

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y TEXTIL**



**“BUENAS PRÁCTICAS DE OPERACIÓN EN  
SECADORES YANKEES PARA LA MANUFACTURA DE  
PAPELES TISSUE”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACION DE  
CONOCIMIENTOS**

**PRESENTADO POR:**

**SILVIA SUMA BADAJOZ**

**LIMA-PERU**

**2006**

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN .....   | 1  |
| I. INTRODUCCIÓN .....   | 2  |
| II. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS .....  | 3  |
| 2.1. Manufactura del Papel Tissue .....   | 16 |
| 2.1.1. Descripción del Proceso. ....  | 16 |
| 2.1.2. Etapas del Proceso de Fabricación del Papel Tissue .....   | 21 |
| 2.1.2.1 Selección material .....  | 21 |
| 2.1.2.2 Disgregación (Pulpeo) .....   | 21 |
| 2.1.2.3 Limpieza .....  | 24 |
| 2.1.2.4 Depuración .....  | 28 |
| 2.1.2.5 Lavado-Espesado .....   | 30 |
| 2.1.2.6 Etapa de Dispersión .....   | 34 |
| 2.1.2.7 Aproximación .....  | 40 |
| 2.1.2.8 Depuración de baja consistencia .....   | 41 |
| 2.1.2.9 Etapas en la zona de la Máquina Papelera .....  | 43 |
| 2.2. Descripción del Cilindro Secador Yankee .....  | 51 |
| 2.2.1. Información técnica del Yankee .....   | 51 |
| 2.2.2. Diseño y principios de operación del Yankee .....  | 51 |
| 2.2.3. Cilindro Secador Yankee .....  | 52 |
| 2.2.4. Sistema de remoción del condensado del Yankee .....  | 57 |
| 2.3 Descripción de los Productos Químicos del coating utilizados<br>para la protección del Yankee. .... | 63 |
| 2.3.1. Productos químicos utilizados para la protección del<br>Yankee. ....                             | 64 |
| 2.3.2. Metodología de aplicación del adhesivo y release. ....   | 70 |

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| 2.4.        | Descripción de la Unidad del Chilling shower. ....   | 79         |
| 2.4.1.      | Productos aplicados en la unidad de Chilling Shower ....   | 79         |
| 2.4.2.      | Unidad de Chilling Shower .....  | 80         |
| 2.4.3.      | Descripción de los equipos que constituyen la unidad<br>del Chilling Shower .....                    | 81         |
| 2.5.        | Descripción de la regadera del Chilling Shower. ....   | 82         |
| 2.5.1.      | Consideraciones de una regadera de Chilling Shower .   | 82         |
| 2.6.        | Naturaleza del agua de ingreso a la Unidad del Chilling Shower.                                      | 87         |
| <b>III.</b> | <b>PROBLEMAS EN LA SUPERFICIE DEL CILINDRO SECADOR<br/>YANKEE .....</b>                              | <b>88</b>  |
| 3.1         | Descripción del Problema. ....   | 88         |
| 3.2         | Análisis de las posibles causas. ....  | 90         |
| 3.2.1.      | Influencia del coating en las Chatter Marks .....  | 90         |
| 3.2.2.      | Influencia de otros parámetros en las Chatter Marks  | 94         |
| 3.2.3.      | Influencia del comportamiento armónico del doctor en<br>las Chatter Marks. ....                      | 98         |
| <b>IV.</b>  | <b>RESOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DEL CILINDRO SECADOR<br/>YANKEE. ....</b>                              | <b>100</b> |
| 4.1.        | Rectificado de la superficie del cilindro secador Yankee. ....                                       | 100        |
| 4.1.1       | Rectificadora de superficie adaptable universalmente<br>(UAPG). ....                                 | 100        |
| 4.2.        | Recubrimientos en la superficie del cilindro secador Yankee.   | 103        |
| <b>V.</b>   | <b>BUENAS PRACTICAS DE OPERACIÓN EN SECADORES<br/>YANKEES PARA LA MANUFACTURA DE PAPELES TISSUE.</b> | <b>106</b> |
| 5.1.        | Recomendaciones para el Cuidado del Cilindro Secador. ....   | 106        |
| 5.1.1.      | Defectos perimetrales. ....  | 106        |
| 5.1.2.      | Defectos transversales. ....   | 111        |
| 5.1.3.      | Singularidades .....   | 131        |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 5.2.   | Mejoras en el diseño de la regadera del Chilling shower. ....  | 114 |
| 5.2.1. | Análisis de la regadera del Chilling Shower .....  | 114 |
| 5.2.2. | Flujo de agua optimo de la regadera del Chilling Shower  | 117 |
| 5.2.3. | Uniformidad en la aplicación de la capa de coating .....   | 120 |
| 5.2.4. | Cálculo del traslape de la regadera del Chilling Shower..  | 122 |
| 5.2.5. | Rediseño de la regadera del Chilling Shower .....  | 124 |
| 5.3.   | Tratamiento del agua de ingreso a la Unidad del Chilling shower.   | 126 |
| 5.4.   | Verificación de la protección del Yankee mediante la evaluación del<br>desgaste de cuchillas crepadoras. ....                                | 128 |
| 5.5.   | Obtención de nuevos estándares de aplicación de los químicos<br>del coating para asegurar la protección del Cilindro Secador<br>Yankee. .... | 135 |
| VI.    | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....   | 139 |
| VII.   | BIBLIOGRAFÍA .....   | 143 |
|        | Apéndice 1: Protección del Yankee mediante el Fosfato .....  | 144 |
|        | Apéndice 2: Instrucciones de seguridad del Yankee .....  | 146 |

## RESUMEN

En el presente informe se tratará la tecnología del secado del papel tissue (papel higiénico), mediante un cilindro secador denominado Yankee. También se analizarán los principales problemas que sufre la superficie del cilindro secador y las medidas a tomar para su control y prevención. Adicionalmente, se presentarán los estándares de los químicos del coating obtenidos que aseguran una adecuada protección al Cilindro Secador Yankee, lo cual se verifica mediante el seguimiento del perfil de desgastes de las cuchillas crepadoras.

La importancia de la protección de la superficie del Yankee implica tener en cuenta, también la adecuada recolección del condensado de la parte interna del yankee ya que cualquier irregularidad se ve reflejada en la transferencia de calor que puede afectar en el secado de la hoja y en el curado del coating y por consiguiente en la protección de la superficie del Yankee. Se evaluó la condición actual de la regadera del Chilling Shower obteniéndose, que la cantidad de agua en la regadera es superior a la recomendada por fabricante de cilindro secador, lo cual está fijado por la capacidad de evaporación que posee el Yankee. Teniendo en cuenta estos parámetros se rediseñó la regadera del chilling shower.

También se ha propuesto un sistema de ablandamiento, para reducir la dureza del agua que ingresa a la unidad del chilling shower, es necesario realizar este tratamiento ya que la presencia excesiva de carbonatos junto con una alta conductividad (otros contaminantes en el agua) consumen el coating y el release ocasionando la disminución de la eficiencia de los productos químicos que se aplican al cilindro secador Yankee.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

Debido a la importancia del cilindro secador Yankee, en las máquinas papeleras de tissue, es necesario realizar un estudio completo de los diferentes problemas que sufre la superficie del cilindro secador Yankee, los cuales ocasionan defectos en el papel por consiguiente no se logra cumplir con los estándares de calidad del papel tissue, por los hoyos en el papel, hasta que finalmente ya no se puede producir debido a la magnitud de los defectos en el papel, para lo cual es necesario parar la máquina para rectificar o metalizar dependiendo de la gravedad del problema de la superficie del cilindro secador Yankee. Es evidente que esto ocasiona pérdidas económicas importantes en la planta, por la falta de producción generando la compra de papel para cumplir con los requerimientos del mercado, además el rectificar o metalizar implica un costo adicional.

Es importante conocer cuales son y como actúan los factores, que afectan la superficie del cilindro secador Yankee, generando las chatter mark y los defectos en la superficie, para así tomar medidas de control y prevención a las que denominamos “Buenas practicas de operación en cilindro secadores Yankees” y así evitar rectificar o metalizar el yankee o al menos que estos trabajos se realicen en periodos más largos.

El monitorear permanentemente la superficie del cilindro secador Yankee por medio de la inspección visual es de gran importancia, esto asegura la formación pareja del coating, para lo cual se regula la dosis de los químicos utilizados para la protección de la superficie como son el coating y el release, principalmente esto se verifica con una revisión rápida del perfil de desgaste de las cuchillas crepadoras, esta evaluación nos da un alcance de cómo se encuentra la película de coating, si es pareja o irregular.

## CAPITULO II

### DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS

#### DEFINICIÓN DEL PAPEL TISSUE.

Se llama Papel Tissue a un papel suave y absorbente para uso doméstico y sanitario que se caracteriza por ser de bajo peso y por ser crepado, es decir que toda su superficie contiene microarrugas, que les otorgan elasticidad, capacidad de absorción y suavidad.

#### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Es de vital importancia dominar algunos términos comunes que se emplean en el proceso de fabricación de papel (para nuestro caso el Tissue).

En toda planta dedicada a la fabricación de papel encontraremos “estos términos” en sus diversas etapas de producción. Así tenemos el caso:

#### SISTEMA: PREPARACION DE PASTA:

| <b>Procesos / Etapas:</b>   | <b>Propósito:</b>      | <b>Efectos</b>   |
|---|------------------------|--|
| -Disgregar la materia prima.  | -Aislar las fibras.    | -Impurezas gruesas.<br>-Plásticos<br>-No disgregados.                |
| -Tratamiento de la Pasta.<br>-Depuración.<br>-Tratamientos mecánicos (Coladores).<br>-Lavado / Destintado.<br>-Dispersión / Blanqueo. | -Separación de Fibras. | -Impurezas pequeñas.<br>-Tintas.<br>-Recubrimientos.<br>-Pegamentos. |
| -Tratamiento de agua  | -Sacar cargas.         | -Cenizas.  |

**SISTEMA: CIRCUITO DE APROXIMACION:**

| <b>Procesos / Etapas:</b>         | <b>Propósito:</b> | <b>Efectos</b>                    |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| -Depuración Baja<br>Consistencia. | -Sacar livianos.  | -Pintas.<br>-Arenas.<br>-Stikies. |
| -Tratamiento de agua.             | -Sacar Finos.     | -Fibrillas.<br>-Cargas.           |

**SISTEMA: MAQUINA PAPELERA:**

| <b>Procesos / Etapas:</b> | <b>Propósito:</b>      | <b>Efectos</b>                      |
|---------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| -Formación.               | -Drenar / Decantar.    | -Eliminación aire.<br>- Sacar agua. |
| -Secado.                  | -Evaporar.             | -Secado.                            |
| -Bobinado                 | -Traslado / Almacenar. | -Bobinado.                          |

**DEFINICIONES PRELIMINARES:**

- **Consistencia (Cs).**

Es el parámetro que indica el grado de concentración de las fibras celulósicas en agua, es decir de la pasta. Un 1% de Cs significa 10 gramos de material sólido 100 % seco en 1 litro de la mezcla.

- **Gramaje.**

Cantidad de fibras en peso distribuidas o dispuestas en un área de un metro cuadrado y que caracteriza el papel y sus usos. Se expresa en  $g/m^2$  y en el caso, por ejemplo, de papeles delgados pueden llegar a 10 – 12  $g/m^2$ .



En la medida que el gramaje aumenta el papel pasa a ser cartulina, cartón, etc.

- **Pasta.**

Suspensión de fibras (de variadas calidades) en agua, cuya consistencia varía típicamente entre 0.3 y 7% (formación, disgregación).

- **Impurezas.**

Material no adecuado para la fabricación de papel, presente en algunos tipos de papel reciclado.

- **Agua Clarificada.**

Agua que a sido parte de uno a mas proceso, fue tratada (por flotación, sedimentación o filtración, entre otros) y su contenido normal de sólidos en suspensión es menor a 150 ppm.

Nota : 1 % de Cs = 10000 ppm.

- **Agua Turbia.**

Agua que a sido parte de uno a mas proceso, fue tratada (por flotación, sedimentación o filtración, entre otros) y su contenido normal de sólidos en suspensión es superior a 150 ppm.

- **Agua Blanca.**

Es aquella parte del gran flujo que se ingresa a la máquina papelera y que no forma la hoja de papel, sino que pasa a través de la tela y es recolectada en un tanque especial para ser recirculada en el mismo proceso. Es el tipo de agua mas rica en fibras útiles.

