Para aumentar su resistencia al desgaste, estabilidad y resistencia a los ataques por agentes químicos y por bacterias, actualmente la mayoría de los fieltros se tratan químicamente. Para aumentar su resistencia física, en la urdimbre se mezclan fibras de poliéster con las de lana; y para una mejor resistencia al desgaste, en la trama se usan mezclas con nylon.

Para satisfacer cada necesidad en particular se debe seleccionar correctamente el tejido, peso, densidad y tipo de lana empleados en los fieltros. Las características importantes de los fieltros son: condición abierta de la superficie, acabado, peso, estabilidad dimensional y resistencia física. Según el uso del fieltro es el grado de importancia de cada una de estas propiedades.

1.4. SECADO.

El papel húmedo de la sección de prensas, con un contenido aproximado de humedad de 65 a 68 %, se pasa por una serie de cilindros calentados por vapor, de 48 a 60 plg. de diámetro y se seca hasta contener aproximadamente 6 % de agua.

La Fig. 1.4 muestra un conjunto de secadores divididos en dos secciones, teniendo cada una su propio fieltro superior e inferior. Las transmisiones para estas secciones normalmente están habilitadas para variar la velocidad y permitir el encogimiento mientras el papel se seca. El fieltro absorbe agua de la hoja húmeda, especialmente en el extremo húmedo de la sección de secadores, y requiere secadores de vapor para ayudar a eliminarla. Tanto el fieltro superior como el inferior tienen cada uno un secador de fieltro que se localiza inmediatamente antes de que el fieltro regrese hacia el extremo húmedo. Además, en dicha figura se muestra otro secador de fieltro, tanto arriba como abajo, después del tercer secador, que hace contacto con la cara del fieltro que lleva el papel para secarla antes del cuarto secador.

El transportador Sheehan (*cable guía*), que consiste en dos cables que corren en *una ranura* del lado de operación de los secadores, sirve para pasar la llamada "guía" a través del banco de secadores. En operación, el conductor de la máquina "corta" sobre la tela Fourdrinier una tira de *unas 6 plg.* de ancho utilizando un chorro fino y móvil de agua a presión ("huizache"). Esta "guía" es pasada por los fieltros a través de las prensas húmedas, con ayuda manual en los claros, o tiros, y es extraída entre los dos cables convergentes. Después de que la guía ha sido pasada apropiadamente por los secadores, el "huizache" se corre lentamente sobre la tela a lo ancho de la hoja húmeda, hasta hacer gradualmente el ancho de la guía igual a la del papel.

1.4.1. AIRE DE VENTILACION.

En los secadores con cilindros calentados por vapor, la hoja se calienta alternativamente por cada lado. Por tanto, en el "tiro" entre los rodillos secadores la hoja queda expuesta al aire ambiente.

La efectividad del aire en cuanto a la eliminación del agua es directamente proporcional a la diferencia entre la presión de agua correspondiente a la temperatura de la hoja y a la presión parcial del agua en el aire. Esta diferencia puede aumentarse por uno de los tres métodos siguientes:

1) aumentando la temperatura de la hoja húmeda, 2) aumentando la temperatura del aire o 3) bajando la humedad del aire.

El flujo de aire en la sección de secadores puede ser deficiente, por lo que muchas máquinas están equipadas con sopladores, ventiladores, o sistemas formados por ductos de aire que pueden llevarse el vapor de las bolsas y mejorar la circulación. El aire que se sopla directamente a través de la hoja tendrá mayor efecto de secado en el reborde de la hoja, que es donde llega primero. Las lanzaderas de aire o los ductos proyectados en la sección secadora ayudan a eliminar los centros húmedos, pero esto puede ocasionar "ondulaciones" en las hojas de peso ligero. El sistema de las cubiertas ayuda también a controlar la circulación. Se utiliza un sistema de cubierta cerrada para lograr mejores condiciones de trabajo en el piso de la máquina, y un secado más completo de la hoja. Las cubiertas cerradas permiten de menores volúmenes con elevada humedad, y en consecuencia es menor la cantidad de aire que debe calentarse. La cubierta cerrada puede reducir los flujos de aire alrededor de la máquina de papel a menos

de la mitad de las que están presentes en las cubiertas abiertas, a la vez que suministra un ambiente de secado más uniforme y más caliente.

1.4.2. FIELTROS Y TEJIDOS SECADORES.

Un fieltro, tejido secador o lona debe cumplir exigencias en cuanto a: resistencia, estabilidad dimensional, corribilidad, posibilidad de limpieza, resistencia al calor y a la degradación por humedad, resistencia a la degradación química, resistencia al roce y a la flexión, y permeabilidad adecuada. Por otra parte, las lonas de los secadores deben cumplir una o más de las siguientes funciones: 1) soportar y guiar la hoja a lo largo de la sección secadora, 2) ayudar al secado mediante un contacto mejorado entre el cilindro y la hoja, y el paso libre del vapor, 3) ayudar a evitar la arrugas y servir para difundir el calor y servir la hoja con una situación uniforme para el secado, y 4) controlar la contracción de la hoja mediante la aplicación de tensión del tejido de la hoja.

1.5. PRENSA DE ENCOLADO.

La prensa de encolado consiste en un par de rodillos muy similares a la prensa húmeda (Fig. 1.5). El papel base, que con un contenido de humedad del 4 a 12 % proviene de la sección de secado, se guía con la ayuda de rodillos, hacia la prensa. En donde se aplica una solución o suspensión de pigmento y adhesivo, de tratamiento superficial, sobre el lado de arriba del papel por medio de una regadera que baña el rodillo superior. En el lado de entrada de la prensa de encolado se forma una pequeña zona inundada de suspensión, y este período de contacto con la hoja base puede ser de importancia. En la prensa de encolado, la composición y concentración del material de tratamiento tienen que seleccionarse a manera de satisfacer los requerimientos del uso.

La prensa de encolado recibe este nombre debido a que es en este punto donde se adiciona, además de los antes mencionados, el encolante para poder dar a la hoja resistencia a la humectación. A este tipo de encolado se le conoce como encolado superficial.

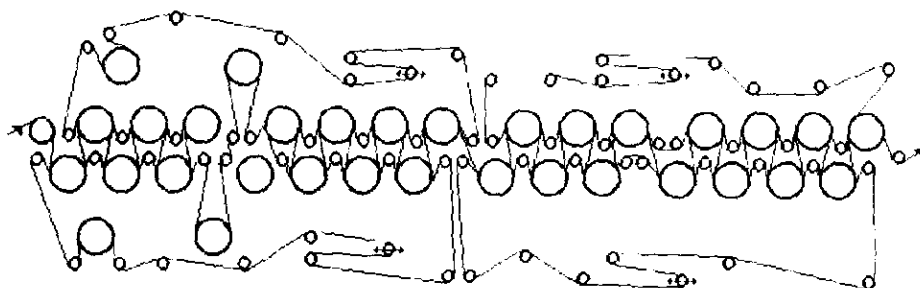


FIGURA 1.4 SECCION DE SECADO DE UNA MAQUINA FORMADORA DE PAPEL.

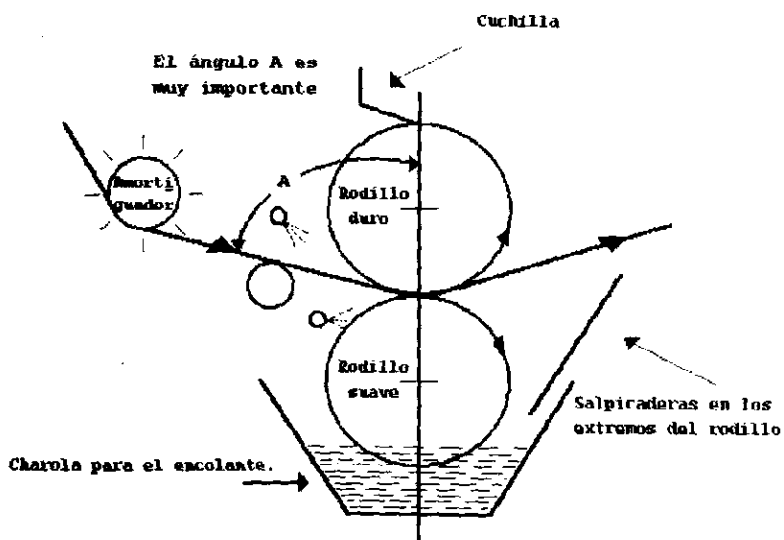


FIGURA 1.5 PRENSA DE ENCOLADO TIPO HORIZONTAL.

1.6. CALANDRADO.

Después de la prensa de encolado el papel pasa por otra sección de secadores para salir del 4 al 6 % de humedad. Al salir de ésta se hace pasar por un conjunto de rodillos pesados metálicos situados al extremo de la máquina de papel, en donde se le prensa a alta presión. A continuación el papel se enrolla y se saca de la máquina. Después se envía al departamento de acabado, donde se puede cortar, ajustar, seleccionar, grabar, inspeccionar, sellar, etiquetar y empacar.

La calandra de máquina (Fig. 1.6) tiene un conjunto de hasta diez rodillos de hierro enfriado y se coloca entre el último secador y el enrollador. En esta posición, constituye la última posibilidad mecánica de corregir la lisura, el calibre y el perfil de la hoja.

Por lo general, la lisura y el calibre de la hoja se controlan mediante presión aplicada, en tanto que su perfil se controla ya sea corrigiendo el flujo de pasta de la caja de entrada, o más apropiadamente, por el reacondicionamiento de uno o más de los rodillos de hierro enfriado, dirigiendo una corriente de aire frío a los puntos en que el calibre necesita ser aumentado. Este aire baja la temperatura del rodillo y reduce su diámetro por contracción.

Cuando la guía se introduce a la calandra el papel se recibe de un rodillo amortiguador localizado inmediatamente después del último secador. La hoja se pasa entonces manualmente a través de la primera zona de contacto de los rodillos subsiguientes. Para evitar que el papel se enrolle alrededor de un solo rodillo, en este tipo de calandras todos los rodillos están equipados con cuchillas.

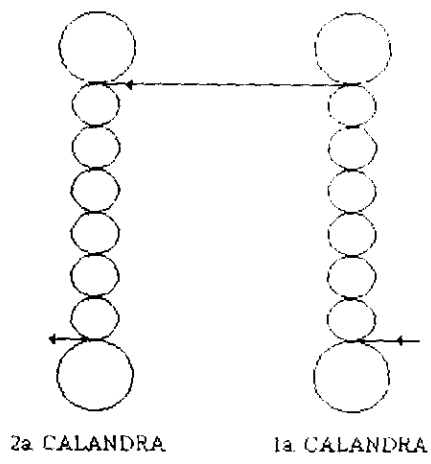


FIGURA 1.6 SECCION DE CALANDRADO DE UNA MAQUINA FORMADORA DE PAPEL.

CAPITULO 2.

QUIMICA DE LA SECCION HUMEDA.

Muchos papeles contienen aditivos no celulósicos que mejoran las propiedades que el producto final requiere en su uso. Entre estos aditivos se encuentran almidones, resinas de resistencia en húmedo o en seco, antiespumantes, colorantes, cargas minerales, encolantes, microbicidas, blanqueadores ópticos, etc. (Tabla 2.1). La importancia radica en usar la cantidad mínima necesaria de cada uno de estos aditivos de forma que el papel tenga las características deseadas, tanto por razones de costo como de calidad.

Estos ingredientes se adicionan en la pasta (antes de que se forme la hoja) o posteriormente en prensa de encolado. Los materiales agregados antes de la formación de la hoja se llaman aditivos de sección húmeda, los cuales forman un complejo sistema difícil de controlar debido a la interacción de cargas catiónicas y aniónicas suministradas por ingredientes recién adicionados al sistema y por los reciclados. A esta interacción de cargas que se presenta en esta sección se le conoce como química de la sección húmeda.

El control de la química de la sección húmeda de una máquina formadora de papel es de gran importancia debido a que se evitan desperdicios de ingredientes, cambios de telas más frecuentes, problemas de calidad en el papel, paros de máquina frecuentes, pérdida de operabilidad y aumento de los costos de producción.

TABLA 2.1

CLASIFICACION DE ADITIVOS DE LA PARTE HÚMEDA

ADITIVO	APLICACION
Ácidos y bases	Control de pH
Sulfato de aluminio	Controla pH, fija aditivos sobre las fibras, mejora la retención.
Agentes de encolado	Control de penetración de líquidos.
Adhesivos de resistencia en seco (almidones, gomas).	Mejorar rigidez y resistencia al arrancado.
Resinas de resistencia en húmedo.	Comunicar resistencia en húmedo a calidades tales como toallas y papeles de embalaje
Cargas, caolín, talco, carbonato y TiO ₂	Mejorar calidades ópticas y de impresión.
Materiales colorantes.	Impartir el color deseado.
Ayudantes de retención.	Mejorar retención de finos y cargas
Defloculantes de fibras.	Mejorar la formación de la hoja.
Antiespumantes.	Mejorar desgote y formación de la hoja
Ayudantes de desgote.	Incrementar la eliminación de agua en la tela.
Blanqueadores ópticos.	Mejorar la blancura aparente.
Aditivos para el control de pitch.	Prevenir la deposición y acumulación del pitch.
Biocidas.	Controlar el crecimiento de hongos, bacterias y otros organismos.
Aditivos especiales.	Incluye inhibidores de corrosión

2.1. RETENCION.

Cuando la suspensión de pulpa cae por primera vez sobre la tela de la máquina de papel (alrededor del 1 % de consistencia), está compuesta por fibra virgen, aditivos y papel reciclado (merma), formando una mezcla compleja. Al salir de la tela, la hoja formada se encuentra con un porcentaje aproximado del 20 % de consistencia. Esta hoja puede o no tener las características que se desean del papel ya terminado, debido a que la cantidad de aditivos totales que se encuentran presentes en la suspensión no se quedan en su totalidad en el papel (se pierde gran parte de ellos en el agua drenada), sino únicamente un porcentaje de los mismos, a este porcentaje se le conoce como retención (Tabla 2.2).

Dos parámetros se utilizan para medir la retención de las fibras y aditivos sobre la tela de fabricación:

- 1) Retención global (%) = $\frac{\text{cantidad retenida en la hoja}}{\text{cantidad adicionada con la pulpa}}$
- 2) Retención primer paso (%) = $\frac{\text{cantidad retenida en la hoja}}{\text{cantidad en la caja de entrada}}$

El consumo eficiente de los diversos aditivos está relacionada principalmente con la retención global; ya que la porción no retenida en la hoja se pierde con el sobrante de aguas blancas del sistema. En la actualidad, se tiende hacia el cierre completo del sistema de la máquina de papel para reducir el volumen de efluente y minimizar las pérdidas.

Sin embargo, la calidad de la hoja y la operación de la máquina de papel están más relacionadas con la retención en primer paso, es decir, una alta tasa de reciclado con las aguas blancas da lugar a una distribución no uniforme en la sección transversal de la hoja y un marcado efecto de doble cara (estos es, diferentes propiedades superficiales en las dos caras debido a una diferencia en la concentración de finos y cargas). La acumulación de finos y aditivos en la caja de entrada retarda el desgote o drenado. El pitch (depósitos de carbonato, resina, etc., que obstruyen las perforaciones de las prensas de succión) son más difíciles de controlar causando problemas de humedad. Además, una alta fracción de finos en la pulpa absorberá una parte desproporcionada de aditivos no fibrosos debido a la elevada área superficial relativa a los finos.