- **Pasta de Alta Cs.**

Pasta cuya consistencia es superior al 8%, puede llegar en algunos procesos al 30% (Disgregación de mediana y alta consistencia).

- **Make-Up.**

Todo proceso papelerero, como cualquier proceso que transforma su materia prima en vía húmeda, no esta exento de generar efluentes (propio de lavados u otros) con lo cual se pierde básicamente agua, la cual debe ser repuesta al sistema. A la reposición de esta agua se le conoce como Make-Up.

- **Agua Fresca.**

Agua que no a sido usada en ningún proceso, la característica típica es tener un nivel de sólidos en suspensión menor o igual a 1 ppm. Es con este tipo de agua con que se hace el “Make-Up” que requiere todo tipo de proceso de fabricación de papel. Respecto del contenido de sales, varía según la zona geográfica y las estaciones del año (100 a 500 ppm de Carbonato de Calcio).

- **Agua Recuperada.**

Agua que a sido parte de uno a mas proceso, y que requiere ser tratada (por flotación, sedimentación o filtración, entre otros) con el objetivo de reutilizarla.

- **Agua de Dilución.**

Es aquella agua incorporada en diferentes puntos del proceso y tiene la función de bajar la consistencia, se aplica en flujo controlado de esta agua ya sea en los tanques o en la succión de las bombas que impulsan la pasta.

- **Refinación.**

Se refiere a la acción de cuchillas rotativas, donde las fibras fluyen paralelamente a las cruces de las cuchillas.

En todos los casos el objetivo es desarrollar o modificar las fibras de una forma óptima para los requerimientos técnicos del papel.

En la primera etapa del tratamiento, las capas mas externas que actúan como protectoras de las capas internas se desgarran y se eliminan parcialmente (formación de finos) en esa condición se facilita la entrada de agua. El agua que entra en los intersticios intrafibrilares permanece retenida en estos enlaces. Al secarse la lámina el agua sale de entre las capas y se establece enlaces más directos, generando una estructura más compacta y rígida.

El control más directo del efecto de la refinación es la determinación de la medición diferencial de drenaje que se produce a través de una tela de 150 mech.

Shopper Riegler (°SR) = 2 g de pasta en un litro de agua.

Condiciones para un buen refinado:

1. - Mantener la consistencia estable.
2. - Mantener temperatura de la pasta, pareja.
3. - Mantener el mismo PH durante el refinado.

- **Yankee.**

También denominado Cilindro secador. Se puede decir técnicamente, que un cilindro secador (Yankee) es en realidad un intercambiador de calor de doble naturaleza. Es un evaporador de agua en la superficie externa, y un condensador de vapor en el interior. Su función principal es secar la hoja y sirve su superficie como base para el proceso de crepado.

- **Crepado.**

El crepado es el proceso en donde la cuchilla crepadora al entrar en contacto con la hoja sobre la superficie del yankee, para despejarla genera unas microarrugas, a este efecto se le denomina crepado.

- **Cuchillas.**

Son láminas metálicas, que entran en contacto con la hoja sobre la superficie del cilindro secador Yankee. Existen tres tipos de cuchillas:

- **Cuchilla Desviadora:** su función es desviar la hoja cuando se realiza el cambio de cuchilla crepadora.
- **Cuchilla Crepadora:** su función es despejar la hoja, generando el crepado.
- **Cuchilla Limpiadora:** su función es emparejar la capa de coating formada en la superficie del cilindro secador Yankee.

- **Regadera Chilling Shower.**

Se denomina así a la regadera, mediante el cual se aplican los productos químicos, como el coating y el release.

- **Unidad del Chilling Shower.**

Es la unidad en donde se prepara la solución del chilling shower con el coating y el release. Esta constituida por seis bombas (dos bombas para la solución del chilling shower, dos bombas para la dosificación del coating y dos bombas para la dosificación del release), un tanque en donde se calienta el agua para la solución, mezcladores en línea para la inyección del coating y release, y seis filtros (dos para el agua fresca y cuatro para la solución del chilling shower). Después que la solución pasa por los filtros respectivos, esta solución es bombeada a la regadera del Chilling Shower y posteriormente aplicada al cilindro secador Yankee.

- **Coating.**

Producto químico utilizado para que la hoja se adhiera al cilindro secador Yankee, llamado también adhesivo.

- **Release.**

Producto químico utilizado para que la hoja despeje del cilindro secador Yankee. Controla el nivel de adhesión de la hoja y también proporciona lubricación a la cuchilla crepadora con la película del coating de la superficie del cilindro secador Yankee.

- **Doctor.**

Llamado también portaraspador, para aplicar las cuchillas es necesario que el doctor o portaraspador se aplique primero.

- **Chatter Mark**

Se definen como los daños de la superficie del cilindro secador Yankee que aparecen en forma horizontal como ranuras, estas ranuras pueden tener diferentes dimensiones y pueden estar ubicadas en diferentes partes de la superficie del Yankee. Según la posición y distribución, pueden ser Sincrónicas y Aleatorias (Random).

### **ALGUNOS DATOS SOBRE EL PAPEL TISSUE.**

Es elaborado a partir de fibra virgen, pulpas mecánicas o químicas, y en algunos casos de papel reciclado o una mezcla de los anteriores. Pueden ser hechos de pulpas blanqueadas, sin blanquear o coloreadas. Su uso principalmente es doméstico y sanitario, pero este papel también se utiliza para proteger algunos productos eléctricos, envases de vidrio, herramientas, utensilios, zapatos y bolsas de mano. Como papeles de grado no corrosivo, son utilizados para envolver partes metálicas altamente pulidas.

Su peso no debe exceder los 30 gr/m<sup>2</sup>.

#### **A. Materia Primas**

##### **Celulosa**

Tenemos dos tipos de Celulosa:

- **Celulosa de Fibra Corta:** Proviene de árboles de madera dura como por ejemplo: Eucalipto. Su longitud está comprendida entre los 0.75 mm y los 2 mm de largo.
- **Celulosa de Fibra Larga:** Proviene de árboles de madera blanda, fundamentalmente coníferas como el Pino, y su longitud está comprendida entre los 3 mm y 5 mm, resultando la hoja de papel más resistente.

### **Papel Reciclado**

Tenemos 3 tipos de Papel Reciclado (comúnmente llamado Papelote):

- **Blanco:** Fotocopias, cuadernos, papel impreso (oficinas), libros, etc.
- **Mixto 1:** Revistas, papel con fibra mecánica, papel de color, documentos contables, etc.
- **Mixto 2:** Mayor porcentaje de fibra mecánica, revistas de colores, periódicos viejos, etiquetas, etc.



**Foto N°1**  
**Fardos de Celulosa**





**Foto N°2**  
**Fardos de Mixto 1**



**Foto N°3**  
**Fardos de Blanco**

Algunas características de estos tipos de papel se muestran en la Tabla N°2.1.

**TABLA N°2.1**  
**ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE PAPEL**  
**RECICLADO.**

| <b>Tipo de Papel</b> | <b>Blanco</b> | <b>Mixto 1</b> | <b>Mixto 2</b> |
|----------------------|---------------|----------------|----------------|
| Cenizas              | 15-18%        | 17-20%         | 19-21%         |
| Humedad              | 8-9%          | 8-9%           | 8-9%           |
| Fibra Mecánica       | 0%            | 25%            | 50%            |
| Contaminantes        | 1%            | 3%             | 5%             |

### **B. Productos Químicos Utilizados en el Proceso**

Los productos químicos utilizados en el proceso de elaboración del papel tissue dependen principalmente, del tipo de papel tissue a fabricar, el cual presenta estándares de calidad, parámetros como blancura, resistencia, gramaje, etc. Por lo que el uso de los químicos y la cantidad adecuada de estos permiten alcanzar los estándares de calidad exigidos en cada tipo de papel.

Se requieren una variedad de químicos para satisfacer estos requerimientos.

La aplicación de los químicos se puede llevar a cabo en las diferentes etapas del proceso. Por ejemplo, el blanqueo de la fibra mediante la soda y el “FAS” (Ácido Formamidina Sulfinico) se da en la zona de preparación pasta, es decir antes del dispersor. Mientras que la aplicación del blanqueador óptico se realiza en el tanque cabeza de máquina, en la pasta en la torre de bombeo.

De forma similar los químicos utilizados se pueden dividir en:

- Los requeridos para adquirir una propiedad en particular como blancura, incrementar la resistencia, etc.
- Los productos utilizados para mantener las vestiduras de la máquina, es decir la tela formadora y el fieltro libre de impurezas. En este caso se utilizan pasivadores de tela y fieltro, los cuales se aplican mediante una regadera en forma continua. En algunas ocasiones también se pueden



- realizar limpiezas de estas vestiduras en forma de shock, para lo cual se utilizan otros químicos de otra naturaleza.
- También se utilizan químicos para el control de niveles de los tanques de agua blanca. Debido al mismo proceso existe la formación de espuma, para lo cual se usa un antiespumante.
  - Los químicos utilizados para el sistema de tratamiento del agua de proceso. Debido a que el sistema es un circuito cerrado y el agua del proceso retorna al sistema, es necesario realizar un tratamiento primario, como es la clarificación de las aguas blancas del sistema, donde por medio de equipos y químicos como floculantes y coagulantes se logra la separación de los lodos, los cuales se retiran del sistema y el agua retorna al proceso.
  - Desde el punto de vista microbiológico, por la naturaleza del sistema de ser un circuito cerrado es necesario la aplicación de biocidas para controlar la flora bacteriana, y por consiguiente la formación de depósitos en la máquina, de tal manera de asegurar la producción continua y la calidad del papel.
  - Debido a la forma del secado del papel tissue, en este caso mediante un cilindro secador denominado comúnmente Yankee, también se requieren químicos para la adhesión de la hoja al Yankee y para el despeje de la hoja. Los cuales se denomina coating y release respectivamente, más adelante se dará mayor detalle de estos productos.

De manera general se presentarán en la Tabla N°2.2 algunos de los productos químicos que se utilizan en el proceso de fabricación de papel tissue.

**TABLA N°2.2**  
**PRODUCTOS QUÍMICOS**

| Producto                        | Bases Química                            | Función  | Punto de Aplicación    |
|---------------------------------|--|--|------------------------|
| NaOH Sólido                     |  | Dispersión de la fibra                         | Pulper                 |
| NaOH Líquido                    |  | Blanqueo de la fibra                           | Antes del Dispensor    |
| Antiespumante                   | Etoxilatos                               | Reducción de espumas                           | Sistema en general     |
| Resina de Resistencia en Húmedo | Resinas Catiónicas                       | Incrementar la resistencia en húmedo del papel | Sistema en general     |
| Blanqueador Óptico              | Productos disulfonados o tetrasulfonados | Blanqueo de la fibra                           | Sistema en general     |
| Pasivadores de Tela y Filtro    | Soluciones Poliméricas                   | Agentes de limpieza de Tela y Filtro           | Máquina Papelera       |
| Colorantes                      | Diversos                                 | Colorear la fibra                              | Sistema en general     |
| Suavizantes                     | Amonios Cuaternarios                     | Dar suavidad al papel                          | Sistema en general     |
| Cationizantes                   | Polímero Catiónico                       | Reducción de carga aniónica                    | Sistema en general     |
| Adhesivo                        | Poliamida                                | Facilita la adhesión de la hoja en el secador  | Cilindro Secador       |
| Release                         | Hidrocarburo derivado del petróleo       | Facilita la liberación de la hoja del secador  | Cilindro Secador       |
| Anticorrosivos                  | Diversos                                 | Prevención de la Corrosión                     | Sistema en general     |
| Floculantes                     | Polímeros de alto peso molecular         | Separación de Finos                            | Clarificación de Aguas |
| Coagulante                      | Sulfato de aluminio Líq.                 | Separación de Finos                            | Clarificación de Aguas |
| Antiincrustantes                | Ácido Poliacrílico                       | Prevención de incrustaciones                   | Sistema en general     |
| Microbicidas                    | Diversos                                 | Reducción de microorganismos                   | Sistema en general     |

**C. Productos y Sub-productos.****• Sub-productos.****Jumbos de Papel**

- **Dimensiones:** 2.30 metros de largo, 1.50 metros de diámetro y 1.50 – 2.00 toneladas de peso.
- **Características de Calidad:** Gramaje, espesor, resistencia longitudinal, resistencia transversal, % humedad, elongación, blancura, resistencia en húmedo.