TABLA 2.2

FACTORES QUE AFECTAN LA RETENCION.

Factores de la suspensión fibrosa.

- pH
- Consistencia
- Temperatura
- Tipo de pulpa (longitud de fibra, grado de refinado)
- Recirculación de agua blanca (grado de cierre del sistema)

Condiciones en la tela

- Gramaje de la hoja
- Formación de la hoja
- Luz de malla de la tela
- Tipo de elementos de desgotado
- Velocidad de la máquina
- Traqueo (si se usa)

Factores relacionados con los aditivos

- Cantidades de aditivos
- Orden de adición
- Forma, configuración y densidad de las partículas
- Utilización de agentes de retención y fijado.

2.2. NATURALEZA FISICA DE LA COMPOSICION DE LA PASTA.

En su mayoría la pasta esta compuesta de partículas sólidas en suspensión con tamaño desde 2-3 mm hasta cerca de 100 nm (lo cual es igual a $0.1 \mu\text{m}$ o 0.0001 mm). Partículas de este tamaño eventualmente son asentadas, por lo que es necesario el uso de dispersante para mantenerlas en suspensión (al promover un cambio repulsivo en la superficie se logra impedir la aglomeración de partículas).

Los coloides están compuestos por partículas aproximadamente entre 200-1 nm y estos no se acomodan en suspensión, a menos que sean aglomerados. El comportamiento de un coloide esta dominado por la superficie y particularmente por la interacción superficial con el solvente y con otros sólidos. Ejemplos de coloides en el sistema de pasta son varios polimeros sintéticos o naturales tales como la poliacrilamida o el almidón cocido.

La mezcla de pasta esta formada por partículas, agua y una variedad de moléculas disueltas y iones. Los componentes disueltos generalmente tienen un tamaño menor a 0.5 nm (o 0.0000005 mm), el tamaño de una unidad de glucosa. Los iones en partículas tienen un efecto poderoso en las propiedades de la suspensión, ya que ellos pueden alterar la carga superficial alrededor de la partícula.

Para obtener una apreciación del tamaño relativo de los componentes de la pasta haremos un "viaje fantástico" desde el nivel más bajo dentro de la región submicroscópica de la química del papel.

Si observamos una parte de la fibra almacenada con una escala de 1 mm (Fig. 2.1), la vista será dominada por fibras. Alrededor de la fibra se encuentran elementos pequeños como fragmentos de fibra y finos. Los otros componentes son invisibles como una partícula a esta escala, aunque se pueden observar aglomeraciones de finos. Una partícula típica de carga de 2 micras cruza un espacio solamente del 0.2 % de las veces que se observa.

Aumentando 10 veces (Fig. 2.2), el nuevo campo abre a 0.1 mm. A esta escala las partículas pequeñas pueden llegar a ser visibles, pero si aumentamos más pueden llegar a ser mas claras. Si aumentamos 10 veces otra vez, el campo de visión es de 0.01 mm (Fig. 2.3). Ahora veremos justamente

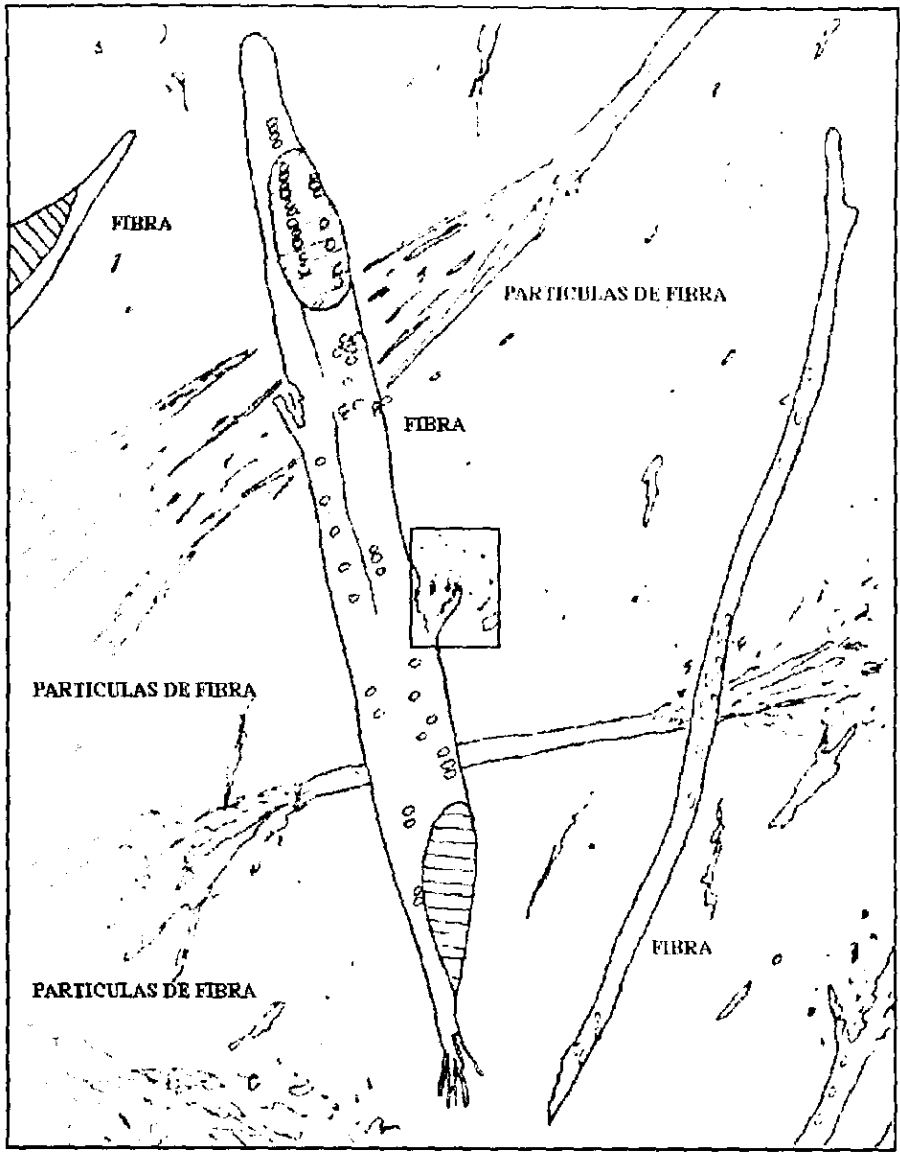


FIGURA 2.1 ESCALA 1MM.

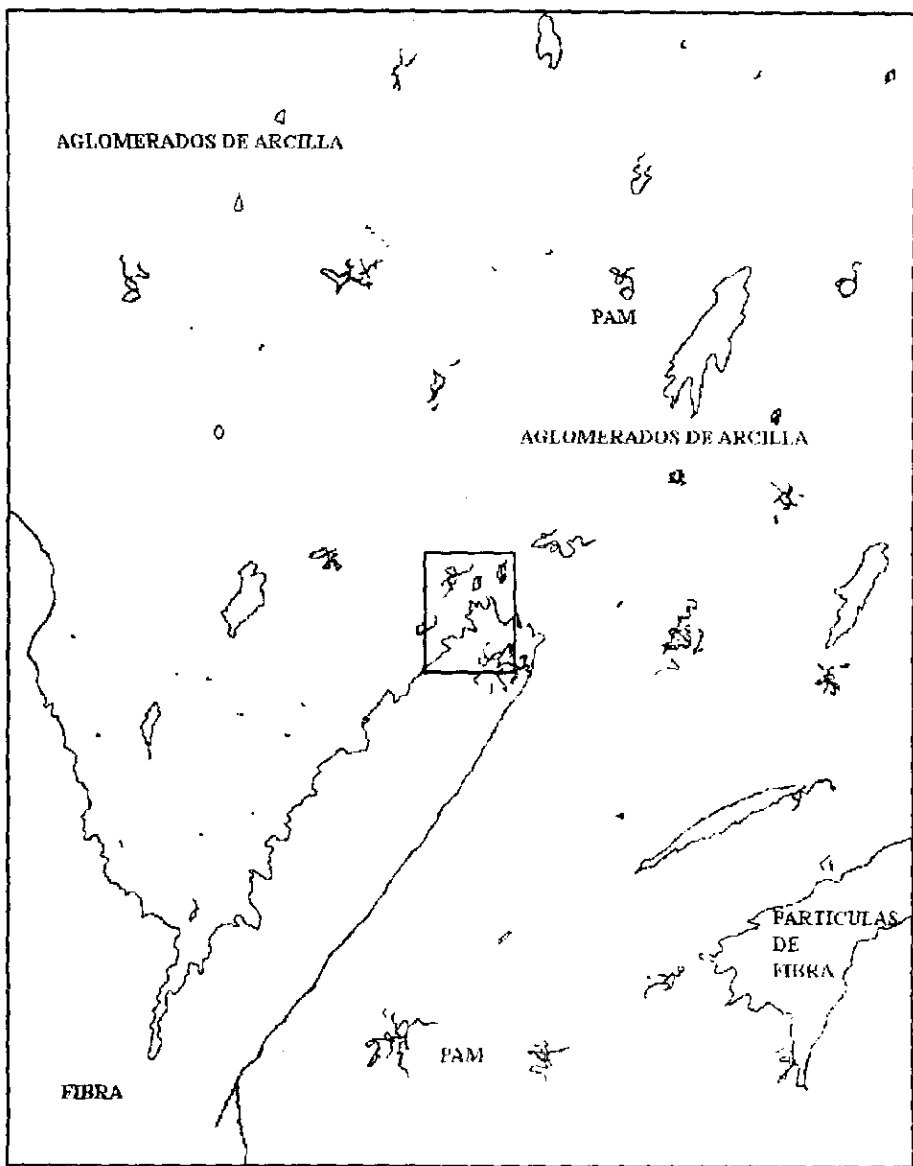


FIGURA 2.2 ESCALA 0.1 MM.

una orilla de una fibra gigantesca con hoyos y rompimiento en la superficie. Una partícula única típica de caolín cubre 1:5 del campo de visión y aglomerados podrían llenar la pantalla. Mientras una partícula de caolín mide 2 μm , se encuentran partículas de un rango de 10 μm o hasta debajo de 0.5 μm .

Las moléculas poliméricas de alto peso molecular que ayudan a la retención, son invisibles debido a su escasez y cruzarán el espacio del campo de visión únicamente si están desenrolladas. Muchas de las cadenas poliméricas tendrán una configuración enrollada dependiendo de la fuerza iónica, de la composición y otros factores. La aglomeración de polímero también será común dependiendo del rango de tamaño de partículas.

Las moléculas de almidón catiónico serán también invisibles, pero las moléculas de amilopectina, la cual constituye la mayor parte del almidón, ocuparán un espacio del 5 % en el campo de visión en forma de una cadena ramificada. Algunas moléculas de almidón estarán colapsadas para variaciones de la calidad del cocimiento y de factores químicos.

Igualmente las partículas pequeñas en la composición tradicional de la pasta son visibles a esta escala. En esta, la molécula esférica de pigmento de TiO_2 cubre alrededor del 2.5 % del campo de visión. Mucho de este es susceptible a la aglomeración. Otros recubrimientos y pigmentos serán de un tamaño aproximado entre el TiO_2 y las partículas de caolín. A esta escala uno de los más recientes aditivos es visible. La bentonita tiene una longitud de dimensión ligeramente mayor a la de una partícula de TiO_2 , cubriendo cerca del 3 % del campo de visión. De forma de placa, tiene una área superficial superior que la del TiO_2 , pero su principal función es la de proveer un poco de carga superficial.

Aumentando 10 veces más, el campo de visión será entonces de 0.001 mm (Fig. 2.4). Las micropartículas son apenas visibles a esta escala, así aumentaremos otras 10 veces (Fig. 2.5). Ahora el campo de visión cubre 0.0001 mm o 100 nm. A esta escala una partícula de caolín es 20 veces mayor que la pantalla. La fibra es ahora observada a un nivel de microfibrilas. Moléculas de almidón cruzan el campo de visión, y la partícula de TiO_2 cruza en una esquina de la pantalla. Al final una molécula de poliacrilamida (PAM) cruza todo el rango de visión y una nueva partícula, la micropartícula, es visible.

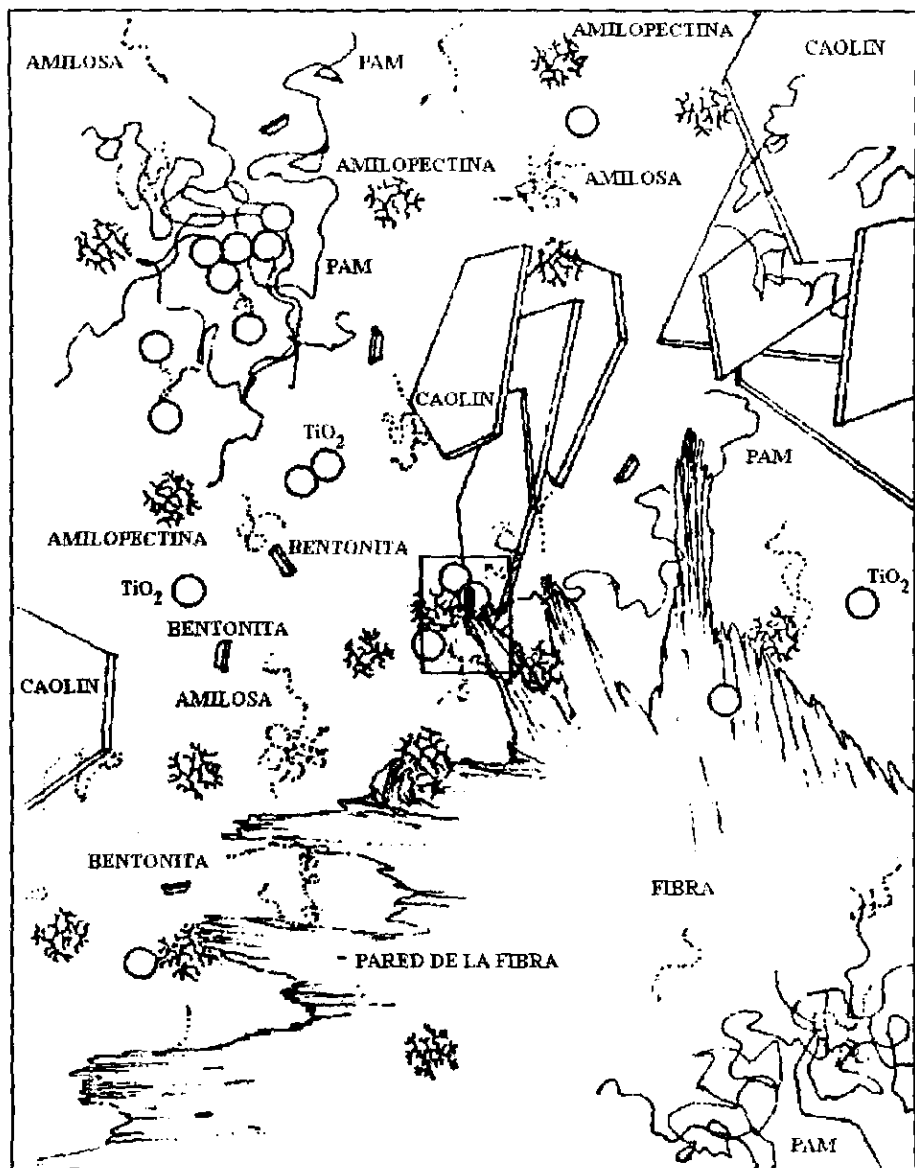


FIGURA 2.3 ESCALA 0.01 MM.