**Foto N°4**  
**Jumbo de Papel Tissue**

Los tipos de Jumbos de Papel se muestran en la Tabla N° 2.3

**TABLA N°2.3**  
**TIPOS DE JUMBOS DE PAPEL**

| Tipo de Jumbo | Características       |
|---------------|-----------------------|
| Tipo I        | 100 % Celulosa        |
| Tipo II       | 100 % Papel Reciclado |
| Tipo III      | Toalla - Servilleta   |
| Tipo IV       | Color                 |

- **Productos.**

Papel Higiénico

Papel Toalla

Servilletas

## **2.1. MANUFACTURA DEL PAPEL TISSUE**

### **2.1 1. Descripción del proceso.**

A continuación se muestra el Diagrama de Flujo del proceso de fabricación del papel tissue en el Gráfico N° 2.1.

# DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE FABRICACION DE PAPEL TISSUE

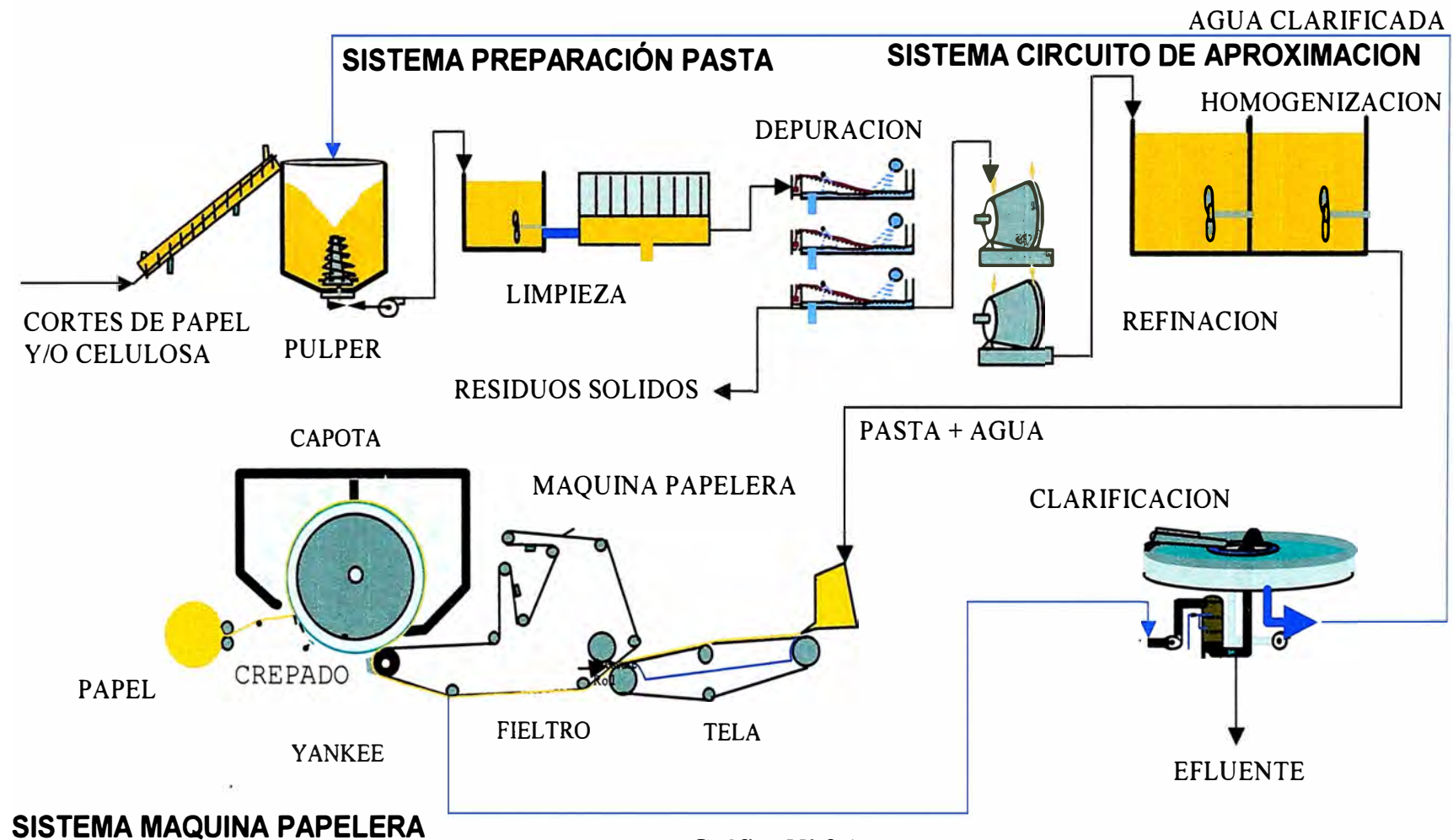


Gráfico N° 2.1

Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación del papel Tissue

### **Proceso Productivo de Papel Tissue**

Todo Papel se produce con fibras de origen vegetal. Las que se entrelazan en un proceso de formación en húmedo y luego se secan para formar una hoja continua. Las fibras se obtienen de la celulosa (fibra virgen) o de papel previamente usado (fibra reciclada), que pueden ser combinadas en distintas proporciones para la fabricación de Papel Tissue, dependiendo principalmente del producto final y de los usos de cada producto.

La fibra reciclada y la fibra virgen se mezclan con agua y aditivos químicos en una gran batea llamada Pulper, donde se disgrega el papel reciclado o la celulosa y que da forma a una pasta acuosa que contiene las fibras.

### **Prensado**

Esta pasta es conducida a través de prensas que eliminan una cantidad de agua y provocan la unión de las fibras. Las fibras obtenidas en el proceso de preparación de pastas son sometidas a una depuración final e inyectadas a la sección de formación de la máquina papelera, que posee una malla sin fin denominada Tela formadora, que es donde se forma la hoja de papel y las fibras se acomodan. En ellas son desaguadas por gravedad y vacío.

### **Secado**

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

**Crepado**

Es parte del proceso de fabricación de Papel Tissue. Este proceso genera en la hoja de papel una onda tipo acordeón que le otorga elasticidad, que mejora su suavidad y su capacidad de absorción comparándolo con papeles lisos. Una lámina metálica denominada cuchilla crepadora permite la separación del papel del Yankee.

El crepado imparte una enorme cantidad de energía mecánica a la hoja, que rompe los enlaces de la fibra y arruga la estructura física de la hoja. Esta energía da grosor y suavidad.

**Clarificación de aguas**

Se considera dentro del proceso de fabricación de papel. Las aguas provenientes del drenaje de la pasta al momento de entrar a la máquina papelera pasan por un sistema de coagulación – floculación de finos para su reutilización.

Normalmente para esta operación se utilizan celdas de flotación en el cual ocurre la separación de los lodos con el agua clarificada. Esta agua clarificada es la que retorna al proceso para su reutilización.

**Conversión**

Es el proceso que transforma y dimensiona el papel al formato del producto final: Papel Higiénico, Papel Toalla, Servilletas de Papel, Pañuelos y Pañales.

Aquí también se lleva a cabo el proceso de gofrado, que es el estampado en seco de un alto relieve en el papel con el propósito de decorarlo y mejorar aún sus propiedades de suavidad y capacidad de absorción.

A continuación se muestra el Diagrama de bloques del Proceso de fabricación del Papel tissue. Gráfico N°2.2

## DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE FABRICACION DE PAPEL TISSUE

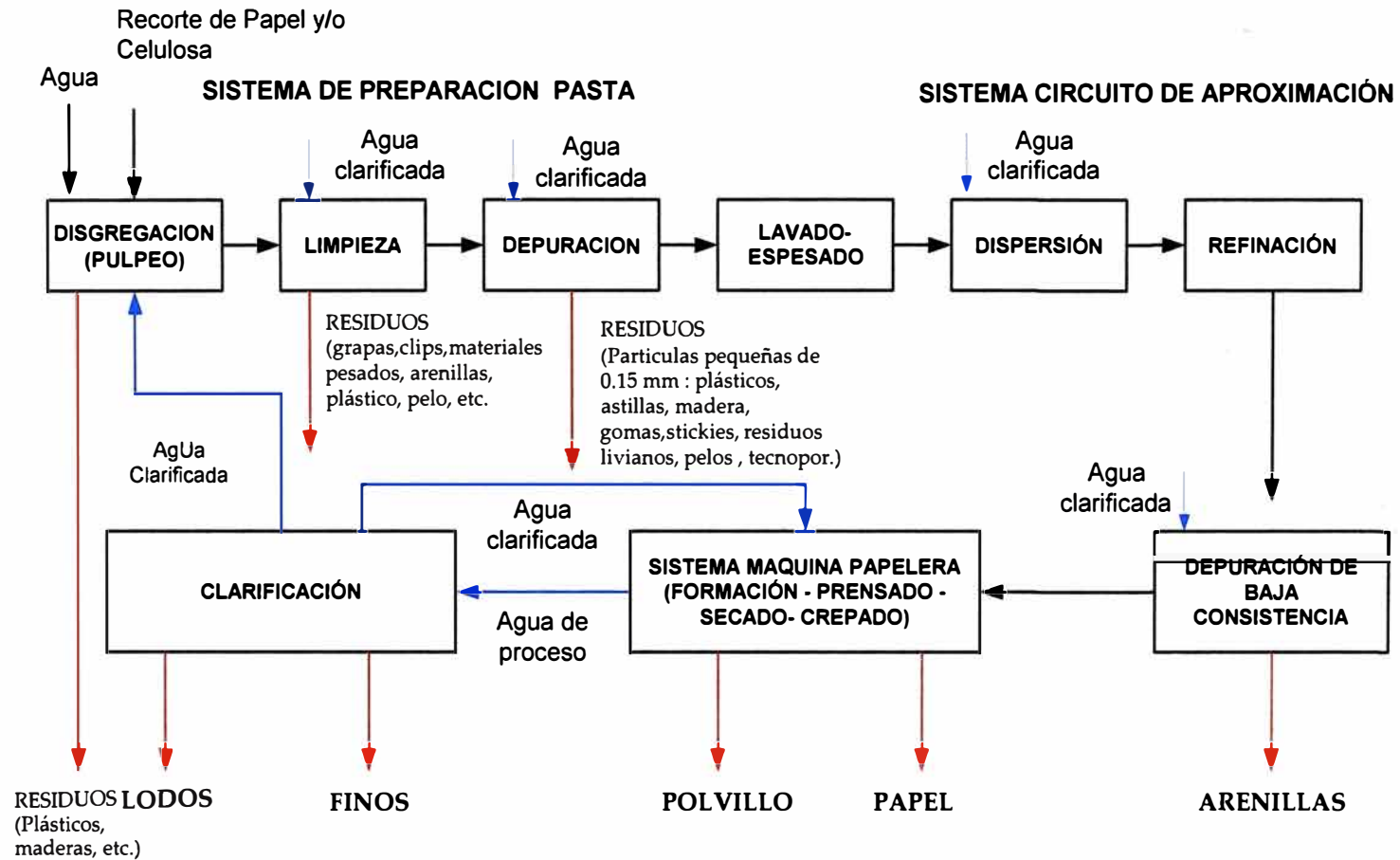


Gráfico N°2.2

Diagrama de Bloques del Proceso de Fabricación de Papel Tissue



## **2.1.2 Etapas del proceso de fabricación del papel tissue**

La descripción de este proceso corresponde a la elaboración de papel tissue, pero teniendo como material base la fibra reciclada comúnmente llamada papelote.

La manufactura del papel tissue consiste en una serie de etapas que serán descritas a continuación, también se mencionaran los principales equipos utilizados en las diferentes etapas, así como sus funciones y algunos parámetros de operación representativos de cada etapa.

### **2.1.2.1 Selección material**

La selección del material se realiza en el patio de recorte donde se clasifica el material de acuerdo a sus características, y se separa en mixto, blanco, broke y otros.

Luego de separar por tipos el material, se preparan los fardos respectivos, los cuales después de ser pesados quedan listos, para ser llevados al patio ubicado, al pie del pulper; la cantidad de fardos de estos materiales dependerá de la receta de fabricación, es decir el tipo de papel a fabricar.

### **2.1.2.2 Disgregación (PULPEO)**

Mediante una faja transportadora, se cargan los fardos de material al pulper, luego se agrega agua hasta un nivel determinado y se procede al disgregar el material mediante el rotor del pulper; esta operación dura entre 20 a 40 minutos, esto depende de la calidad del material, y finalmente se descarga el pulper, es decir el material disgregado pasa al siguiente equipo denominado Separador de rechazos, llamado comúnmente “Pera de vaciado”.

- **Equipo: Pulper Hélico de alta consistencia.**

Algunas especificaciones del pulper:

- Tiempo Trabajo 20-15 min.
- Consistencia en el pulper: 18%
- Consistencia salida: 5%
- Volumen Pulper 12m<sup>3</sup>
- Capacidad 2.5 tn
- Agua para pulper: Agua clarificada, agua blanca o agua fresca.



**Foto N°5**  
**Pulper – Faja Transportadora**

- **Equipo: Separados de rechazos Gruesos Pera (Colador)**

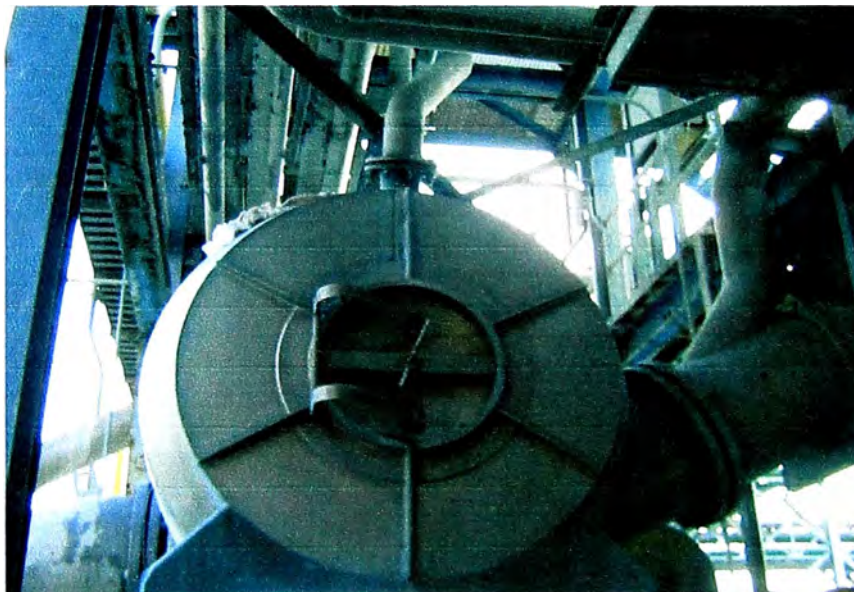
El Separador de rechazos consiste en un colador por donde pasa el material disgregado y las impurezas se quedan atrapadas en esta canastilla. Esta es una Etapa de limpieza que consiste en la separación de los gruesos como plásticos, basura, madera, plata, botellas, etc.

Algunas especificaciones del equipo

- Capacidad: 19500 lpm (Nota dato de diseño).
- Consistencia de trabajo 5-6% aproximadamente.

Descripción: la pasta que sale del pulper Hélico con una consistencia de 5% ingresa al separador de rechazos (Pera) y a la vez también ingresa el agua clarificada.

Internamente la pera tiene como una malla de diámetro 5mm, por donde pasa la pasta con esa consistencia y las demás partículas de mayor tamaño se quedan retenidas y eliminadas a una poza de rechazos con agujeros que luego mediante un tornillo se recolectan los desechos del Separador de rechazos.



**Foto N°6**  
**Separados de rechazos Gruesos Pera (Colador)**



**Foto N°7**  
**Residuos del separador de rechazo (Pera)**

### 2.1.2.3 Limpieza

Consiste en retirar los materiales pesados, grapas, arenillas, metales pesados, mediante los siguientes equipos::

- Depurador de alta consistencia
  - Colador de agujeros
  - Diabolo de Orificio
- **Equipo: Depurador de alta Consistencia**  
Separa de la pasta arenillas, materiales pesados, grapas. La forma de operación del equipo es mediante las siguientes etapas: llenado, trabajo y vaciado.  
El principio de operación: del equipo es que actúa como un ciclón, la pasta con una consistencia (consistencia de entrada es de aproximadamente de 3-4%), ingresa lateralmente y por gravedad caen las impurezas, rechazos pesados.  
Los rechazos son descargados a un tambor y eliminados posteriormente.



El aceptado se envía al Colador de Agujeros para continuar con la limpieza de la pasta.

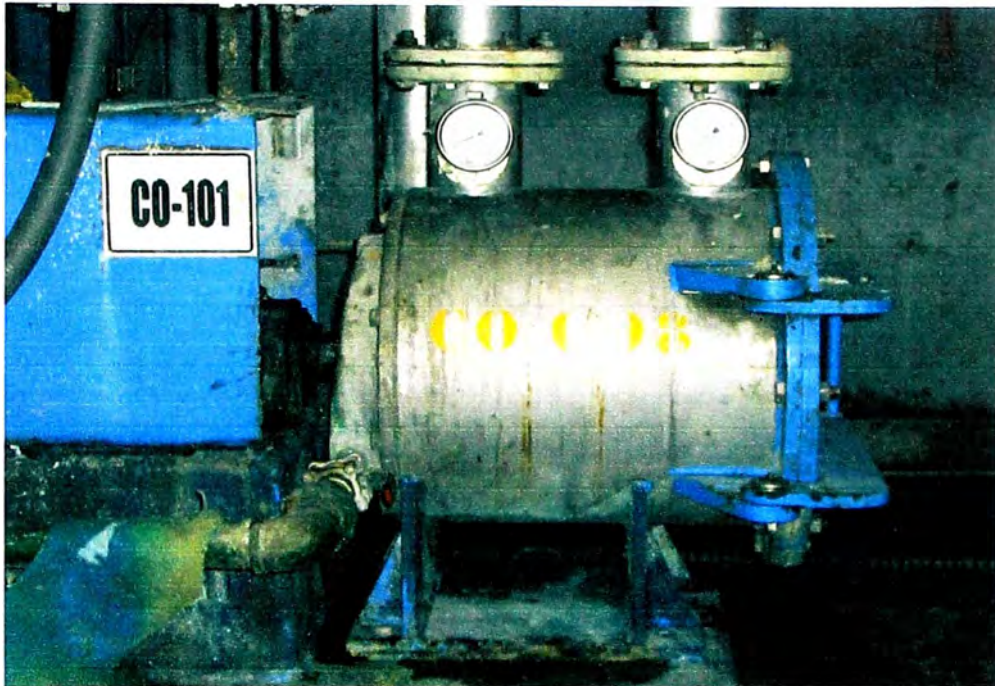


**Foto N°8**  
**Depurador de alta consistencia**

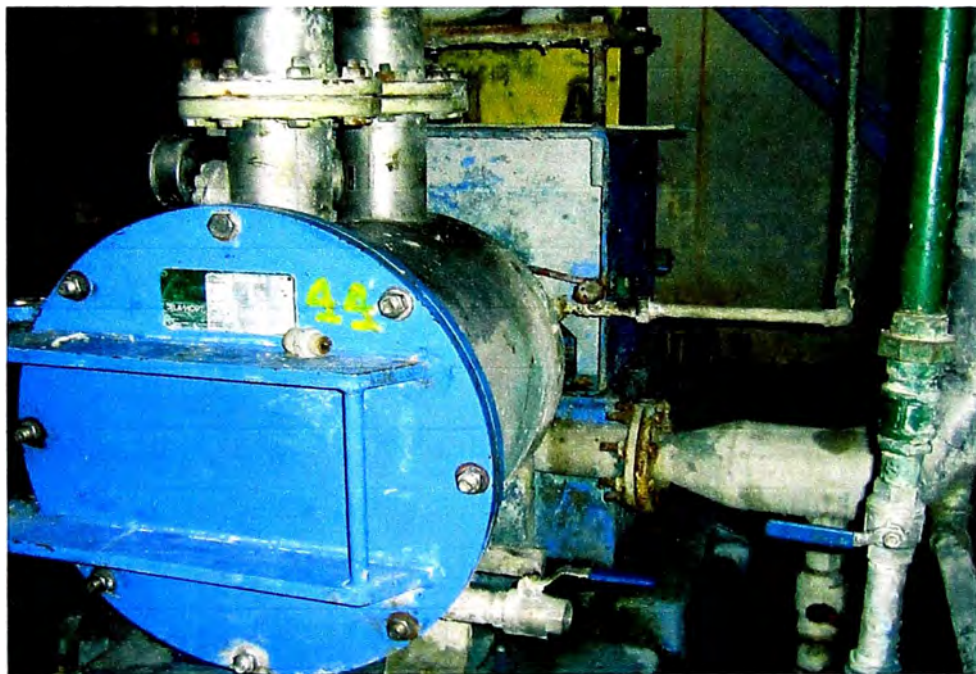
- **Equipo: Colador de Agujeros**

En este equipo se continúa con la limpieza de la pasta, este equipo cuenta con unos orificios, en donde el diámetro de los Agujeros del Colador es de 1.6mm, por donde el material aceptado pasa.

El aceptado sale con una consistencia del 3 %, van un tanque, mientras que el rechazo sale con una consistencia del 1.5%, y aun contiene fibra más impurezas como plásticos y trazas de maderas, los cuales van al Diabolo de orificios



**Fotos N°9**  
**Colador de agujeros vista lateral**



**Fotos N°10**  
**Colador de agujeros vista frontal**



- **Equipo: Diabolo de orificios**

En este equipo también se continúa con la limpieza de la pasta, la alimentación ingresa con una presión de 0.7 bar, en el cual el aceptado va a un tanque para posteriormente pasar por la depuración mediante el colador de ranuras, mientras que el rechazo que consiste en: plásticos, maderas, residuos livianos, RH, livianos, tecnopor, etc., es posteriormente eliminado. La forma de operación del equipo es mediante las siguientes etapas:

- Trabajo 140 seg.
- Lavado 120 seg.
- Agotamiento 15 seg.
- Descarga de Desechos 25seg.
- Llenado de agua 35 seg.

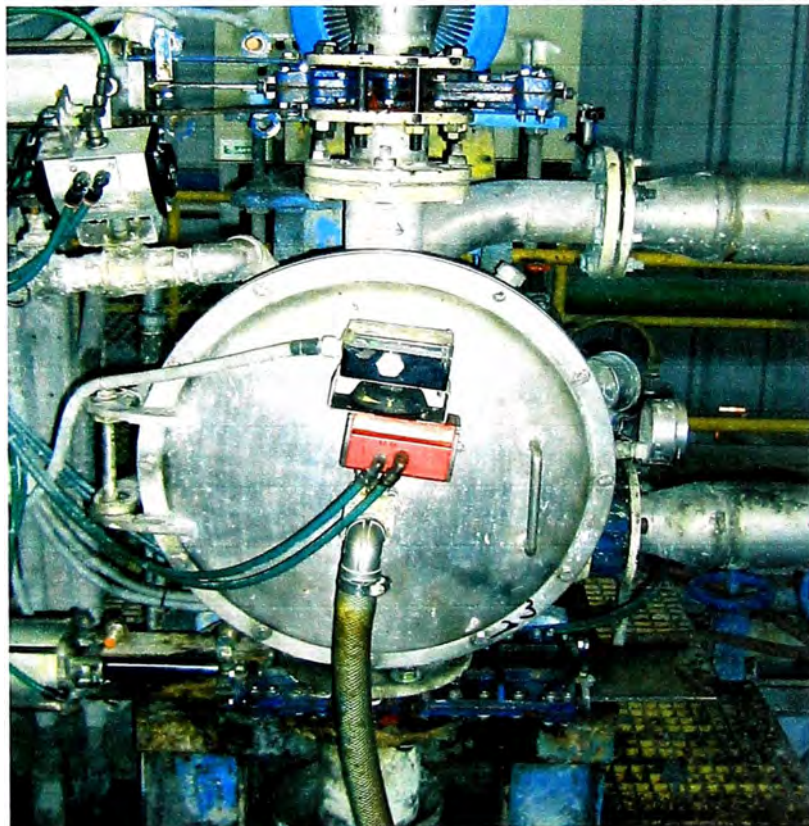


Foto N°11

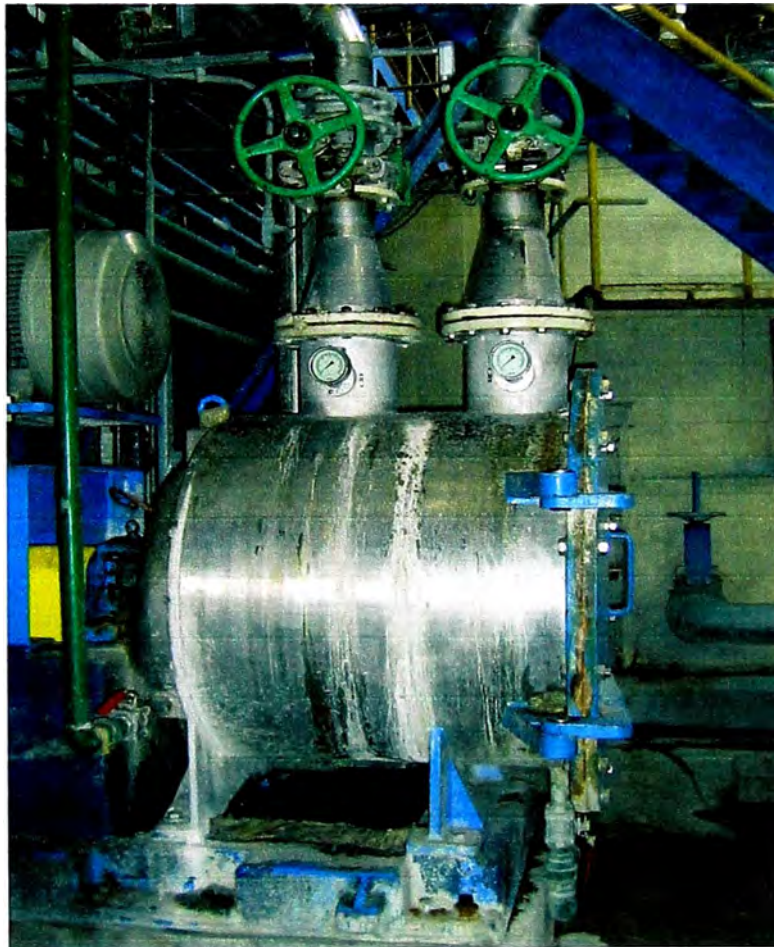
**Diabolo de orificios**

#### 2.1.2.4 Depuración

En la depuración se continúa limpiando la pasta, para lo cual se pasa por los siguientes equipos, los cuales funcionan de manera similar a los equipos anteriormente mencionados