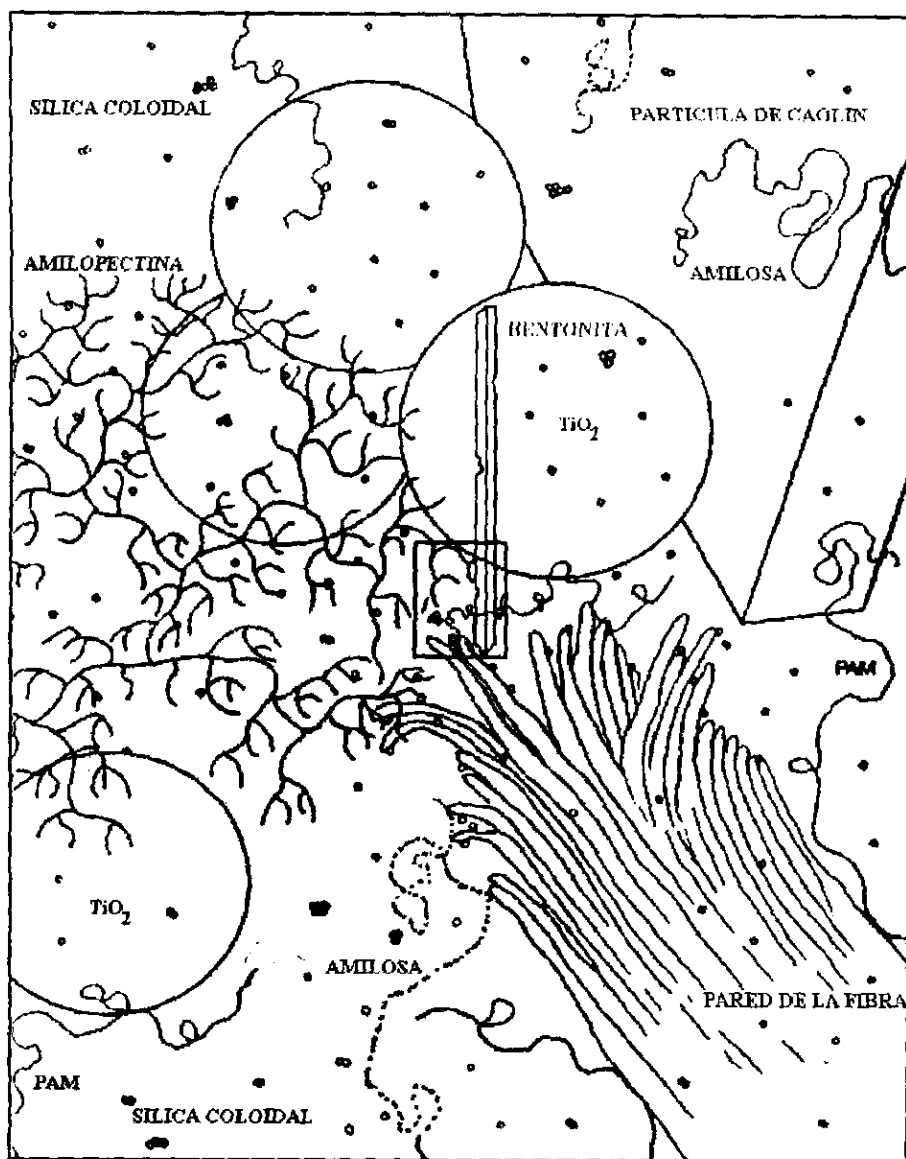


FIGURA 2.4 ESCALA 0.001 M.M.

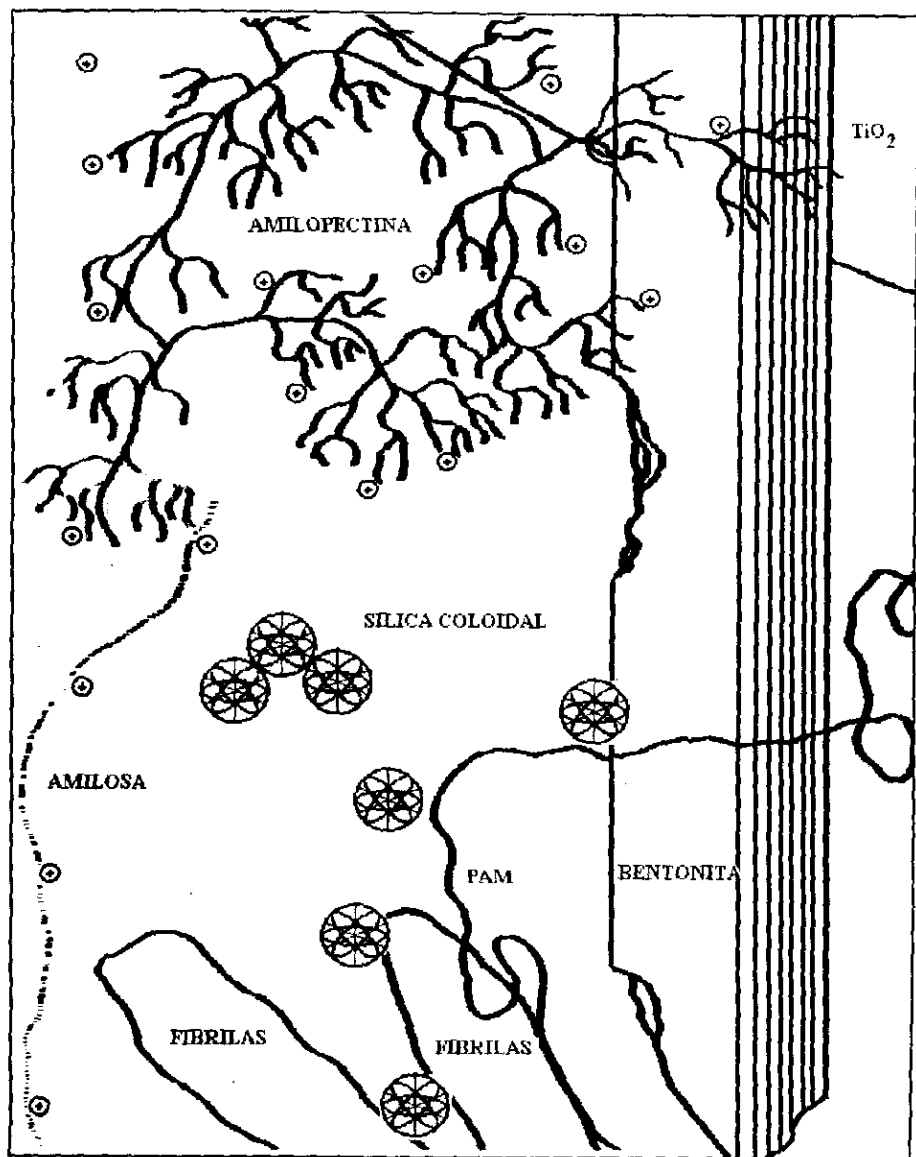


FIGURA 2.5 ESCALA 0.0001 M.M.

La micropartícula, es una partícula de sílica coloidal que ocupa el 5 % del campo de visión. Otra vez, una variedad de tamaños de la partícula estarán presentes, así como algunas aglomeraciones. Esta partícula es mucho más pequeña como para estar ligeramente esparcida. Su función es promover la neutralización de carga en una escala más pequeña. La partícula de sílica coloidal es lo bastante pequeña como para tener acceso a toda el área superficial expuesta en esta escala. Es claramente mucho más pequeña que algunas otras partículas adicionadas al sistema. Ahí, son mucho más partículas por unidad de volumen, y por lo tanto con mayor grado de libertad por unidad de carga.

Esta escala también provee de una buena vista a la partícula de bentonita. La longitud de una sola placa es tres veces mayor que el campo de visión. De cualquier modo, una placa es muy delgada (1 % del campo). En el sistema de pasta, la bentonita consiste de varias placas, como se ilustra en la figura. La partícula es lo bastante larga comparada con las partículas pequeñas en el sistema, pero no puede puntear como lo hace un polímero.

Este viaje provee de una visión de grandes diferencias en tamaño y forma de varios componentes de la pasta. Estas principales diferencias producen variaciones fundamentales en el mecanismo del sistema para llevar a cabo una buena retención.

Las moléculas con filamentos de los polímeros y almidones se encuentran entre el tamaño de carga y pigmentos. La estructura de la placa de la bentonita debe presentar un diferente mecanismo que el que presentan los polímeros, aunque la dimensión está aún dentro del rango de pequeñas partículas de pigmentos. La sílica coloidal, por su tamaño compacto, se comporta diferente que los filamentos de los polímeros. Estas dos o tres clases de tamaño, son dos veces más pequeñas que las típicas de la carga y pigmentos y con tamaño cinco veces más pequeño que la fibra típica.

El tamaño promedio de los diferentes componentes de la pasta, son resumidos en la Tabla 2.3. Cada uno de estos materiales presenta una considerable variación en el tamaño de partícula y en su peso molecular. Hay desacuerdo en algunos de estos valores, especialmente para polímeros naturales, tales como el almidón. La tabla intenta capturar los valores típicos.

TABLA 2.3

TAMAÑO PROMEDIO DE INGREDIENTES.

	LONGITUD (M)	PARTICULA/LITRO
FIBRA	0.001	2.5×10^6
CAOLIN	0.00002	9×10^{11}
PAM	0.000017	3.6×10^{14}
BENTONITA	0.0000003	4×10^{13}
ALMIDÓN CATIONICO (PAPA)		
AMILOSA	0.0000005	7.1×10^{13}
AMLOPECTINA	0.0000015	1.2×10^{16}
FINOS	0.000005	
SILICA COLOIDAL	5×10^{-9}	6×10^{16}

CONSISTENCIA : 0.6 %

CAOLIN: 15%

SILICA Y BENTONITA: 3 LB/TON EN LA COMPOSICION

ALMIDÓN: 16 LB/TON

PAM: 1 LB/TON

Las dimensiones de moléculas hidratadas y cargadas dependen del medio ambiente iónico. Concentraciones igualmente bajas de contraiones pueden causar que el polímero asuma un entorcamiento, aglomeraciones menores que una cadena extendida

El número de partículas por litro de solución en la caja de entrada puede ser calculada, basada en el uso de una proporción típica y una consistencia de la caja de entrada del 0.6 %. Estos son, por ejemplo, casi 400 mil partículas primarias de caolín por cada libra y cerca de 400 partículas de PAM por partícula de caolín (para un peso molecular bajo, la relación de PAM será alta).

Si observamos una fracción de almidón, hay encima de mil veces más moléculas de amilosa que amilopectina, a pesar de que la amilopectina representa el 80 % del almidón en peso. La razón de esto es observada en la columna "gramos por partícula". Para cada peso molecular bajo, la amilopectina es suplida por muchas partículas por unidad de peso.

Es interesante también para comparar el total de carga catiónica provista por almidón y polímeros. Si se asume un grado de sustitución (DS) de 0.04 para almidón y de 0.08 para el polímero, entonces podemos calcular el promedio de número de grupos de amonio cuaternario por litro, como en la Tabla 2.3. Para la adición de proporción establecida, el almidón provee tres veces más la cantidad de carga catiónica que la de polímero catiónico. Esto sugiere uno de los problemas fundamentales con sistemas de retención que usan tanto polímero catiónico como almidón catiónico. Si se adiciona niveles altos de almidón para unir, el sistema será sobrecargado ocasionando una baja retención. El gran número de pequeñas partículas catiónicas de amilosa son efectivas para neutralizar la carga aniónica superficial en partículas de carga y fibras, teniendo poco lugar para enlazar el polímero catiónico

2.3. MECANISMOS DE LA QUÍMICA DE LA SECCIÓN HÚMEDA.

Se emplean diferentes mecanismos para ayudar a mejorar la retención, drenado y floculación en el proceso de la fabricación de papel. Su uso puede dar altos índices de producción, mejor calidad del producto y uso más eficiente de fibras, cargas y aditivos. Los mecanismos más importantes son el dual, el de minipartículas y el de micropartículas

2.3.1. SISTEMA DUAL DE POLÍMEROS.

La explicación tradicional para retención con polímeros combina la neutralización de carga con unión a través de un mecanismo de puenteo. *Típicamente un polímero catiónico de bajo peso molecular de carga alta es adicionado primeramente, seguido de la adición de un floculante aniónico de alto peso molecular (Fig 2.6). El polímero catiónico se adsorbe sobre la superficie de la fibra y finos aniónicos, neutralizando la carga y proveyendo de lugares de adherencia para el floculante aniónico. El floculador produce un floculo voluminoso que será sensitivo al corte. La selección cuidadosa de los dos polímeros nos puede llevar a lograr el equilibrio entre la sensibilidad al corte y la sobrefloculación.*

Cuando se producen floculos duros en un sistema dual de polímeros se rompen por el corte, el polímero tiende a reordenarse en la superficie y no quedan cadenas largas disponibles para funcionar como puente de unión. Esta es una consecuencia inevitable de la naturaleza flexible de los polímeros empleados.

Es importante reconocer que la química de la sección húmeda de una máquina formadora de papel optimizada no es operada en equilibrio. Transcurren menos de cinco segundos entre la adición del polímero y la formación de la hoja. Durante este tiempo queremos que el polímero se una a la superficie y forme puente entre las partículas. El polímero será más efectivo si tiene el tiempo de adherirse a la superficie, pero no demasiado tiempo que pueda reconfigurarse totalmente sobre la superficie. Esto será como una "ventana de efectividad" que depende de la estructura del polímero, mezclado, concentración, y de todas las variables que afectan la cinética de la situación. Si esperamos al equilibrio, un polímero no será muy efectivo.

Por esta razón deben de estar claros los puntos de adición y secuencias de adición de los aditivos de la sección húmeda. Este estado de desequilibrio del sistema hace que se dificulte la simulación en el laboratorio. Las pruebas de laboratorio son lentas y un tanto inseguras, para la retención del polímero, lo mejor es desarrollarlo en la máquina. La experiencia es frecuentemente una guía más efectiva en cambiar las propiedades del polímero.