- **Equipo: Colador de Ranuras**

En la alimentación la consistencia de ingreso es de 2.8-3% aproximadamente, con una presión de ingreso de 1.8 bar y el flujo de trabajo aproximado 1800l/min. El aceptado va a la caja de nivel y de ahí a los Espesadores, y los rechazos como grumos, partículas, gomas, etc.; van al Diabolo de orificios.



**Foto N°12**

**Colador de ranuras**

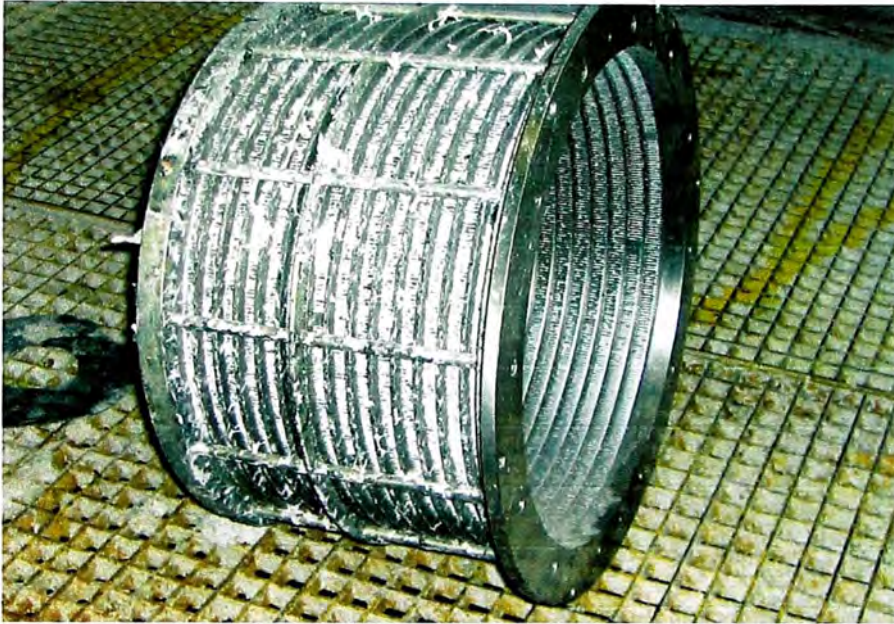


- **Equipo: Diabolo de ranuras**

La alimentación la constituye el rechazo del colador de ranuras, la consistencia de ingreso es de 1% el aceptado van al tanque de alimentación del colador de ranuras, los rechazos mayormente son cantidades de finos y fibras.



**Foto N°13**  
**Colador de Ranuras**



**Foto N°14**  
**Canastilla del colador de ranuras**

#### **2.1.2.5 Lavado-Espesado**

En estas etapas se continúa limpiando la pasta y se comienza a espesar la pasta, lo que significa que la consistencia se incrementa.

- **Equipo Caja de Nivel**

Tiene un ingreso que es el aceptado del Colador de Ranuras. El ingreso es por la parte inferior y tiene tres salidas (una para un tanque y los demás para los Espesadores).





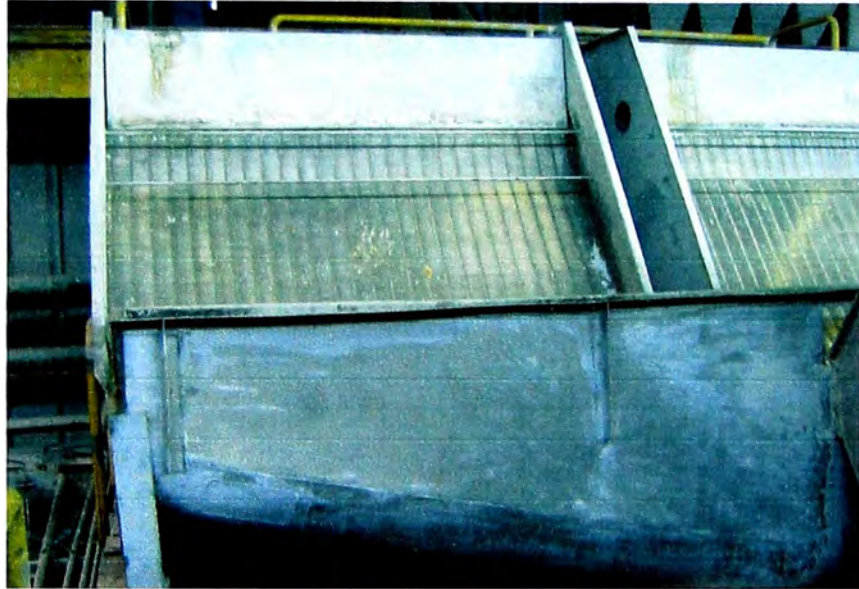
**Foto N°15**  
**Caja de Nivel**

- **Equipo Espesadores**

La pasta ingresa con consistencia de 3% aproximadamente y sale con consistencia de 4-5% aprox. los cuales van a un colector en donde la salida de los tres Espesadores se juntan.

El principio de operación del equipo es el siguiente: la pasta ingresa por la parte inferior del equipo, y luego por gravedad cae la pasta, mientras que el agua por unas ranuras cae dentro del Espesador. Por las ranuras del espesador no pasa la fibra, solo el agua.

El agua de los espesadores va a un tanque, luego al Filtro Trener y después al Bombo Espesador para recuperar las fibras.

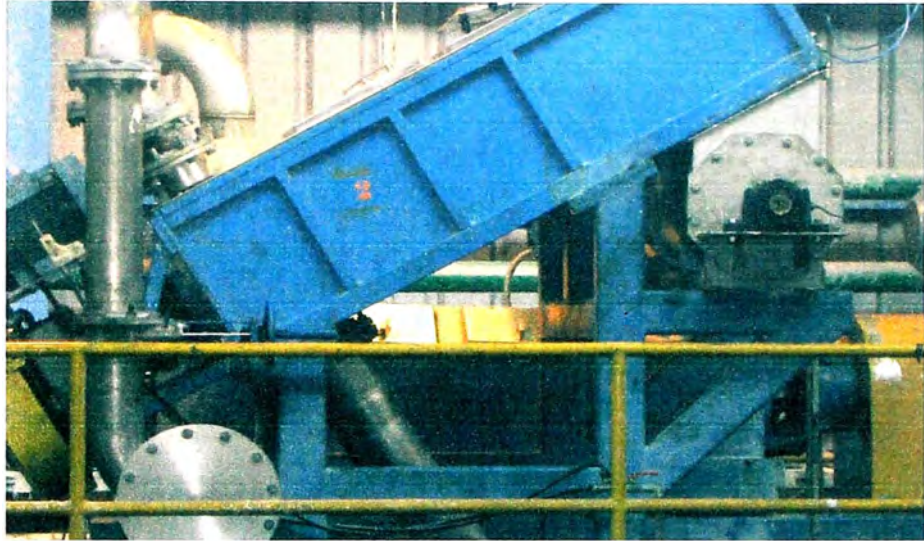


**Foto N°16**  
**Espesadores**

- **Equipo Prensas Húmedas**

La alimentación de la pasta proviene del colector de los espesadores con 4-5% de consistencia va un tanque y luego a las Prensa Húmedas. Se tiene dos prensas húmedas en paralelo. La pasta sale con una consistencia de 18-20% y va a la Prensa Seca.

La función de este equipo es de elevar la consistencia de la pasta y disminuir el contenido del agua de la pasta. El agua eliminada de estas dos prensas húmedas va un tanque en donde se recuperara la fibra mediante el filtro Trener y el bombo espesador.



**Foto N°17**  
**Prensas húmedas**

- **Equipo Prensas Secas**

La alimentación es la salida de las prensas húmedas esta pasta posee una consistencia de 18-20%, la función de este equipo es de elevar la consistencia de la pasta a 25-30% aproximadamente.

El agua eliminada de la prensa seca va al mismo tanque de recuperación de fibras, en donde la prensa húmeda también deriva sus aguas.

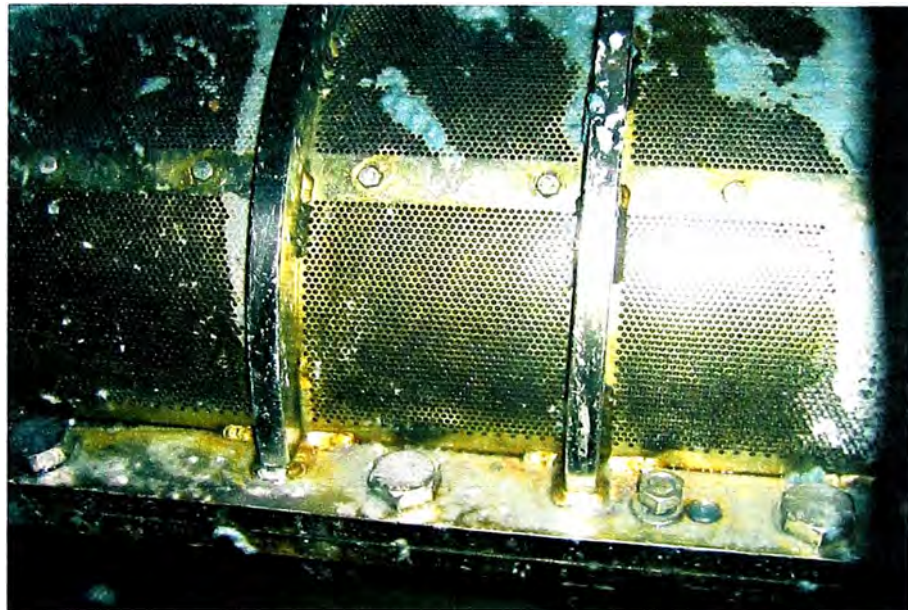


**Foto N°18**  
**Prensas seca vista superior**





**Foto N°19**  
**Prensas seca vista frontal**



**Foto N°20**  
**Canastilla de la prensa seca**

#### **2.1.2.6 Etapa de dispersión**

El objetivo de esta etapa es el diluir las pintas a través de altas temperaturas para luego dispersarlas. La pasta realiza un recorrido a través de varios tornillos. La pasta del Tornillo Tapón va al

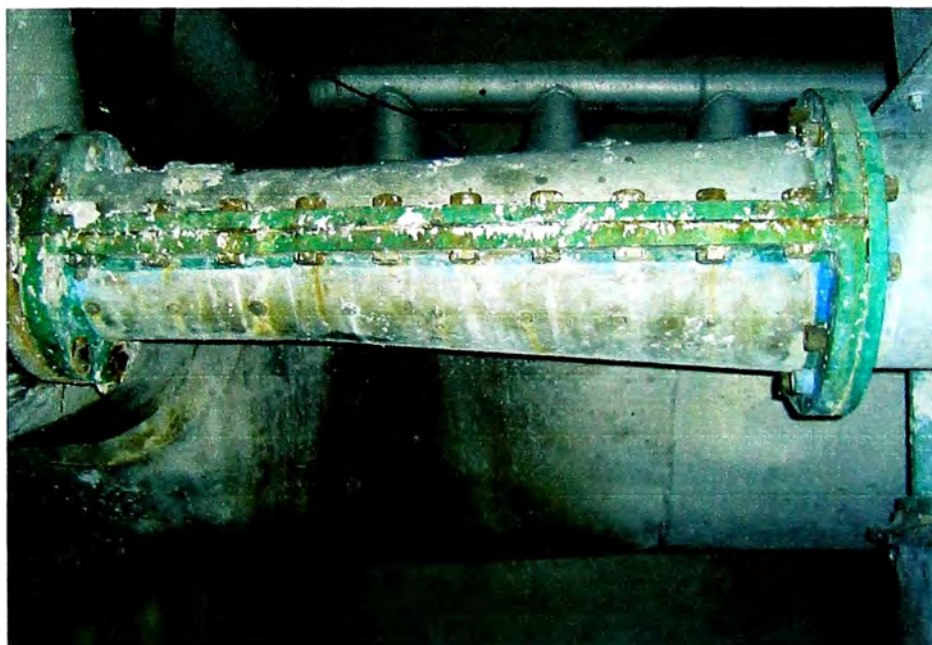
Tornillo Triturador y luego al Calefactor. Los cuales se detallan a continuación.

- **Equipo Tornillo Tapón-Sello**

La pasta debe llegar a este tornillo con una consistencia de 28-30% aprox. si se tiene menores valores de 22% es probable que se tenga problemas de contra flujo (fuga de vapor), por esta razón es importante la consistencia y el flujo de pasta. Por ello la velocidad del tornillo es menor.

La función de este tornillo (debido a su forma cónica) es de formar un tapón de pasta para sellar esta zona y que el vapor no retorne por esta zona. El tiempo de duración de este tornillo es de aproximadamente de 2 años.

La alimentación de este tornillo es la pasta de la prensa seca que cae por gravedad por un ducto (denominado Shutte) en donde se añade la mezcla de Soda y FAS para el blanqueo de la pasta.



**Foto N°21**  
**Equipo Tornillo Tapón – Sello**

- **Equipo Tornillo Triturador**

El objetivo de este equipo es desmenuzar la pasta. En esta zona la pasta se prepara para la siguiente etapa de calefacción, la desmenuzadora divide el tapón de pasta en pequeñas piezas para que el proceso de calefacción afecte a todas las fibras por igual, para esto se necesita tener dos válvulas de ingreso de vapor totalmente abiertas para ayudar a calentar hasta 40-60°C aprox., el ingreso de vapor en esta zona ayuda a tener menor flujo de pasta.

La pasta proveniente del tornillo tapón es transportada por el Tornillo Triturador en donde ingresa vapor. En esta zona la pasta incrementa su temperatura para el blanqueo y se prepara la fibra para la dispersión.



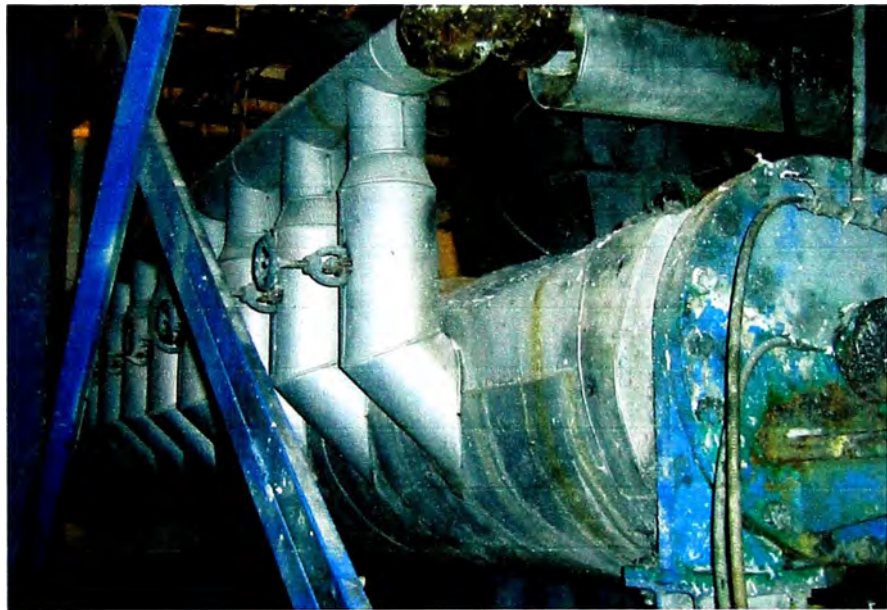
**Foto N°22**  
**Equipo Tornillo Triturador**



- **Equipo Tornillo Calefactor**

En esta zona la pasta se calentará a una temperatura de 90-120°C (194-248 °F), el calentamiento de la pasta mejora los resultados de la dispersión, los materiales como la cera, las masas fundidas calientes, las gomas y las tintas debido a la temperatura se calentarán hasta alcanzar el punto líquido, esto mantendrá al mínimo la caída del drenaje. Una temperatura demasiado baja en este punto (< 90°C) podría traer consigo resultados de dispersión insuficientes.

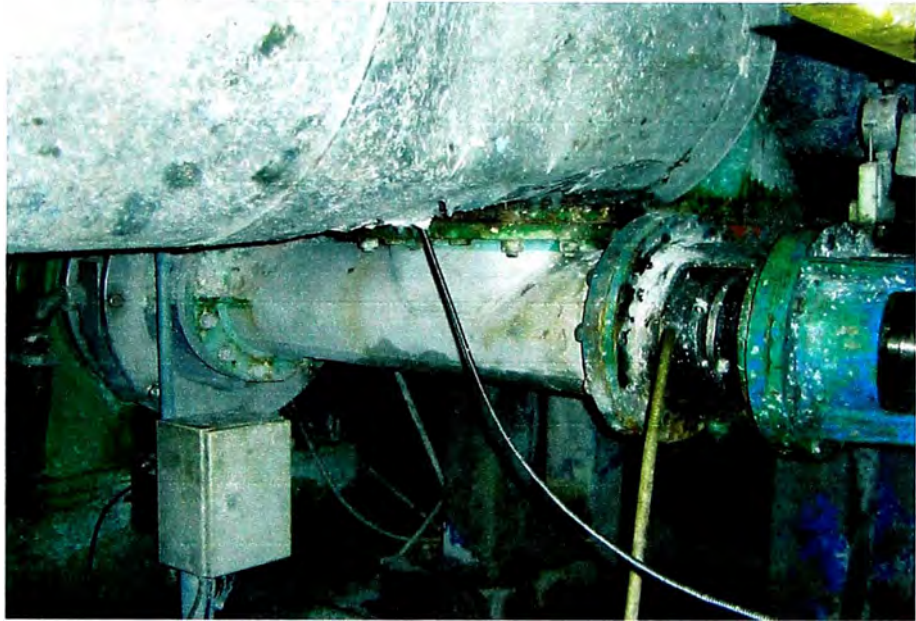
El ingreso de vapor es mediante un manifold con nueve válvulas. Para lograr la temperatura deseada se debe regular las válvulas de ingreso de vapor, en las nueve. Es importante tener la primera válvula totalmente abierta y la última casi cerrada (regular gradualmente).



**Foto N°23**  
**Tornillo calefactor**

- **Tornillo alimentador**

Su función es mandar una pasta constante y homogénea hacia el dispersor.

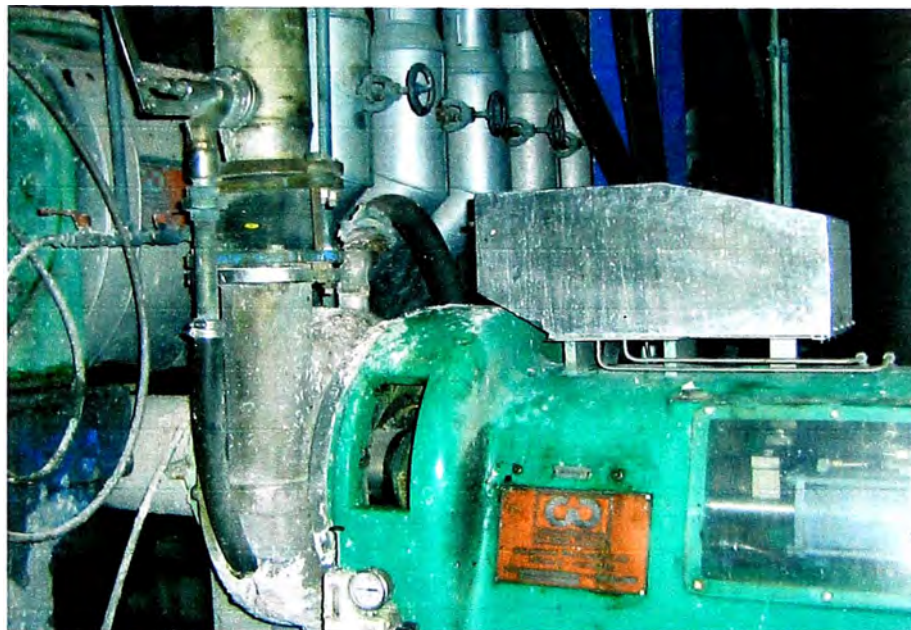


**Foto N°24**  
**Tornillo alimentador**

- **Dispensor**

En esta zona, se diluye la pasta mediante el ingreso de agua de dilución para bajar la consistencia de la pasta a 3.5%, aproximadamente, y simultáneamente se dispersan las pintas que vienen en la pasta. A la vez, el dispensador actúa como un impulsor, enviando la pasta hacia un tanque de almacenamiento.

En la etapa de dispersión, las fibras pasan por un estrecho orificio entre un disco, que normalmente suele oscilar entre 0.1-0.5mm (0.004-0.02”). Al pasar por este orificio, los contaminantes se dispersarán por igual, de la superficie de las fibras. Al separar los contaminantes, el dispensador también elimina los grumos o gomas de impurezas (engomados o adhesivos) que podrían afectar el funcionamiento de la máquina o provocar defectos en el papel.



**Foto N°25**  
**Tornillo alimentador - dispersor**



**Foto N°26**  
**Dispersor**

### 2.1.2.7 Aproximación

La pasta proveniente de la etapa de dispersión, va a un tanque de almacenamiento, que dependiendo de la receta del papel, se mezcla con otra línea de pasta en el tanque cabeza de máquina. La pasta de este tanque pasa por la torre de bombeo, para luego alimentar al refinador.

- **Refinador**

El equipo utilizado es un refinador con discos

La refinación en preparación pasta se refiere a la acción mecánica continua que tiene lugar sobre las fibras en refinadores cónicos o de discos.

El objetivo es desarrollar las propiedades de enlace de las fibras, de una manera óptima para el tipo de papel a fabricar.

El tratamiento de refinación involucra por lo tanto una acción mecánica en medio acuoso, cuyo propósito fundamental es remover las paredes externas de las fibras e inducir el desarrollo de las propiedades físico-mecánicas de la pasta fibrosa.

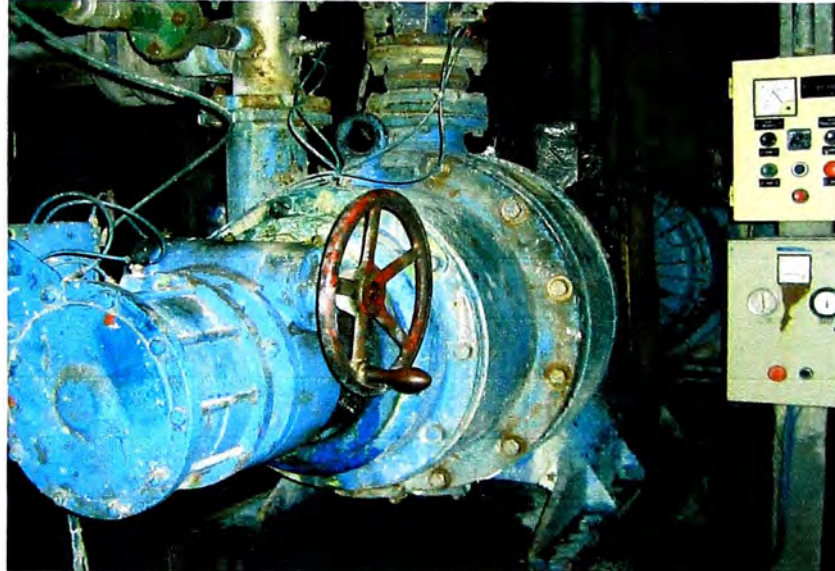
Puesto que no es posible tratar individualmente a cada fibra, la refinación es aplicada a una suspensión constituida por millones de partículas.