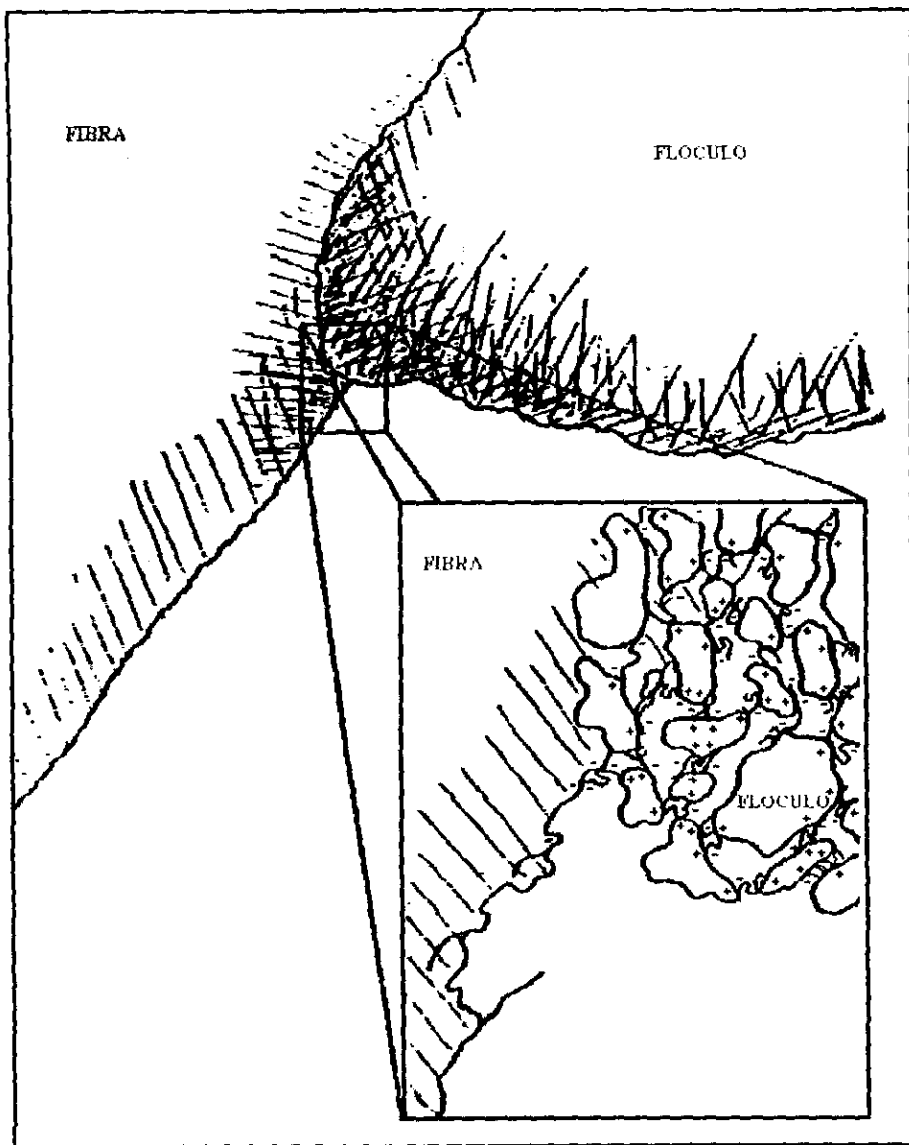


FIGURA 2.6 FORMACION DE FLOCULO CON POLIMERO D'AL.

El uso de almidón catiónico y un polímero aniónico puede ser también considerado como un sistema dual de polímeros. Aunque el almidón catiónico presenta el tamaño de partículas en el rango de un polímero catiónico, la densidad de la carga del almidón será mas baja.

Ya que los sistemas de polímeros provee de un tipo de puente en la floculación, el tamaño del floculo es frecuentemente grande, y la retención es llevada a cabo principalmente a través de la filtración de estos grandes floculos en la formación de la red de fibras. La Fig. 2.7 representa el tipo de estructura del floculo creada por un sistema dual de polímeros.

2.3.2. SISTEMA DE MINIPARTICULA.

El sistema de minipartícula reemplaza el polímero aniónico con bentonita aniónica. Un polímero de alta carga catiónica es adicionado justo al principio del sistema como en el sistema dual. La gran escala de floculación creada por el polímero catiónico es rota por cortes subsecuentes. El punto de adición preferente para adicionar el componente catiónico es antes de la bomba fan, para encontrar suficientes esfuerzos de corte. El corte dejara algunas aglomeraciones de carga y finos intactos, a la vez que tiene la intención de la neutralización de cargas por el polímero catiónico. Como en el sistema dual de polímero, la mayoría de estos se extienden a lo largo de la superficie. Este estado de mínima escala de aglomeración tiene el término de "supercoagulación".

La adición de la bentonita provee una neutralización de carga para permitir la aglomeración (Fig. 2.8). Ahí será 5-10 veces más partículas de polímero que partículas primarias de bentonita. Esta es la misma proporción de partículas aniónicas para catiónicas como con un sistema dual de polímero. La diferencia entre estos dos sistemas es que la bentonita es rígida, mientras que el polímero tradicional es flexible.

2.3.3. SISTEMA DE MICROPARTICULAS.

Al igual que en los sistemas duales de polímero y de minipartículas, el sistema de micropartículas inicia con la adición de un componente catiónico, en este caso almidón catiónico. Sin embargo, comparando con los otros sistemas son mucho mas partículas catiónicas en el sistema de micropartículas.

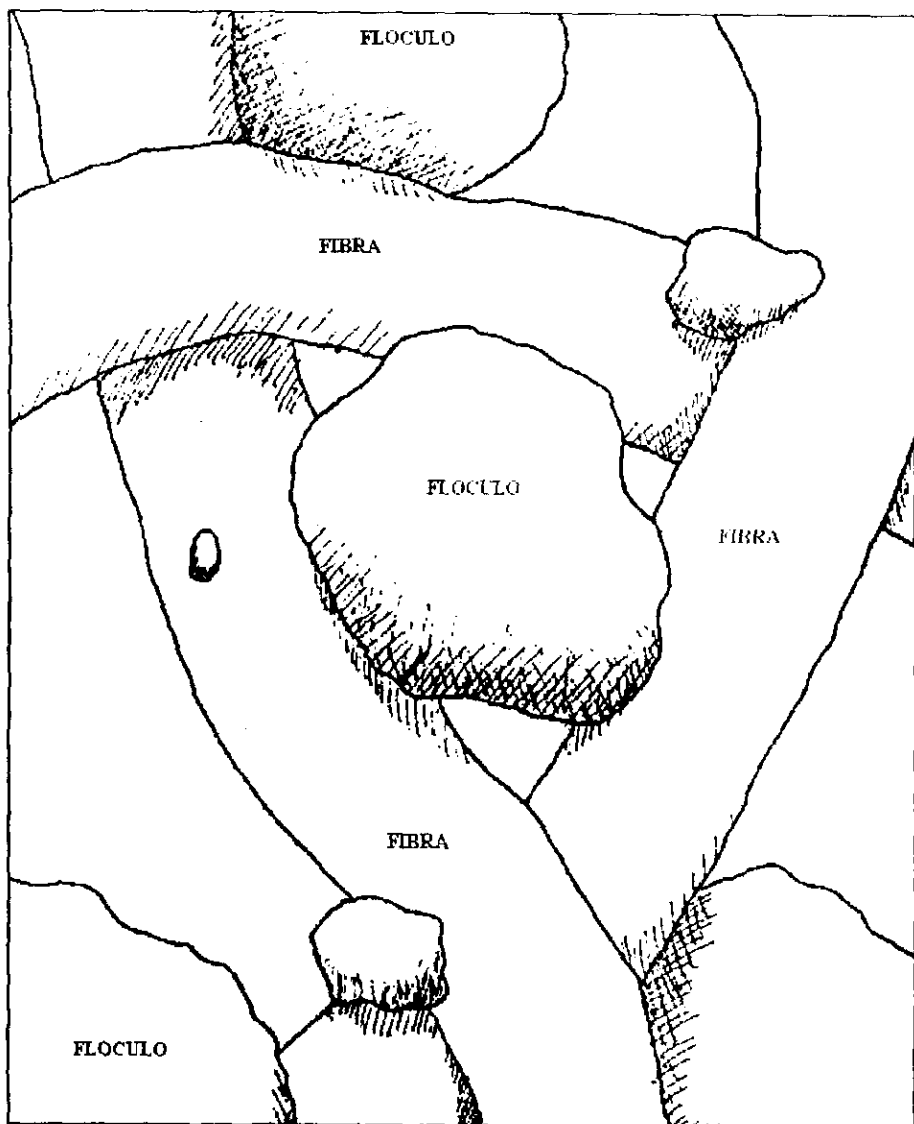


FIGURA 2.7 APARIENCIA DEL FLOCULO CON POLIMERO DUAL.

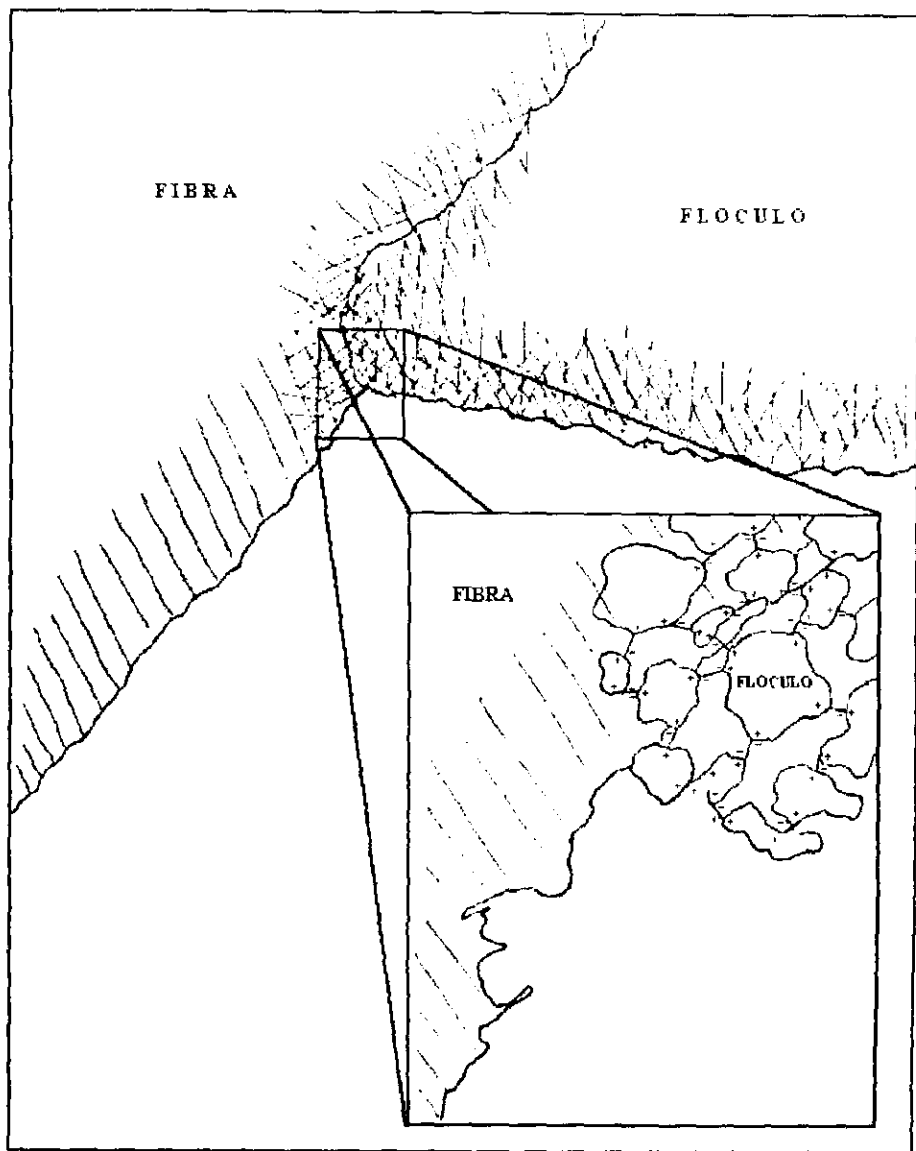


FIGURA 2.8 FORMACION DE FLOCULO CON MINIPARTICULA.

Mientras estas son 400 moléculas de polímero catiónico por partícula de carga en los otros sistemas, estos son más de 10000 moléculas de almidón por partícula de carga con el sistema de micropartículas. La mayoría de estas son moléculas pequeñas de amilosa. En resumen, son de 3 a 4 veces más sitios catiónicos provistos por el almidón que por la adición típica de polímeros. El gran número de pequeñas partículas con más espacios catiónicos permite una neutralización más completa y uniforme de carga superficial aniónica en partículas de carga y finas. Las pequeñas moléculas de almidón también tiene acceso a pequeños intersticios que serían inaccesibles a polímeros de cadena larga. Sin embargo, los floculos formados serán demasiado largos y sensitivos al corte, justo como el empleo del componente catiónico en un sistema dual de polímero. El emplear únicamente el componente catiónico no dará una adecuada retención.

El segundo paso es la adición de la sílica coloidal. Una proporción típica de adición será de 5 veces más partículas de sílica coloidal que moléculas de amilosa y de casi 1000 veces más partículas de sílica coloidal que moléculas de amilopeptina. Si comparamos los sistemas previos, habrá 1500 veces más partículas de sílica coloidal que de bentonita y también 200 veces más partículas de sílica que moléculas de polímero. El tamaño pequeño, gran número y alta carga de partículas de sílica coloidal permiten que colapsen los floculos en una fina y neutralizada estructura (Fig. 2.9). Estos pequeños aglomerados son entonces adsorbidos y retenidos a lo largo de la superficie de las fibras

Es obvio que alguna aglomeración de gran escala ocurrirá y alguna filtración de estos floculos ocurrirá, sin embargo, una gran fracción de la retención será por neutralización de cargas y adsorción de pequeños aglomerados que por puentes y filtración en la red fibrosa (Fig. 2.10). Este mecanismo tiene la ventaja de que al formar floculos pequeños que no tapan los poros de la red fibrosa mejorando el drenado.

Las fotomicrográficas muestran la diferencia en floculación entre el polímero dual y los mecanismos de micropartículas (Fig. 2.11). En la izquierda es una mezcla de fibra-carga sin el uso de químicos. En ella existe una pequeña floculación y la mayoría de la carga se encuentra en el líquido entre las fibras. En el centro el sistema dual de polímero presenta una floculación y grandes aglomerados que dominan el campo. Con el sistema de micropartícula (derecha), los aglomerados son pequeños y tienden más a ser orientados a lo largo de la superficie de la longitud de la fibra

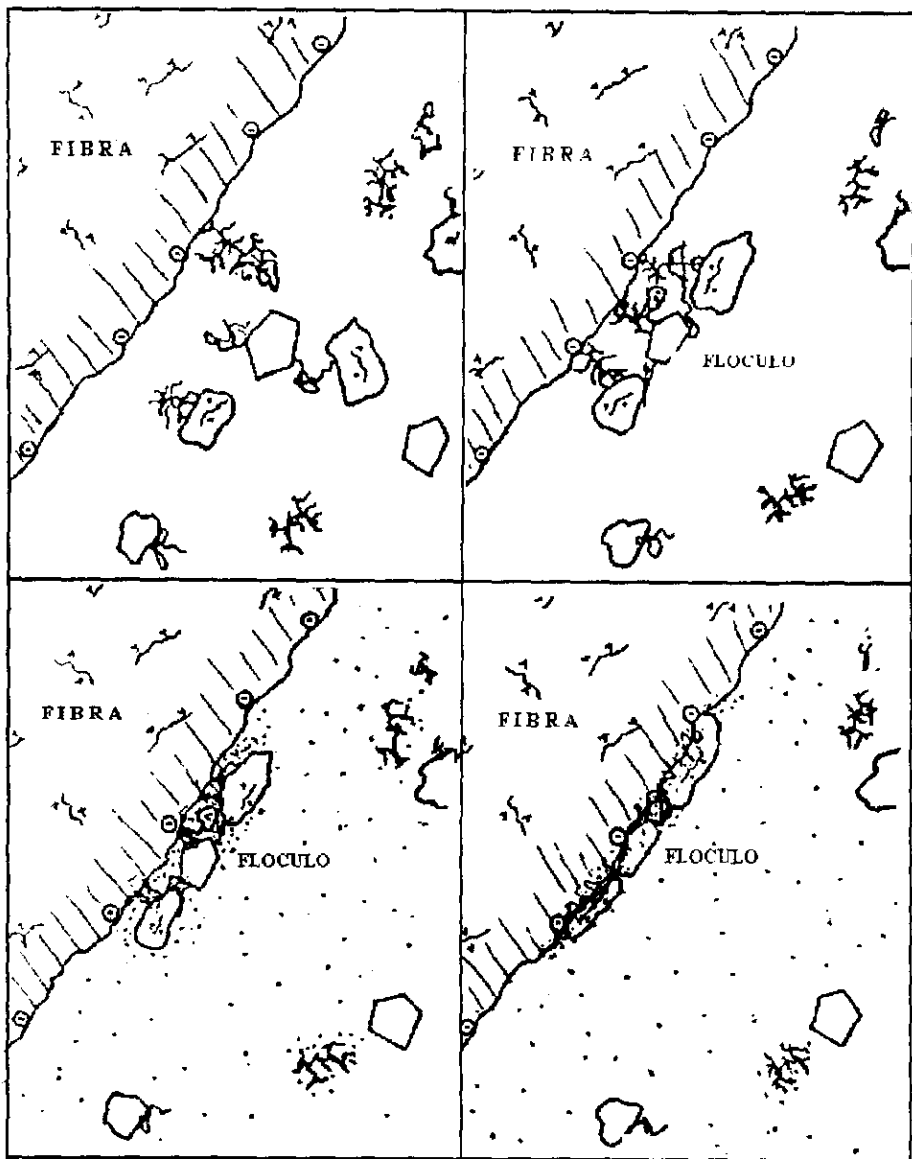


FIGURA 2.9 AGLOMERACION CON SISTEMA DE MICROPARTICULAS.

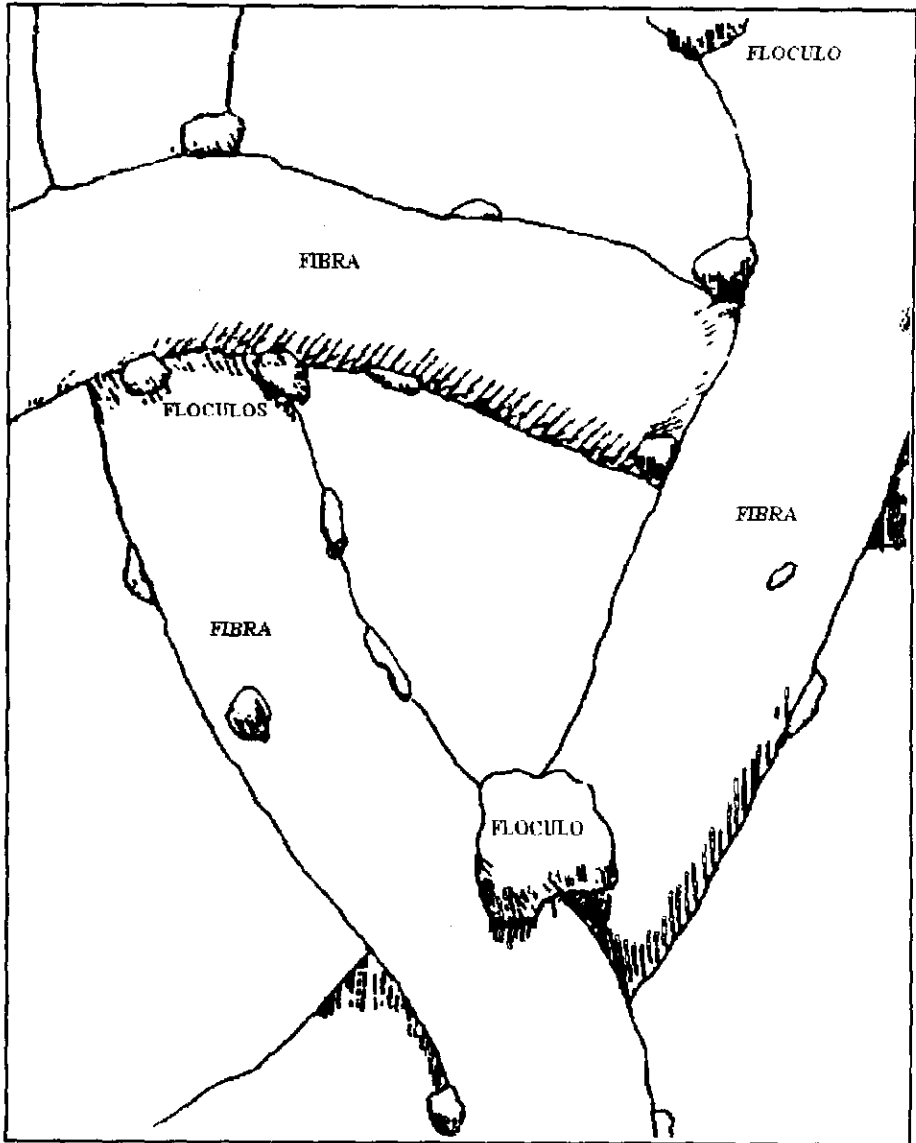


FIGURA 2.10 APARIENCIA DEL FLOCULO CON SISTEMA DE MICROPARTICULAS.



SIN QUIMICOS

SISTEMA DUAL

MICROPARTICULAS

FIGURA 2.11 MICROFOOTOGRAFIA DE FIBRA FLOCULADA.

2.4. FUENTES DE SUSTANCIAS PERTURBADORAS.

Las modernas técnicas de fabricación de papel emplean la mínima cantidad de agua fresca (sistemas cerrados donde se recircula el agua blanca de charolas conteniendo fibras y aditivos) y el empleo de gran cantidad de materias primas baratas, tales como el papel reciclado y cargas minerales. Al producir papel bajo estas circunstancias, el impacto negativo es tan fuerte que se hace necesario controlar las sustancias que interfieren.

El siguiente listado enumera a las sustancias más comúnmente encontradas:

A) AGUA.

La naturaleza de la fuente cambia si es superficial o profunda, si es de verano, otoño o invierno. Se ve que todas las aguas de las fábricas están más o menos contaminadas. A veces el efecto de tales contaminaciones es muy severo (dureza, sílice, alcalinidad, sólidos totales disueltos materia orgánica, etc.) son factores que pueden afectar el primer paso de la retención

B) MERMA.

La merma, es parte integral de la pasta de suministro y mientras pueda tener una calidad consistente es parte esencial de un papel fino. El porcentaje en el papel final varía significativamente.

Variando los niveles y calidades de merma se afectan muchas áreas del proceso de manufactura como la retención.

C) ENCOLADO.

Como el encolado en medio ácido y el de medio alcalino tienen sus propios problemas deben ser discutidos por separado:

a) Medio ácido (Resina-Alumbre).

Cualquier neutralización de pulpa o agua incrementa el nivel de electrolitos y afecta adversamente el agente de retención, lo que inestabiliza la retención.

Si se usa merma encolada en medio alcalino, para su utilización en medio ácido, generara sulfatos de calcio en charolas y tuberías y hasta en tapazones de fieltros. En estos casos, es necesario controlar cuidadosamente el pH con ácido sulfúrico y alumbre.

Aunque el encolante en emulsión este diseñado para no generar espuma, esta aparece en menor o mayor escala. Se emplea un desespumante o un antiespumante lo que cambia todo, a veces en detrimento de operación y retención y calidad de papel.

En medio ácido el rango de acidez total óptimo anda en la región de 150-250 ppm y la concentración de ion aluminio entre 15-25 ppm. Aquí se puede ver la importancia de controlar la acidez y la concentración del ion aluminio y no solamente el pH. *Neutralizar las mermas cubiertas con excesiva cantidad de alumbre es indeseable.*

b) Medio alcalino.

Aquí es muy importante el control iónico (más que en medio ácido). En sistemas "ASA" (anhídrido de alkenyl succínico), el nivel relativamente alto de almidón catiónico para emulsificación y retención puede ser benéfico y entonces bajo estas condiciones las poliacrilamidas aniónicas y catiónicas trabajan muy bien. *No obstante en sistemas "AKD" (dímero alkil ceteno), se emplean promotores catiónicos que empleados en exceso favorecen el empleo de la poliacrilamida aniónica.*

D) CARGAS.

Las hay disponibles de muchos tipos de muchas formas cristalinas, de muchos tamaños de partícula y todas afectan en forma diferente el balance de la química húmeda.

Los más comunes son caolín y carbonato en forma de polvo o slurry porque siempre son añadidos a la pasta en forma de dispersión. Esta dispersión contiene dispersante que es un producto aniónico natural o sintético. En vista de que las cargas se agregan en gran cantidad, el efecto de sus dispersantes será ampliamente significativo.

La experiencia nos dice que emplear cargas dispersas tiene una tendencia a reducir la retención. Hay dos explicaciones posibles a esto:

a) El dispersante aniónico en cantidad cambia el balance iónico e inhibe la acción de la ayuda de retención catiónica. Hay trabajos que muestran que añadir un polímero donador catiónico para neutralizar este efecto es benéfico, pero si se añade más de un agente de retención catiónico se puede revertir este problema.

b) El dispersar la carga a alto porcentaje de sólidos y alta velocidad crea un slurry con muy alto porcentaje de partículas muy finas y son las que no se retienen dando un primer paso de retención muy reducido (esto se ve mucho con el dióxido de titanio)

La carga generada por la merma cubierta, es todavía más difícil de retener, y a veces crea los peores problemas de inestabilidad. Estas mermas incorporan cargas y reactivos químicos que son asociados a muy bajas retenciones: dispersantes aniónicos, látexes aniónicos, almidones oxidados combinados con pigmentos y fibras molidas, ambas de tamaño de partícula muy fino. Hay fábricas que alteran sus flujos de mermas de 10 a 50 % o más, y se admiran de tener problemas de operatividad.

Merma cubierta conteniendo carbonato y puesta en la pasta de un sistema ácido tiene un enorme efecto detrimento en la química húmeda de la máquina y es sorprendente encontrar fábricas haciendo esto.

E) ALMIDÓN.

Procede de muy diversas fuentes, papa, maíz, trigo, etc. pudiendo ser aniónico, catiónico o anfotérico. No debe cambiarse el tipo y la carga y aún la dosis sin tener en cuenta la forma como afecta la química coloidal del sistema.

El almidón catiónico puede ser muy benéfico al papelero, pero puede crear problemas difíciles de controlar si cambia la carga resultante del sistema creando problemas de retención. Contaminar la pasta con almidón de prensa de encolado crea una suspensión muy estable de fibra y carga que afectan adversamente la retención.

F) RESINAS DE RESISTENCIA EN HUMEDO.

Resinas de resistencia húmeda con curado neutro son urea y melamina formaldehído y son catiónicas por naturaleza.

Se adicionan a niveles relativamente altos (1%) y dan al papel la resistencia requerida. Por su carácter catiónico, en exceso pueden cambiar el caracter del agente de retención necesario de catiónico a aniónico. (Cambian el potencial zeta de negativo a positivo cuando el uso es continuo). Luego entonces en cada cambio se genera nueva inestabilidad.

Generalmente hablando, los materiales catiónicos son beneficios a las operaciones de la química húmeda, pero si solo complementan a los otros químicos que están siendo usados hasta el balance de cargas.

G) COLORANTES

La mayoría de los colorantes no causan problemas, particularmente cuando los niveles de adición son solo como matizantes en mínimas cantidades, pero a gran cantidad sobre todo con fijadores, pueden cambiar la química de la máquina considerablemente.

Pigmentos altamente dispersados pueden crear el mismo problema de cargas dispersadas, pero es este caso el efecto es más visual.

Se puede observar variación de color cuando el sistema llega a saturarse con carga aniónica y la retención sufre una disminución, dando al papel dos caras y matiz incorrecto. Por otro lado, las ayudas de retención pueden dar un efecto adverso en el matiz de papeles con pigmentos como único medio colorante.

La floculación de partículas de pigmento afectan sus características de color. Fijadores altamente catiónicos tendrán efecto como resinas de curado neutro y la misma posibilidad de cambio de potencial zeta, etc.

II) ANTIESPUMANTES.

El antiespumante y el encolado presentan una situación muy especial ya que el encolante genera *espuma*, mientras que antiespumante rompe con el encolado. No es raro caer en el ciclo vicioso de *aumentar el consumo de antiespumante* (por existir mucha espuma en el sistema) y posteriormente *aumentar el consumo de encolante* (al hajar el encolado en el papel) aumentando la generación de espuma.

A veces deben usarse los antiespumantes pero primero deben analizarse la operación de bombas o tuberías en su diseño para no crearla.

I) BACTERICIDAS / DISPERSANTES.

Los bactericidas en si mismos no parecen tener efecto adverso en la química de la pasta, pero el dispersante empleado como parte del programa de control puede ser adverso. Si es catiónico, puede tener su propia clase de problemas. La dosis continua de no iónicos o aniónicos afecta la *retención*, que cae *drásticamente*. La adición en encolado neutro, puede ser muy benéfica particularmente si se esta consumiendo merma cubierta en forma continua en la pasta

J) PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA LIMPIEZA.

Cuando se hace limpieza (boil-out) al sistema, quedan materiales diluidos en bombas, limpiadores y tuberías horizontales, dando como resultado problemas severos de inestabilidad cuando la máquina inicia su operación.

CAPITULO 3

POTENCIAL ZETA.

El proceso de fabricación de papel, como se ha explicado en los capítulos anteriores, depende en gran parte de la interacción que tiene la fibra con los ingredientes cuando se forma la hoja. Un proceso ideal retendría toda la fibra (incluyendo finos), ingredientes (repartidos homogéneamente tanto a lo ancho de la hoja como entre caras) y una buena formación (sin floculos de fibra que afecten la apariencia del papel). Sin embargo, hasta hace algunos años el acercarse a este ideal era un arte por no contar con una herramienta que facilite el acercamiento al ideal (100 % de retención)

El potencial z es una técnica, basada en la teoría de la doble capa y en la electroforesis, con la cual se determina la carga del sistema y cuantifica (esencial para todo proceso que se desea mejorar) la distancia que existe con respecto al ideal, el cual es el valor de cero.

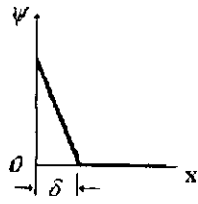
3.1. LA CAPA ELECTRICA DOBLE.