Los efectos primarios de la refinación son los que conciernen directamente a la fibra, y los efectos secundarios son consecuencia de los efectos primarios y se manifiestan en las propiedades físico-químicas de la suspensión de la pulpa húmeda y de la hoja de papel.

La pasta refinada es impulsada hacia la caja de nivel en donde, este equipo es importante, ya que asegura la presión en la línea para la válvula de gramaje, la cual es utilizada para regular el gramaje de la hoja.



De acuerdo al tipo de fabricación, la abertura de la válvula de gramaje puede variar.



**Foto N°27  
Refinador**

#### **2.1.2.8 Depuración de baja consistencia**

Después de la refinación la pasta es tratada en un sistema de limpieza, denominado cleaners el cual consta de varias etapas, los cleaners son equipos en donde se retira las impurezas de menor densidad.

- **Equipos Cleaners (Depuración Centrífuga)**

Tienen por objetivo diluir la pasta proveniente del tanque de mezcla y eliminar impurezas en la pasta de baja consistencia.

Sirven para separar pequeñas partículas más pesadas que el agua (arena, pintas). Los equipos tienen que tener la capacidad necesaria para trabajar a distintas consistencias, que sean eficientes en todas sus etapas, que no se tapen, que se detecten con facilidad si se tapan y que la operación de destapar que sea fácil.



**Foto N°28**  
**Depuración de baja consistencia (equipo cleaners)**

- **Equipo Colador, cabeza de máquina**

Sirve para eliminar partículas que sean perjudiciales en el papel y dañinas a las telas formadoras. Deben tener una separación entre agujeros o ranuras de área abierta que evite taponamientos. Orificios aproximados = 1,8 mm cónicos.

El aceptado de los cleaners va a la succión de la bomba de fun pump, que está ubicado al pie de tanque de dilución de máquina, para luego pasar por la etapa final de limpieza de baja consistencia mediante el colador de cabeza de máquina, en donde se eliminan las impurezas de menor tamaño provenientes de la pasta y del agua de proceso, en esta etapa se logra bajar la consistencia hasta

valores de 0.2% aproximado. El aceptado del colador es la alimentación de la caja de entrada.



**Foto N°29**  
**Equipo colador , cabeza de máquina**

#### **2.1.2.9 Etapas en la zona de la máquina papelera**

La máquina posee dos vestiduras, la tela formadora que interviene en la formación de la hoja y el fieltro en el secado de la hoja, en donde participa la prensa y el cilindro secador Yankee.

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



Para obtener el papel desde que la pasta ingresa a la máquina con una consistencia promedio de 0.3% hasta el papel bobinado, con un 5% de humedad, la pasta pasa por las siguientes operaciones fundamentales:

- A. Formación.
- B. Prensado.
- C. Secado.
- D. Crepado

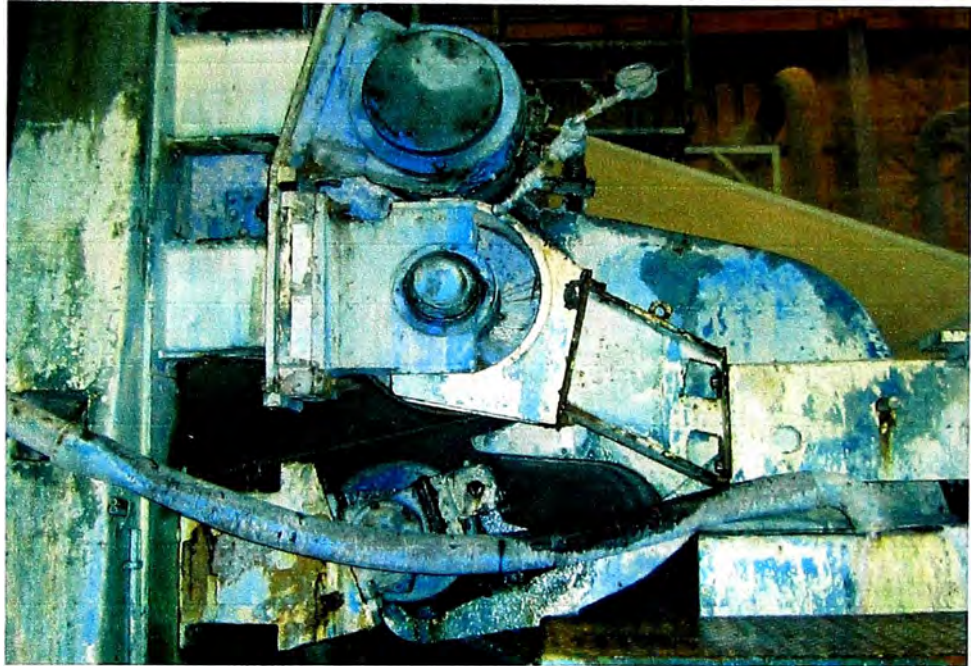
**A. Formación: Caja de Entrada.**

- Se llama formación, a las características de distribución de las fibras en la lámina de papel.
- La formación es buena cuando las fibras están distribuidas uniformemente, lo que se puede ver, observando la hoja a contra luz.
- El proceso de formación es la operación de transformar una suspensión fibrosa en una hoja húmeda.
- La teoría de la distribución cónica en la caja de entrada, consiste en ejecutar la alimentación de pasta a partir del lado accionamiento hacia el lado mando para conseguir la velocidad de chorro y presión idénticas en todo lo ancho de la caja de entrada.

El objetivo de la caja de entrada es distribuir la pasta que tiene 0.2% de consistencia aproximadamente, por diseño la caja de entrada; tiene una configuración que asegura la presión uniforme en todo el ancho de la caja. de entrada.

La formación se realiza mediante la caja de entrada, por donde ingresa la pasta que de acuerdo al gramaje es previamente regulada por medio de la válvula de gramaje, el agua necesaria para la formación la proporciona la bomba Fun Pump, esta pasta acuosa

inyectada por la caja de entrada es conducida a una malla sin fin denominada tela formadora que es en donde se forma la hoja de papel y las fibras se acomodan, en ellas son desaguadas por gravedad y vació.



**Foto N°30**  
**Caja de entrada (formación)**

## **B. Prensado:**

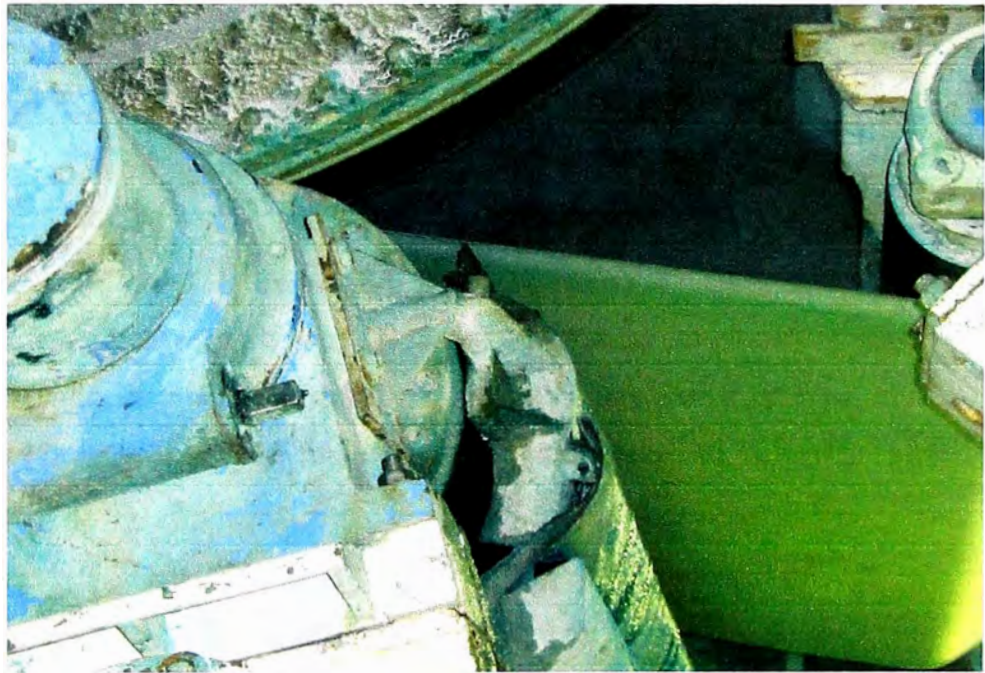
### **Equipos Prensa**

- El objetivo principal del prensado en una máquina papelera es remover el máximo posible de agua desde la hoja de papel antes del secado.
- A fin de establecer un lenguaje común se definirá algunos conceptos relativos al prensado, para facilitar la comprensión del tema:
  - NIP: Se llama a la zona de contacto entre el cilindro y las prensas (rodillos). El ancho del NIP dependerá de la presión

aplicada, de la dureza de la superficie de la prensa (goma) rodillo.

- Presión Lineal: Es la relación de fuerza total aplicada y el ancho del rodillo (Prensa). La unidad de medida será Kg/cm o Lb/Pulg (PLI).
  - Presión específica de prensado: Es la relación entre la presión lineal y el ancho del NIP. La unidad de medida será la de presión Lb/Pulg<sup>2</sup> o Kg/cm<sup>2</sup>.
- 
- La eliminación de agua de la estructura fibrosa, se logra al transferirla al fieltro en la zona de contacto entre la prensa y el cilindro (NIP).
  - Esta transferencia ocurre en el NIP, cuando la hoja de papel y el fieltro ingresan al NIP ambos son sometidos progresivamente a “COMPRESION”. La compresión máxima ocurre en el centro del NIP.
  - Por efectos de la compresión progresiva se alcanzará la saturación y sobresaturación de la lámina de papel y el fieltro. El agua del papel es transferida al fieltro el cual también es sometido a compresión y cuando se produce la sobresaturación del fieltro se libera el agua desde el fieltro hasta la superficie del rodillo (prensa) la que filtra en contracorriente sobre este.
  - El mayor secado de papel se producirá en el punto que se logra la saturación. A partir de ese punto y hasta el extremo del NIP se producirá rehumectación del papel, para evitar que esto ocurra hay que separar el papel del fieltro tan pronto como salga del NIP.
  - El objetivo del prensado es remover el máximo de agua, pero también es importante que la extracción de agua sea uniforme en todo el ancho de la hoja. Para obtener un perfil de presión uniforme a través de la superficie de contacto (NIP) es necesario curvar, “bombear” o (copado) la prensa.

- Variables en el Prensado:
  - Características operacionales.
  - Carga aplicada.
  - Tipo de fieltro.
  - Acondicionamiento y limpieza del fieltro.
  - Velocidad de la máquina.
  - Temperatura de la hoja.
  - Grado de Refinación.
  - Tipo de zona de prensado.
  - Gramaje de la hoja.



**Foto N°31**  
**Prensado (prensa, fieltro y yankee)**

### **C. Secado**

Consiste en el proceso de secado de la hoja en la máquina de papel.

- **Equipo Cilindro secador Yankee**

Se puede decir técnicamente, que un cilindro secador (Yankee) es en realidad un intercambiador de calor de doble naturaleza, o sea,

es un evaporador de agua en la superficie externa, y un condensador de vapor en el interior.

La capacidad del cilindro para evaporar agua en su superficie es una función directa de la temperatura en esta superficie y de la capacidad del medio (la atmósfera próxima del cilindro) en absorber los vahos. La utilización del vapor de agua como fluido termodinámico es muy amplia debido a su naturaleza sencilla y de los bajos costos relativos a su obtención.

La función básica de la máquina papelera, es sacar agua de la hoja, es hecha en 3 sectores que operan basados en diferentes principios:

1° Formación (Detallado líneas atrás).

2° Prensado (Detallado líneas atrás).

3° Parte del Secado: Desaguamiento por evaporación, por medio de suministro de calor en el cilindro secador.

La dificultad de extracción de agua aumenta a cada sección y por consiguiente los costos también. En función de esto, la parte de secado es la sección donde se extrae la cantidad mayor de agua de la hoja y presenta el mayor costo operacional.

El manto del secador (hierro fundido) ofrece una baja resistencia al flujo de energía cuando es comparada a la resistencia impuesta por la película de condensado que se forma en el interior del cilindro secador.

La función del *Separador de Condensado* es recibir y separar la mezcla de vapor y condensado proveniente del cilindro.