Todo sólido en contacto con un líquido, tiende a desarrollar una diferencia de potencial a través de la interfase entre los dos, formando así una doble capa. En esta situación se presentan diferentes estructuras. Suponiendo que la superficie sólida está cargada positivamente y que la solución electrolítica tiene una carga negativa igual. La primera posibilidad es que la carga negativa esta totalmente localizada en un plano a pequeña distancia δ respecto de la superficie sólida. La variación del potencial eléctrico ψ en la solución, como función de la distancia χ de la superficie sólida, se indica en la Fig. 3.1 (a). Esta capa doble fija se denomina capa doble de Helmholtz. Una segunda posibilidad es la formación de la capa

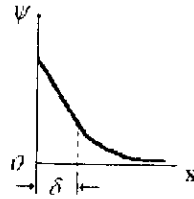
fija de carga negativa a la distancia δ , que no equilibre suficientemente la carga positiva del sólido, y una distribución difusa del resto de la carga negativa. La variación del potencial correspondiente a esta situación se indica en la Fig. 3.1 (b). La parte difusa de la capa se denomina capa de Gouy. Finalmente, la capa fija puede contener más carga negativa que la necesaria para balancear la carga positiva del sólido; en este caso, la capa difusa de Gouy está cargada positivamente, la distribución del potencial es como se indica en la Fig. 3.1 (c). Cualquier combinación de capas fija y difusa se denomina doble capa de Stern. Por último, la distribución de la carga en una solución puede ser completamente difusa, una capa "pura" de Gouy; la Fig. 3.1 (d) ilustra esta distribución de potencial. Si el sólido estuviese cargado negativamente se podrían presentar cuatro posibilidades adicionales análogas a estas.

La interacción entre la superficie sólida y los iones de la solución determina la estructura de la capa doble en una situación particular. Si los iones negativos no son adsorbidos específicamente en el sólido positivo, entonces la capa doble es totalmente difusa, como en la Fig. 3.1 (d). Si hay una leve adsorción específica de iones negativos, entonces algunos de ellos estarán localizados a la distancia δ (aproximadamente igual al diámetro molecular) y la situación es la indicada en la Fig. 3.1 (b). Si los iones negativos son adsorbidos fuertemente, entonces habrá muchos iones negativos localizados en el plano a la distancia δ ; la Fig. 3.1 (c) ilustra esta situación. Como la cantidad de adsorción en una superficie depende de la concentración del electrolito, es posible ajustar en algunos casos, su concentración de manera que adsorban iones negativos en cantidad suficiente para balancear la carga positiva en la superficie; así se puede producir la situación indicada en la Fig. 3.1 (a).

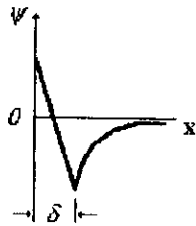
En el concepto original de la capa doble se consideraba que las cargas sobre la superficie estaban fijas y que las cargas neutralizantes en el líquido, junto con éste, eran móviles. Sin embargo, consideraciones más recientes indican que la capa es más difusa en carácter y se extiende en el líquido en la forma ilustrada en la Fig. 3.2 (b). Aquí las cargas que aparecen inmediatamente adyacentes a la superficie lo están sobre ella, con algunas de las cargas neutralizantes en una capa de líquido estacionario adherido a la superficie. Las cargas remanentes quedan distribuidas en el electrolito adyacente, en forma de una atmósfera difusa y móvil. Según este concepto, la diferencia de potencial entre la superficie y el líquido tiene lugar en dos partes: (a) entre la superficie y la capa estacionaria y (b) entre esta capa y el cuerpo de la solución. Este último, conocido como potencial electrocinético o zeta, es responsable de



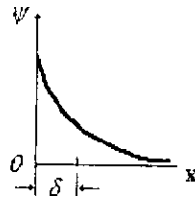
(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURA 3.1 VARIACION DE POTENCIAL EN DIFERENTES TIPOS DE CAPAS DOBLES.

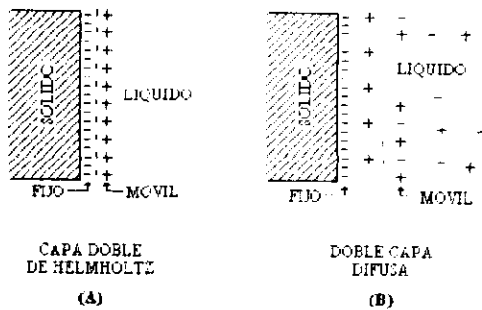


FIGURA 3.2 DIFERENTES TIPOS DE CAPAS DOBLES.

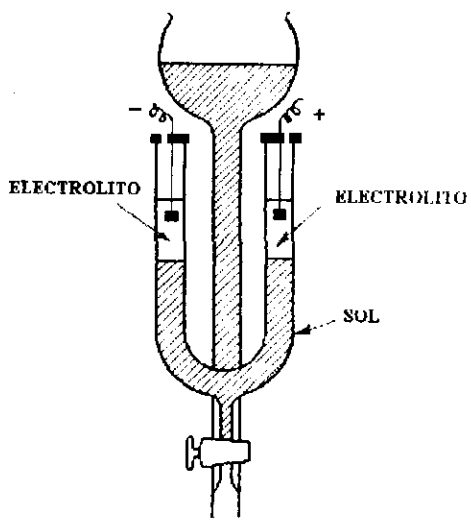


FIGURA 3.3 TUBO DE BURTON PARA ELECTROFORESIS.

varias propiedades eléctricas no estáticas de las interfaces sólido-líquido, y de los efectos eléctricos observados en los coloides.

Como las dispersiones de los sólidos en los líquidos producen interfaces sólido-líquido, debe establecerse una capa doble difusa en la superficie de la partícula y, por lo tanto, un potencial zeta. Además, la adsorción selectiva de los iones debe producir una carga eléctrica sobre las partículas, es decir, que tanto éstas como el medio quedan cargados eléctricamente, aunque con signo contrario y, por tanto, deben reaccionar ante un campo eléctrico que se aplique y migran en direcciones opuestas y es lo que realmente sucede. Cuando las condiciones experimentales permiten la migración de la fase dispersa, pero no la del medio, se tiene el fenómeno de electroforesis. Por el contrario, cuando se impide la migración de la fase dispersa mas no la del medio, se obtiene la electrosmosis.

3.2. ELECTROFORESIS.

La migración de partículas coloidales cargadas eléctricamente, bajo un potencial eléctrico aplicado, se llama electroforesis. Este efecto puede observarse fácilmente en el aparato mostrado en la Fig. 3.3 llamado tubo Burton. Este aparato consta de un tubo en U provisto de una llave de drenaje y un embudo para llenar, también con su llave (no mostrada), unida a la parte posterior del tubo. Se coloca una solución de un electrólito adecuado de menor densidad que el de la dispersión coloidal, dentro del tubo, y luego se introduce la dispersión por el embudo para desplazar el electrólito hacia arriba y producir interfaces en ambas ramas. Entonces se instalan los electrodos y se conectan a una batería de alto voltaje. Cuando las partículas coloidales están cargadas negativamente, se observa que el nivel de la dispersión desciende gradualmente del lado del electrodo negativo y sube simultáneamente por el lado contrario, o sea que las partículas negativas se mueven hacia el electrodo positivo. Si por el contrario, aquéllas están cargadas positivamente, tiene lugar un proceso inverso. En el llamado punto isoeléctrico, las partículas no están cargadas y no migran en el campo eléctrico.

La electroforesis puede utilizarse también en las mediciones cuantitativas de la velocidad de migración de las partículas del coloide. Si se determina el tiempo necesario para que las partículas emigren una cierta distancia, bajo una diferencia de potencial aplicada en una longitud de trayectoria

dada, se calcula la movilidad electroforética, o sea la velocidad en centímetros por segundo bajo una diferencia de potencial de 1 voltio por centímetro (cm seg.) (voltio/cm).

3.3. EL EQUIPO PARA MEDIR POTENCIAL Z.

Existen en el mercado gran variedad de modelos para la determinación del potencial z pudiendo variar de acuerdo al modelo, aplicación del equipo (si es para laboratorio o si es para instalarlo en una tubería) y o accesorios para automatizar la determinación. Para el presente trabajo se contaba con un equipo para laboratorio, que se puede observar en la Fig. 3-4, que consta de los siguientes elementos:

1) Un microscopio.

La característica principal del microscopio es la de observar el movimiento de las partículas en una área cuadrículada para poder determinar la velocidad de las mismas.

2) Una celda.

La muestra en la determinación se encuentra en una celda de vidrio plana, delgada y de dimensiones conocidas.

3) Dos electrodos de cobre donde se suministra la corriente

4) Dos electrodos de platino que miden la caída de voltaje, y

5) Un centro de control.

El cual está equipado entre otras cosas de un switch que invierte la polaridad y de un timer.

3.4. DETERMINACION DEL POTENCIAL Z.

Antes de empezar con el procedimiento para la determinación del potencial zeta que a continuación se describe es necesario verificar que se encuentra limpia la celda y se encuentra calibrado el

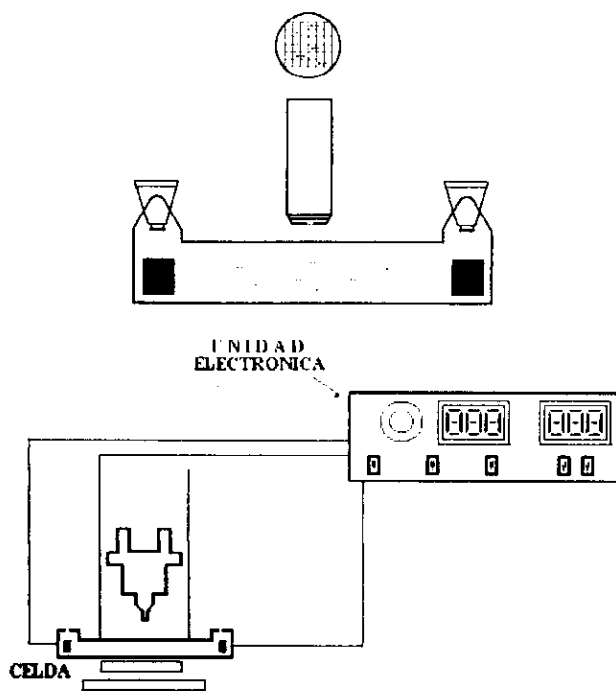


FIGURA 3.4 EQUIPO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL ZETA.



FIGURA 3.5 LOCALIZACION DEL PLANO ESTACIONARIO EN LA CELDA.

microscopio en el plano estacionario. Este último punto es de gran importancia y es recomendable checarlo frecuentemente ya que el movimiento de las partículas en la celda de vidrio no solo están influenciadas por la electroforesis sino también por la electrosmosis y es en el plano estacionario donde los efectos de la electrosmosis no afectan la lectura como se observa en la Fig. 3.5. El procedimiento para la localización del plano estacionario se encuentra en el siguiente punto donde se habla de las recomendaciones para usar el equipo.

El procedimiento para la determinación del potencial z consta de los siguientes pasos:

1) La muestra a valorar se debe de encontrar sin floculos grandes ni partículas que precipiten que puedan causar lecturas erróneas. Las posibles formas de evitar este problema es el de filtrar la muestra (con malla 100) y/o decantarla de tal forma que solo existan partículas pequeñas y en buena cantidad.

2) Se permite fluir dos o mas vasos de muestra a través de la celda tratando de no dejar burbujas en su interior.

3) Se mueven las válvulas de manera que quede abierto el circuito hacia los electrodos de cobre

4) Verificar que el voltaje del electrodo de cobre sea de 152 y el de platino 54 ± 5 .

5) Teniendo el control con la lectura en el electrodo de platino en volts y en la polaridad normal observar el movimiento de las partículas en el microscopio (observar las mas brillantes y mejor enfocadas).

6) Empleando el timer y la parrilla grabada en el objetivo determinar el tiempo que tardan las partículas en recorrer 5 divisiones (puede seleccionar 2, 3 ó 5 partículas pero la distancia recorrida total debe ser 5 divisiones).

7) Repetir el paso anterior pero con la polaridad invertida (esto es para cancelar cualquier error debido a derrames de celda, corrientes de convección, etc.) acumulando los tiempos.

8) Tomar la lectura del tiempo y la carga de la muestra según la siguiente tabla.

POSICION DEL SWITCH	MOVIMIENTO DE LAS PARTICULAS	CARGA
NORMAL	IZQUIERDA	(-) ANIÓN
NORMAL	DERECHA	(+) CATION
REVERSA	IZQUIERDA	(+) CATION
REVERSA	DERECHA	(-) ANION

9) Permitir pasar un poco mas de muestra y se repetir la prueba. Si las lecturas de tiempo varían $\pm 10\%$ termina la determinación, de lo contrario se determina una tercera o se repite todo el procedimiento.

10) Calcular la movilidad electroforética de la siguiente forma:

$$M.E. = \frac{\text{distancia} \cdot \text{tiempo}}{\text{voltaje} \cdot \text{long. celda}}$$

donde:

$$M.E. = (\text{cm/s})/(\text{v/cm})$$

$$\text{Distancia} = 10 \text{ divisiones} = 1000 \text{ micrómetros} = 0.1 \text{ cm}$$

$$\text{Tiempo} = \text{segundos}$$

$$\text{Voltaje} = \text{empleado en la determinación} = \text{típico 54 volts}$$

$$\text{Longitud de la celda} = 3.8 \text{ cm}$$

11) Se calcula el potencial z de la siguiente forma

$$\text{potencial } z = M.E. \left(\frac{4\pi\eta}{\mu} \right)$$

donde:

$$PZ = \text{milivolts}$$

$$M.E. = \text{movilidad electroforética (cm/segundo)} \cdot (\text{volts cm})$$

$$\pi = 3.1416$$

$$\eta = \text{viscosidad del disolvente en poises.}$$

$$\mu = \text{constante dieléctrica del disolvente}$$

3.4.1. RECOMENDACIONES AL EMPLEAR EL EQUIPO.

A continuación se enlistan algunos de los tips mas importantes para obtener lecturas confiables que ayuden a optimizar el sistema.

1) La celda de vidrio eventualmente se ensucia y queda cubierta por dentro con residuos que afectan su transparencia, limpiarla ocasionalmente con solución crómica, no dejarla más de 5 min. para que no ataque las partes plásticas del sistema, y enjuague con bastante agua.

2) Observar se existe cualquier burbuja visible dentro de la celda, válvulas o tubo. En caso afirmativo permita que fluya mas agua para eliminarlas. Si las burbujas no se desalojan emplear alcohol en el vaso con el fin de disminuir la tensión superficial y remover las burbujas. El alcohol debe ser eliminado con flujo abundante de agua.

3) Para localizar el plano estacionario proceder de la siguiente forma:

a) Verificar que la celda se encuentra llena de agua limpia.

b) Humedecer ligeramente con el dedo la superficie superior externa de la celda. Esto dejara ligeras rayitas sobre la celda que son fácilmente visibles en el campo obscuro de la iluminación. Mover cuidadosamente el ajuste burdo para enfocar estas rayas finas.

c) Mover la perilla de ajuste burdo hasta localizar la parte superior interna y la inferior interna de la celda.

d) Girar la perilla de enfoque fino al revés de las manecillas del reloj hasta cero.

e) Cuidadosamente enfocar la superficie superior inferior de la celda utilizando la perilla de ajuste burdo.

f) Girar la perilla de ajuste de enfoque hasta que el microscopio este enfocado sobre la superficie interior inferior de la celda. Contar las vueltas que se necesitaron para conseguir esto.

g) El plano estacionario superior se encuentra al 20 % de la distancia entre las superficies.

4) Fluidos conteniendo fibras y polimeros fuertemente catiónicos o aniónicos deberán tomarse las lecturas a no más de 10 minutos después de que la muestra fue tomada ya que su carga varia con el tiempo.

5) Con la celda apagada y con la muestra en la celda no deberá haber movimiento de partículas. En caso contrario puede existir una fuga o flujo convectivo que debe de solucionarse antes de realizar las lecturas.

6) Cuando se realice la medición emplear siempre el mismo número de partículas en cada dirección.

7) Después de cada determinación es importante enjuagar bien la celda con agua y purgarla bien antes de tomar la siguiente lectura.

8) Cuando las partículas tengan la carga muy cercana a cero, el tiempo puede ser excesivo, medir un número menor de divisiones y multiplicar por el factor apropiado para obtener las 10 divisiones.

3.5. COMO SE MODIFICA EL POTENCIAL Z.

El potencial zeta de un sistema de manufactura de papel depende de un gran número de variables que incluyen:

- a) Tipo de fibra,
- b) pH
- c) Tipo de carga
- d) Adición y tipo de polímero
- e) Aditivos de parte húmeda (antiespumantes, microbicidas, encolante, almidón).
- f) Calidad del agua.

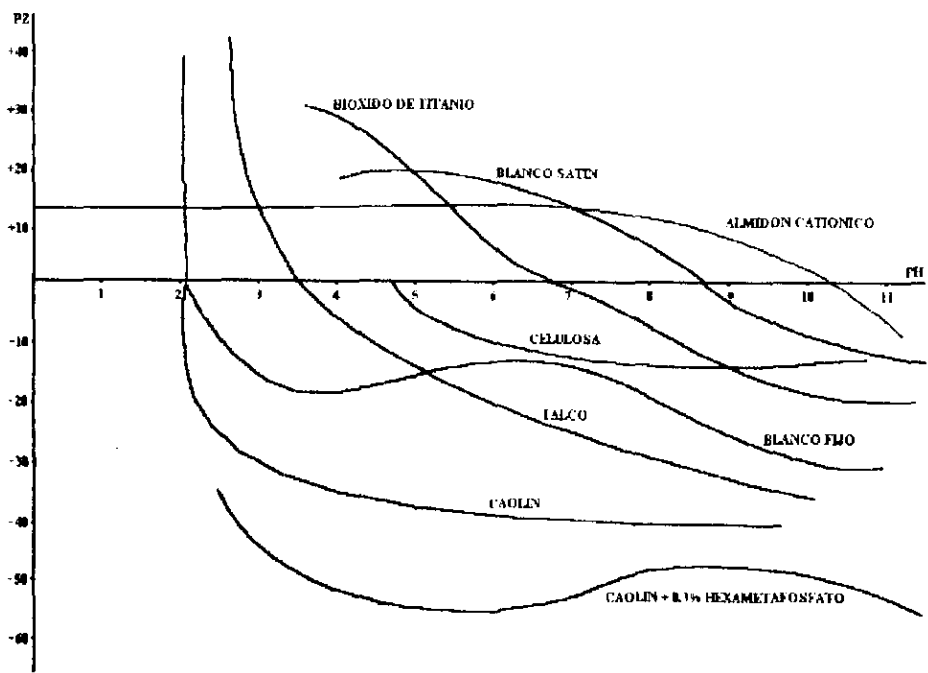


FIGURA 3.6 VARIACION DEL POTENCIAL Z CONTRA PH DE ALGUNOS INGREDIENTES.

puesto que son productos específicos para cada fábrica de papel, es necesario entender que cada uno lo afecta en forma diferente cualitativa y cuantitativamente. La experiencia nos indica que el valor "ideal" de cero no es necesario alcanzarlo ya que las mejores retenciones de una máquina formadora se pueden alcanzar entre el rango de ± 3 .

En la Fig. 3.6 se pueden apreciar los valores de potencial z de algunos de los ingredientes que se emplean en la manufactura del papel. Es importante señalar que esta figura nos muestra el orden de magnitud ya que los valores de potencial z dependen de las condiciones a las que se valore, por ejemplo tipo de celulosa, tamaño de partícula y dispersión en el caso de caolin, etc.

3.6. OTRAS TECNICAS.

Existen otras formas de valorar la química coloidal de la sección húmeda de una máquina formadora de papel. A continuación y en forma muy breve se describe la CTR y el MUTEK.

La CTR o titulación coloidal consiste en titular la muestra con dos polímeros, uno aniónico y otro catiónico, para cuantificar las demandas aniónicas y catiónicas de la superficie de los sólidos del sistema. Estas demandas se expresan como una relación que indica la carga neta del sistema. En este método se mide la carga total del sistema:

$$CTR = 0 \quad \text{dem. aniónica} / \text{dem. catiónica}$$

$$CTR > 1 \quad \text{Sistema catiónico}$$

$$CTR < 1 \quad \text{Sistema aniónico}$$

$$CTR = 1 \quad \text{Sistema Neutro}$$

El inconveniente que tiene la CTR es el alto costo de los polímeros y el tiempo que tarda cada determinación.

El MUTEK es una titulación polielectrolítica en la que los iones de carga contraria son neutralizados adicionando polimeros formando un compuesto complejo. Esta titulación se realiza con un moderno equipo de alto costo que incluso grafica la informacion.

CAPITULO 4.

EXPERIMENTACION.

El empleo del potencial zeta para el control de la química de la sección húmeda es reconocido en muchas fabricas de papel, sin embargo el correcto aprovechamiento de sus ventajas depende de una correcta determinación, de la interpretación de los datos y de las modificaciones que se realicen al sistema con esta información. La falta o incorrecta aplicación de uno de estos tres puntos trae consigo más problemas que soluciones.

4.1. ANTECEDENTES.

La Planta donde se realizaron las pruebas cuenta con 3 máquinas formadoras encargadas de producir papel para el segmento de impresión y escritura. Las características que existían se encuentran en la tabla 4.1.

El problema principal radica en las bajas retenciones que provocan mayor aumento en el consumo de ingredientes, problemas de calidad, baja producción, etc. En esos momentos se contaba con un equipo de potencial z y un año de experiencia en su manejo, pero los intentos por mejorar la retención empleando la información generada no producía beneficio, si no al contrario al aplicar las modificaciones se producía mayor inestabilidad, y por ende, mayor desconfianza en el uso del equipo

Tabla 4.1

CARACTERISTICA	MAQUINA		
No.	XII	XIII	XIV
TIPO	FOURDRINIER	TELAS GEMELAS	FOURDRINIER
GRAMAJE DE PAPELES	30 A 75 GR/M2	58 A 105 GR/M2	105 A 240 GR/M2
RETENCIÓN P.P. PROMEDIO	75 %	55 %	87 %
ENCOLANTE	14 KG/TON	17 KG/TON	10 KG/TON
ALMIDON CATIONICO	10 KG/TON	14 KG/TON	8 KG/TON
AGENTE DE RETENCIÓN	1.2 KG/TON	2.8 KG/TON	1.0 KG/TON
POTENCIAL Z VALOR "IDEAL" A PH = 7.5	-9	-10	-8
CENIZAS	0 A 25 %	5 A 25 %	5 A 37 %

Ante tal desequilibrio de no saber como llegar a las mejores retenciones se empezó a modificar la dosificación de ingredientes, a añadir productos nuevos y cambiar los puntos de dosificación por ensayo y error. Por esta razón el problema crecía ya que proveedores de productos químicos e incluso expertos en la química de la sección húmeda proponían modificaciones que funcionaban en otras plantas pero que en está no rendían los frutos que se esperaban de ellas. Esta situación más que acercarse a la solución degeneraba en un caos.

Otro punto importante es la inversión que realizó la planta en pagar una celda nueva para el equipo de potencial z con un valor de 1200 dólares, costo que no se recuperaba al no poder controlar la situación con el empleo del equipo.

Ante tales circunstancias la gerencia de planta decidió atacar el problema desde dos puntos: el primero era juntar a los diferentes proveedores de productos involucrados (almidón catiónico, agente de retención, encolante, carbonato etc.) para que propusieran mejoras para bajar el consumo de sus ingredientes y el segundo era mejorar el sistema de medición de la química de la sección húmeda, que es el tema de la presente tesis.

4.2. EXPERIMENTACION.

Para asegurar que las mediciones de potencial z fueran confiables, bien interpretadas y fueran un apoyo real para estabilizar y mejorar el sistema, se decidió atacarlo desde dos puntos que son: revalorizar el procedimiento de determinación de potencial z y evaluar el posible impacto de los principales ingredientes que se consumen en la sección húmeda.

4.2.1. DETERMINACION DEL POTENCIAL Z.

Para obtener lecturas confiables se empezó a realizar auditorias a los analistas para verificar que las mediciones se realizaran según el procedimiento y con el equipo en correcto estado (limpieza, plano estacionario, electrodos, etc.). Al realizar estas se encontró que los analistas no filtraban la muestra no solo como lo indicaba el procedimiento sino que cada uno lo hacia de forma diferente, además el equipo

no se encontraba en el plano estacionario y la celda se encontraba con residuos de carbonato. Al investigar sobre las fallas sobresalieron los siguientes puntos.

- a) Falta de capacitación, uno de los analistas era de nuevo ingreso
- b) Medio filtrante inadecuado. Al realizar la filtración, como lo indica el método, en muestras de baja retención y de alto contenido de cenizas no se retenía el carbonato precipitándose después en la celda.
- c) Falta de motivación al personal. Por el alto costo de la celda no se atrevían a realizar la limpieza de la celda por miedo a romperla.
- d) Hábitos de trabajo inadecuados. Una vez que se encontraba el plano estacionario pasaban semanas para que alguien verificara si realmente el equipo continuara en este plano, que rara vez ocurría.

Para solucionar estos problemas se realizó una limpieza completa al equipo y se procedió a realizar experimentos con muestras de bajo, medio y alto contenido de cenizas (papeles de 15, 25 y 37 % de ceniza) con diferentes medios filtrantes (mallas 100, 150 y 200) y con combinaciones de filtración y sedimentación. El objetivo de estos experimentos era obtener una muestra sin partículas que se precipiten pero que se observaran con nitidez y en buen número en el microscopio. Los resultados se aprecian en la tabla 4.2.

Después de encontrar el procedimiento de filtración adecuado se actualizó el procedimiento de determinación (Figura 4.1), se capacita al personal eliminándose las diferencias entre los analistas y se implanta un programa para realizar auditorías una vez a la semana para asegurar la confianza en los datos.

4.2.2. IMPACTO DE LOS PRINCIPALES INGREDIENTES.

Para poder ajustar las dosificaciones de los ingredientes para controlar la química de la sección húmeda primero se determinó el potencial z de los principales ingredientes en línea (agente de retención,



**CALIDAD
EN TODO**

**CRISOBA INDUSTRIAL, S.A. DE
C.V. - PLANTA SAN RAFAEL**

**SISTEMA INTEGRAL DE
CALIDAD
INSTRUCCION**

No. de instrucción

Fecha de vigencia:

Abril -1997

Fecha última revisión

Abril - 1997

pagina

1 de 2

DEPARTAMENTO:

Ingeniería de Proceso

INSTRUCCION:

Determinación del potencial "z"

RESPONSABLE:

Ingeniero de Operación

De actualización y cambios

Elaboró
Ing. Oswin F. Juárez
Gutiérrez

Revisó
Ing. Octaviano Aguilar
Gutiérrez
Jefe Inmediato

VoBo
Ing. José Rodríguez Lomeli
Gerente de Área

Autorizó
Ing. Arturo Tena García
Gerente de Planta

OBJETIVO:

Determinar el potencial z

ALCANCE:

Pasta de cajas de entrada de las máquinas formadoras de papel

EQUIPO DE SEGURIDAD:

HERRAMIENTA:

Malla 150, equipo de potencial z y vasos de precipitados.

RESPONSABLE:

Analista de Ingeniería de
procesos

ACCION

1. Enciende el equipo de potencial z.
 - 1.1 Los switch deben de estar en power, normal, volts, copper y off
 - 1.2 Dejar calentar el aparato 15 min. antes de hacer la determinación
2. Enjuaga el sistema.
 - 2.1 Cierra la válvula donde esta el cono y abre la opuesta.
 - 2.2 Llena el cono con agua limpia
 - 2.3 Abre la válvula para drenar el cono y circular el agua. Cerrar antes de vaciar la celda para evitar que entre aire.
 - 2.3.1 Repite la operación desde el paso 2.1 tres veces
 - 2.3.2 Si se formaron burbujas enjuague con alcohol repitiendo desde el 2.1 y enjuague después con agua.
3. Calibra el aparato con las valvulas en la posición hacia los electrodos.
 - 3.1 Mueve el switch "off-cell" a la posición "cell"
 - 3.2 Checa que el display indique 152 ± 5.
 - 3.3 Mueve el switch "copper-plat" a la posición "plat"
 - 3.4 Checa que el display indique 54 ± 5
 - 3.5 Si una o las dos lecturas no coinciden se mueve la perilla de ajuste y se repiten los pasos 3.2 al 3.4 hasta que sea necesario
 - 3.6 Pone los switch a la posición "off" y "plat"
4. Filtra 100 ml de la muestra empleando la malla 150
5. Deja descansar el filtrado por 4 min
6. Decanta la suspensión
 - 6.1 Si el agua obtenida es muy turbia es necesario diluirla
7. Hace pasar la solución por el sistema según pasos 2.1 al 2.3.1

RESPONSABLE

ACCION

8. Resetea el timer.
9. Observe por el microscopio las particulas con las valvulas hacia los electrodos.
 - 9.1 Si no se aprecian particulas, recircula la solucion (pasos 2.1 al 2.3) hasta que observe las particulas.
 - 9.2 Si presentan movimiento ajuste sus valvulas hasta que no exista movimiento.
 - 9.3 De ligeros golpecitos a las valvulas para apreciar que particulas va a medir.
10. Ponga el switch "off-cell" en la posicion "cell" y observe que el display tenga $5.1 \cdot 5$.
 - 10.1 Si no da el valor cheque las valvulas y compa.
11. Observe las particulas seleccione una y tome el tiempo en que tarda en recorrer un cuadro.
12. Repita el paso 11 cuatro veces mas, con particulas diferentes, sin resetear el tiempo.
13. Mueva el switch "normal-reversa" a la posicion "reversa" y repita los pasos 11 y 12.
 - 13.1 Si las particulas se desplazan muy lento, en lugar de medir el tiempo de 5 particulas en cada posicion mida 2 y el tiempo acumulado multipliquelo por 2.5.
14. Calcula el potencial z dividiendo 900.7 entre el tiempo total.
 - 14.1 Si las particulas se desplazaren en la posicion "normal" hacia la izquierda seran del signo negativo.
15. Poner switch "normal-reversa" en normal y "off-cell" en "off".
16. Hacer pasar mas solucion segun pasos 2.1 a 2.3
17. Repetir pasos del 8 al 15.
 - 17.1 Si los dos valores de potencial z tienen mas de + 10% de diferencia hacer otra determinación.
18. Enjuague el sistema segun pasos 2.1 al 2.3.1.

TERMINA INSTRUCCION

TABLA 4.2

CENZAS (%)	15	25	37
FILTRACIÓN MALLA 100			
VELOCIDAD	BUENA	BUENA	BUENA
PARTÍCULAS SEDIMENTADAS	SI	SI	SI
NÚMERO DE PARTÍCULAS	BUENO	BUENO	BUENO
NITIDEZ	REGULAR	MALA	MALA
FILTRACIÓN MALLA 150			
VELOCIDAD	BUENA	BUENA	REGULAR
PARTÍCULAS SEDIMENTADAS	NO	SI	SI
NÚMERO DE PARTÍCULAS	BUENO	BUENO	REGULAR
NITIDEZ	BUENA	REGULAR	MALA
FILTRACIÓN MALLA 200			
VELOCIDAD	BUENA	REGULAR	MALA
PARTÍCULAS SEDIMENTADAS	NO	NO	SI
NÚMERO DE PARTÍCULAS	BUENO	REGULAR	MALO
NITIDEZ	BUENA	BUENA	REGULAR
FILTRACIÓN MALLA 150 Y SEDIMENTACION			
VELOCIDAD	BUENA	BUENA	REGULAR
PARTÍCULAS SEDIMENTADAS	NO	NO	NO
NÚMERO DE PARTÍCULAS	BUENO	BUENO	REGULAR
NITIDEZ	BUENA	BUENA	REGULAR

almidón catiónico, fibras, encolante y cationizante) solos y en las condiciones que tienen antes de entrar al sistema. Los valores encontrados se muestran en la tabla 4.3. Segundo, se eligieron dos fabricaciones largas de papel, una en máquina XII y la otra en máquina XIII, para monitorearlas determinando potencial z no sólo en caja de entrada (al tener todos los ingredientes) sino también en tanque máquina (a la mitad de la dosificación) y mezcladora (celulosa y merma) con el objeto de observar las variaciones desde que se juntan las materias primas hasta antes de formar el papel. Los resultados de estas pruebas de campo se observan en la tabla 4.4. Antes del presente trabajo únicamente se muestreaba en la caja de entrada.

De los datos reportados en la tabla 4.4 se observan las siguientes situaciones:

a) Una inestabilidad en la mezcladora de la máquina XIII debido a que se consumía de cualquier tipo de merma (merma de papeles directos, papeles cubiertos, secundaria, etc.) y con dosificaciones variadas de cada una de estas, esto es, la máquina consumía un valor constante del tanque de merma pero el tanque se llenaba con diferentes mermas a diferentes proporciones. Por esta razón se procedió a ordenar el consumo de merma cubierta, por ser la de mayor contenido de basura aniónica, consumiéndola únicamente en máquina XIII con papeles para recubrir y en máquina XIV en papeles de alta cenizas y papeles para recubrir. Esta decisión se basa en que la merma recubierta tiene alto contenido de carbonato y se necesitan papeles con alto contenido de fibra virgen para no dañar sus resistencias. A raíz de esta propuesta la gerencia de planta tomó la decisión que el laboratorio de ingeniería de procesos reportara dos datos de potencial z : uno en caja de entrada y el otro en el tanque de la merma.

b) La máquina XII presenta valores de potencial z positivos debido a un sobre consumo de cationizante, aquí destaca un producto que se empezó a usar como ayuda al teñido en papeles de color y luego, en la confusión, se dejó como ayuda a la retención. La eliminación de este producto en esta fabricación aumentó la retención de 70 a 79 %.

c) En la máquina XIII la mayor parte de la cationización se realiza antes de entrar a la caja de entrada y después del tanque de máquina. Aquí destaca el problema de que en un segmento pequeño de la línea se alimentan el agente de retención, el almidón catiónico y el encolante produciendo una lucha entre estos por la fibra aniónica. En este lugar el equipo detecta una área de mejora en donde la interacción con los proveedores dichos productos es importante.

TABLA 4.3

PRODUCTO	POTENCIAL Z	PH
ENCOLANTE	+29.2	4.5
ALMIDON CATIONICO	+18.7	7.0
CATIONIZANTE	+35.8	6.5
AGENTE DE RETENCION	+43.2	6.9
CELULOSA	-10.6	6.3

TABLA 4.4

MÁQUINA	XII						XIII					
	MEZCLADORA		TQ MAQ.		CAJADE ENTRADA		MEZCLADORA		TQ MAQ.		CAJADE ENTRADA	
	PZ	PH	PZ	PH	PZ	PH	PZ	PH	PZ	PH	PZ	PH
1	-12.8	6.4	-4.5	6.9	-4.2	7.0	-10.5	6.7	-8.6	7.2	-4.5	7.2
2	-12.0	6.7	-5.1	7.0	-4.6	7.1	-12.2	7.0	-9.7	7.1	-5.7	7.1
3	-12.7	6.5	-4.6	7.1	-3.8	7.2	-11.6	6.9	-8.9	7.2	-4.9	7.2
4	-12.4	6.7	-4.2	7.2	-3.4	7.1	-10.8	6.8	-8.0	7.1	-4.6	7.0
5	-12.3	6.6	-4.8	7.0	-3.3	7.1	-12.4	6.9	-9.3	7.2	-5.3	7.3
6	-12.6	6.8	-9.3	7.1	-3.8	7.2	-12.6	7.0	-9.4	7.2	-5.5	7.1
7	-12.7	6.6	-8.6	7.0	-3.0	7.2	-10.1	6.8	-8.6	7.1	-4.4	7.2
8	-12.5	6.7	-8.8	7.1	-3.7	7.0	-10.3	6.7	-8.6	7.1	-4.6	7.2
9	-12.4	6.7	-8.6	7.1	-2.9	7.2	-12.4	7.0	-9.4	7.2	-5.2	7.0
10	-12.6	6.8	-8.3	7.2	-3.3	7.3	-10.3	6.7	-8.8	7.2	-4.7	7.1
11							-11.5	6.9	-8.9	7.0	-4.8	7.2
12							-10.7	6.8	-8.8	7.2	-4.5	7.3

4.3. RESULTADOS.

Una vez terminada la fase se procedió a trabajar con las diferentes pruebas que proponían los diferentes proveedores (del grupo de trabajo hecho paralelamente) como agregar agente de retención en los hydrapulpers que muelen la merma, pruebas de cationizantes, cambio de puntos de dosificación de ingredientes, etc. Los resultados finales son los siguientes:

a) Obtener un equipo de medición de la química de la sección húmeda confiable que de la pauta para poder mejorar la retención en primer paso

b) Comienza a controlarse el principal punto de inestabilidad de la máquina, la merma

i) Determinación del potencial z en el tanque de merma para apreciar variaciones

ii) Control en el tipo de merma que debe de consumirse para cada tipo de papel

iii) Dosificación de polímeros catiónicos a los hydrapulpers para disminuir la carga aniónica de la merma.

c) Disminución de los consumos de los principales ingredientes. Tabla 4.5.

d) Cambio de punto de dosificación de encolante en máquina XIII.

e) Mejor retención en primer paso de las tres máquinas. Tabla 4.5.

f) Se comienza a incluir al potencial z dentro de las pruebas de laboratorio a las que se sujetan los nuevos productos.

i) Mejora el agua reciclada debido a que le llega más limpia al área de tratamiento

j) Aumenta la sustitución de fibra por carbonato.

k) Bajaron los costos de producción en M-XII un 7 %, M-XIII 9 % y M-XIV 8 %.

TABLA 4.5

CARACTERISTICA	MAQUINA		
	No.	XII	XIII
TIPO	FOURDRINTER	TELAS GEMELAS	FOURDRINTER
GRAMAJE DE	30 A 75 GR/M2	58 A 105 GR/M2	105 A 240 GR/M2
PAPELES			
RETENCIÓN P.P	79%	69%	93%
PROMEDIO			
ENCOLANTE	12 KG TON	14 KG TON	9 KG TON
ALMIDON	8 KG TON	10 KG TON	7 KG TON
CATIONICO			
AGENTE DE	0.8 KG/TON	2.3 KG TON	0.9 KG TON
RETENCIÓN			
POTENCIAL Z			
VALOR "IDEAL" A	-3	-4	-3
PH = 7.5			
CENIZAS	0 A 25%	5 A 25%	5 A 37%

ESTA TESIS NO PUEDE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CONCLUSIONES.

Actualmente las máquinas formadoras de papel trabajan con sistemas cerrados por la tendencia económica y ecológica de ahorrar agua y de mejorar la calidad del efluente. Esta situación genera que gran cantidad del agua que se emplea se recicle en dos pasos dentro del sistema de recirculación del agua blanca (que recupera fibra que se recicla) y en un tratamiento posterior (que recupera el agua para su recirculación, separa la pasta no reutilizada y mejora la calidad del efluente).

El agua, la merma y la fibra que se reciclan durante el proceso arrastran gran cantidad de basura aniónica que al sumarse a la fibra virgen y a los aditivos químicos forman una gran mezcla compleja difícil de controlar, no solo por la complejidad de la mezcla sino también por lo cambiante de la misma debido a variaciones en la concentración de la basura iónica. Otro aspecto importante que dificulta esta situación es que una máquina formadora de papel puede fabricar papeles de diferentes características como pueden ser: contenido de cenizas, composición y aditivos químicos. Así que al cambiar de un papel a otro y trabajar con la misma agua aumenta la inestabilidad del sistema.

Estas situaciones originan grandes dificultades para controlar la química de la sección húmeda y genera los siguientes problemas al bajar la retención:

a) Aumento de depósitos en las prensas de vacío. Al quedar la carga mineral en el sistema se deposita en las perforaciones de las prensas tapándolas originando marcas en el papel, aumento de la humedad en el papel, roturas, etc.

b) Aumento de babazas en el silo. Esta situación origina problemas de limpieza al desprenderse estas, pudiendo ser desde papel de mala apariencia hasta roturas continuas.

c) Aumento en el consumo de ingredientes. Aquí existe un problema doble ya que se necesita mayor cantidad de ingredientes al no retenerse en el papel, pero esto origina un mayor descontrol.

d) Disminuye la recuperación de fibras. El recuperador de la máquina trabaja por medio de la filtración y al existir demasiada carga mineral tapa las mallas disminuyendo con esto su eficiencia.

e) Disminuye la vida de las telas. Al estar recirculando el agua con carbonato se incrementa su efecto abrasivo gastando en exceso las vestiduras.

f) Genera problemas de formación y drenado. Al existir gran desequilibrio en el sistema se forman grumos que dan mala apariencia en la hoja formada.

g) Afecta negativamente en las propiedades físicas de papel. Como la mayoría de los ingredientes se quedan en el agua, el papel no alcanza a cumplir con las normas de calidad.

h) Aumenta la contaminación del efluente. Debido a la baja retención en la máquina aumenta la cantidad de ingredientes que llega al tratamiento de agua, los cuales no siempre son sacados del efluente pese al aumento de consumo de floculantes.

Todo lo anterior se ve reflejado en la producción de la máquina y en los costos del papel. Es por esto que diferentes agentes de retención, almidones catiónicos y/o cationizantes se prueben en las fábricas de papel buscando cumplir con los estándares de cada papel o mejorar la retención al menor costo.

El uso del potencial z para controlar la química de la sección húmeda de una máquina formadora de papel es un medio efectivo que cuantifica el sistema y permite predecir el posible impacto que tendrá el aumento de consumo de un aditivo o la adición de uno nuevo.

Los resultados obtenidos en base al correcto aprovechamiento de potencial z los podemos englobar en los siguientes puntos:

- a) Contar con información confiable que permite mejorar el sistema
- b) Proponer un monitoreo para control en dos pasos:
 - i) Caja de entrada. Antes de formar la hoja
 - ii) Tanque de merma. Principal variable de basura aniónica.
- c) Proponer la determinación del potencial z a los principales ingredientes y a los de prueba para conocer el posible impacto que tienen en el sistema.
- d) Realizar modificaciones al sistema en base a la información obtenida con el potencial z con el logro de mejoras importantes en la retención de las máquinas, principalmente M-XIII.

Es importante el señalar que las modificaciones que se realizan al sistema en busca de los mejores valores de retención dependen de la experiencia, ya que si el sistema esta cationizado, por ejemplo, la selección del ingrediente aniónico para aumentar el consumo o la del catiónico para disminuirlo repercutirá de manera importante en las características del papel no solo por el impacto en la retención sino también por los trastornos ocasionados por la falta de este

El empleo del potencial z ofrece un camino para poder controlar la química de la sección húmeda ya que, midiendo, monitoreando y corrigiendo las desviaciones cierra el ciclo de un proceso de mejora continua que permite minimizar las desviaciones, alcanzar las mejores retenciones y la disminución de costos.

BIBLIOGRAFIA:

- Ander y Sonnessa. "Principios de química". Ed. LIMUSA. 1981
- Babor A. J., "Química general moderna", Ed. Nacional. 1980.
- Britt K.W., PULP AND PAPER CANADIAN, 80 (6), (1979).
- Britt K.W., TAPPI 56 (10), (1973).
- Britt K.W., TAPPI 56 (3), (1973).
- Britt K.W., TAPPI 59 (2), (1976).
- Britt KW. TAPPI 56 (10) 46 (1973).
- Buckman R.H., U.S. Pat. 4, (1981).
- Castellan G.W., "Fisicoquímica", Ed. FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO. 1976
- "El potencial zeta (El control del potencial zeta, y como mejora la operación de la máquina de papel)"
Crisoba Industrial S.A. de C.V. 1995.

- Estrazdins E.: "Optimización del proceso de fabricación del papel por medio de electroforesis". TAPPI, VII. (1977).
- "Formas de identificar y medir el efecto de las sustancias que perturban o estorban la parte química y como actúan sobre el primer paso en la retención", ALLENS COLLOIDS (1982)
- Foust A.S., "Principios de operaciones unitarias", Ed. C.E.C.S.A., 1990
- Fowler A., PAPER 187 (3), (1977).
- Gregory, J.J., COLLIDS INTERFASE SCIENCE . (1973)
- Hagedorn R.; "Combinación de polielectrolitos altamente cargados con agentes de retención, y como afecta la retención en presencia de sustancias que la interfieren" SANDOZ, SUIZA.
- James P. Casey.; "Pulpa y papel", Vol. 2., Ed. LIMUSA, USA, 1991.
- James P. Casey.; "Pulpa y papel", Vol. 3., Ed. LIMUSA, USA, 1991.
- Knowlton A.E., "Manual standard del ingeniero electricista", Ed. LABOR, 1956
- Libby C. Earl.; "Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel", Vol. 2, Ed. C.E.C.S.A., USA, 1982
- Linke W F., TAPPI 56 (10), (1968).
- Maron y Prutton, "Fundamentos de fisicoquímica", Ed. LIMUSA, 1987.
- Masterton y Slowinski, "Química general superior", Ed. INTERAMERICANA, 1970
- May O. "Polimero doble como agente de retención y drenado en fabricas que utilizan papel desperdicio", Buckman Laboratories inc., 1985

- May O.W., APPITA 32 (6), (1979).
- Moore E.E., TAPPI 59 (6), (1976).
- Moore, E.E., TAPPI 58 (1), (1975).
- PAPER, IX, (1986).
- Rettinger J.J., "Resolviendo problemas de retencion en maquina de papel", Betz Paper Chem., 1980
- Reynolds W.F., U.S. Pat. 3,332,834, (1967).
- TAPPI, III, (1982).
- TAPPI, XII, (1983).
- Unbehend, J.E., TAPPI 59 (10), (1976).
- Winter L., COLLOIDS INTERFACE SCIENCE, (1986).