**Foto N°32**  
**Secado (capota – yankee)**

- **Capota Extremo Húmedo y Extremo Seco.**

**Objetivo:**

Una capota secadora alimentada con aire caliente ubicada sobre el cilindro crepador / monolúcido aumenta la velocidad y uniformidad de secado de la hoja de papel.

Parte del calor del aire extraído de la capota, se recupera, precalentando aire para los quemadores.

**Funcionamiento:**

Dos quemadores de petróleo, parafina o gas alimentan de aire caliente la capota en sus dos extremos (parte húmeda y parte seca), el aire extraído de ella, en parte se recircula por los quemadores y el resto se hace pasar por el precalentador de aire y el recuperador de calor sucesivamente, para luego eliminarlo a la atmósfera a una temperatura de 62°C.

**Sistema de ventilación de la Campana:**

Tiene como finalidad la evaporación de agua del papel y al mismo tiempo hacer el transporte del agua evaporada para afuera del ambiente de la máquina.

La cantidad de aire que debe ser introducida y extraída de la campana es regulada por el sistema de soplado de aire y sistema de extracción de vahos.

**D. Crepado**

Este proceso genera en la hoja de papel una onda tipo acordeón que le otorga elasticidad, que mejora su suavidad y su capacidad de absorción comparándolo con papeles lisos. Una lámina metálica denominada cuchilla crepadora permite la separación del papel del Yankee (crepado).

El crepado imparte una enorme cantidad de energía mecánica a la hoja que rompe los enlaces de la fibra y arruga la estructura física de la hoja. Esta energía da grosor y suavidad.

Después sigue el enrollado del papel en el pope en donde se obtienen los Jumbos.



**Foto N°33**  
**Crepado (cuchilla crepadora – papel)**



## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL CILINDRO SECADOR YANKEE

El Yankee está ubicado después de la sección de la prensa. La hoja es transferida del fieltro al Yankee en el nip entre la prensa y el yankee. El propósito del Yankee es secar la hoja y sirve su superficie como base para el proceso de crepado.

La hoja entra al Yankee con 40% de secado, es decir 60% de humedad. El secado final de la hoja es alrededor del 95% (esto significa 5% de humedad). El medio de calentamiento en el yankee es el vapor.

### 2.2.1 Información técnica del Yankee

Principales dimensiones y datos de producción:

- Diámetro del Yankee: 3660 mm
- Largo de la cara del Yankee: 3260 mm
- Ancho de la hoja en el Yankee: 2900 mm
- Velocidad de Diseño: 1600 m/min
- Presión de Diseño: 862 Kpa
- Presión de operación: 600 Kpa
- Carga lineal, Prensa máxima: 90 KN/m
- Espesor de la coraza del Yankee : 38 mm
- Profundidad de las ranuras: 25mm
- Temperatura de la superficie del Yankee: 90°C
- Flujo de la carga condensado de vapor: 2626-4445Kg/h
- Flujo de la remoción del condensado del vapor: 1652- 3556Kg/h

### 2.2.2 Diseño y principios de operación del yankee

En general el propósito del yankee es:

- Secar la hoja.

- Sirve como una superficie base para la hoja en el proceso de crepado.

#### **Flujo de la hoja**

- La hoja es transferida al Yankee en el nip entre la prensa y el Yankee secador.
- La hoja es después retirada del yankee por la cuchilla crepadora.

#### **Flujo de vapor**

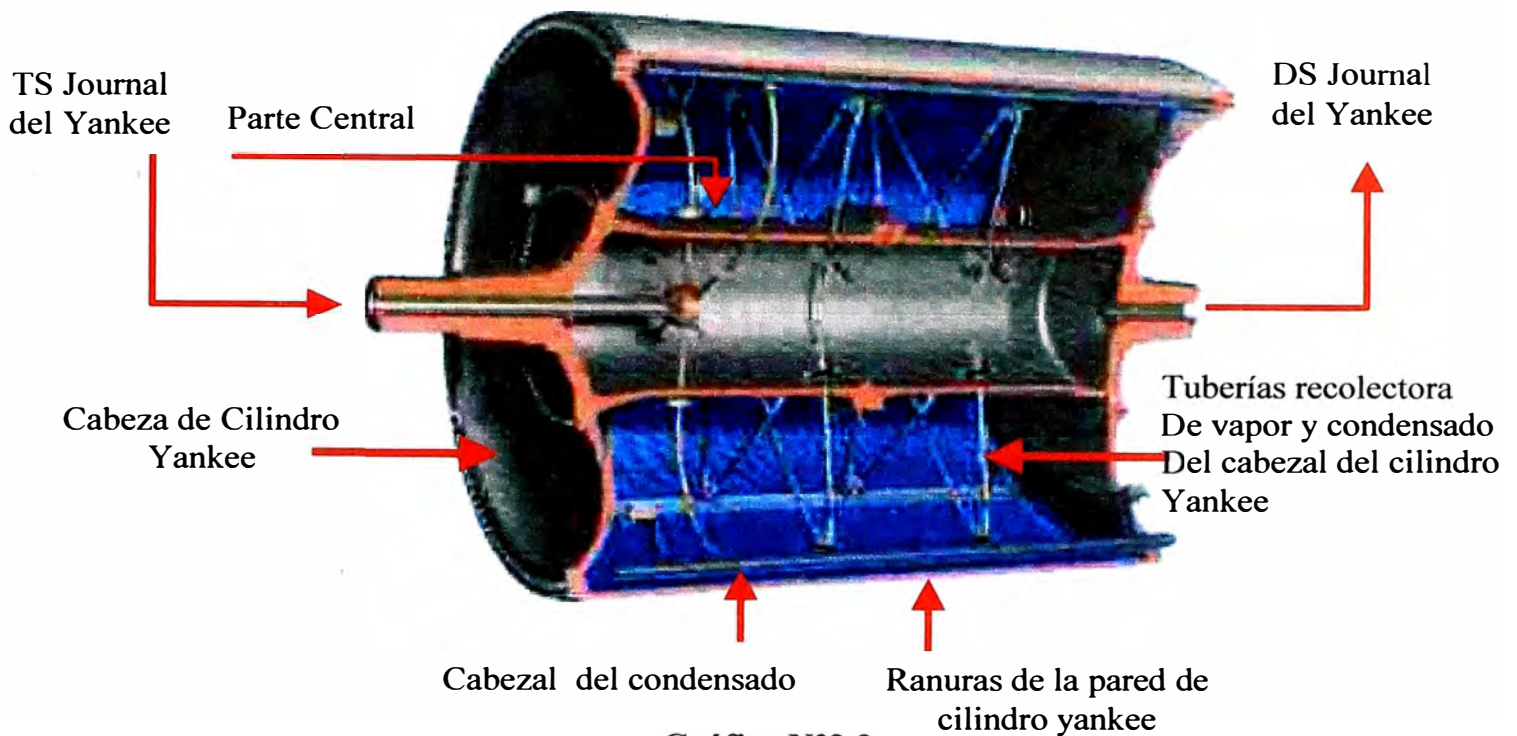
- El medio de calentamiento del Yankee es el vapor.
- El vapor es suministrado al yankee por la caja de vapor TS Journal (tubería del lado mando, por donde ingresa el vapor) Parte del vapor es condensado en el interior de la pared del yankee. Este condensado es removido a través del sistema interno de recolección de condensado con la ayuda de los chupadores. El condensado y el flujo de vapor dejan el yankee vía el DS Journal. (tubería del lado accionamiento, por donde el vapor sale).

### **2.2.3 Cilindro Secador Yankee**

#### **Descripción General del Yankee Dryer**

El cilindro secador denominado comúnmente Yankee, es el equipo principal en las máquinas papeleras de Tissue, por lo que se considera como parte indispensable en las máquinas papeleras de tissue. Su objetivo principal es de secar el papel.

A continuación se muestra un corte transversal del cilindro secador Yankee. Grafico N°2.3.



**Gráfico N°2.3**  
**Cilindro Secador Yankee**

Fuente : Ref. Bibliográfica (4)

El yankee es un enorme recipiente de hierro fundido que es calentado con vapor a alta presión. La presión en el yankee es controlada por una válvula reguladora de vapor la cual tiene su set point máximo para prevenir el exceso de presión en el Yankee.

El Yankee trabaja como rodillo de prensa, seca la hoja junto con la Capota y finalmente proporciona la superficie para el proceso del crepado.

El Yankee es una compleja estructura metálica, expuesta a la presión del vapor, además tiene requerimientos extremadamente altos en seguridad y confiabilidad para su operatividad. En el Apéndice 2 se da un mayor alcance.

**Propósito:**

- La hoja es presionada en contra de la superficie del Yankee en el nip de la prensa a un secado de alrededor de 40%.
- Esto significa que con el Yankee y la capota, el secado se incrementará al final a alrededor de 95%.
- Otra función es secar la hoja, el yankee sirve también como superficie base para el proceso de crepado.

**Equipos /Descripción de componentes:**

- El Yankee consiste principalmente en cinco componentes de hierro fundido.
- Coraza (“Shell “), pared interna del cilindro secador Yankee.
- TS y DS Heads
- TS y DS Journals

La superficie interna de las ranuras sirve para incrementar la capacidad de transferencia de calor en el Yankee. Las ranuras son de 12mm de ancho y 25 mm de profundidad.

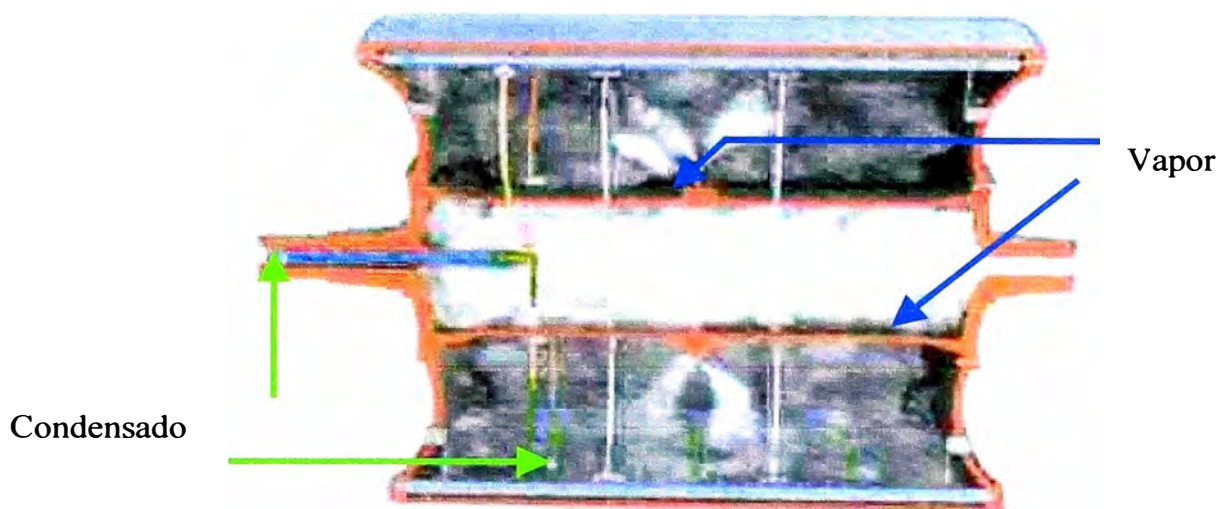
En el fondo de las ranuras, están ubicados los chupadores. El propósito de estos es mantener la temperatura fuera del yankee más uniforme.

**Principio de operación**

- El Yankee suministra la energía de secado a la hoja para evaporar el agua remanente en la hoja.
- La energía es creada a través del condensado de alta presión de vapor dentro del Yankee.
- El vapor suministrado al yankee a través del TS caja de vapor y luego por el centro es distribuido hacia el interior de la superficie del yankee a través del sistema de anillo distribuidor.



- El sistema de anillo distribuidor es equipado con un número de tuberías angulosas ubicadas en diferentes posiciones para dar una buena distribución de vapor.
- Cuando el vapor ingresa al Yankee, la presión de vapor es alrededor de 862 Kpa y con una correspondiente Temperatura del Vapor de alrededor de 178°C. A continuación se muestra en el Gráfico N°2.4 el interior de un cilindro Yankee con vapor



**Gráfico N°2.4**  
**Vapor y sistema condensado**

Fuente : Ref. Bibliográfica (4)

- Cuando este vapor caliente entra en contacto con el interior de la pared (o de la superficie) del Yankee, este se condensa.

Como se muestra en el grafico N°2.5, la transferencia de calor en el Yankee se representa mediante esa ecuación en donde se describe la transferencia de calor del vapor a la superficie del cilindro secador Yankee.

Donde se tiene:

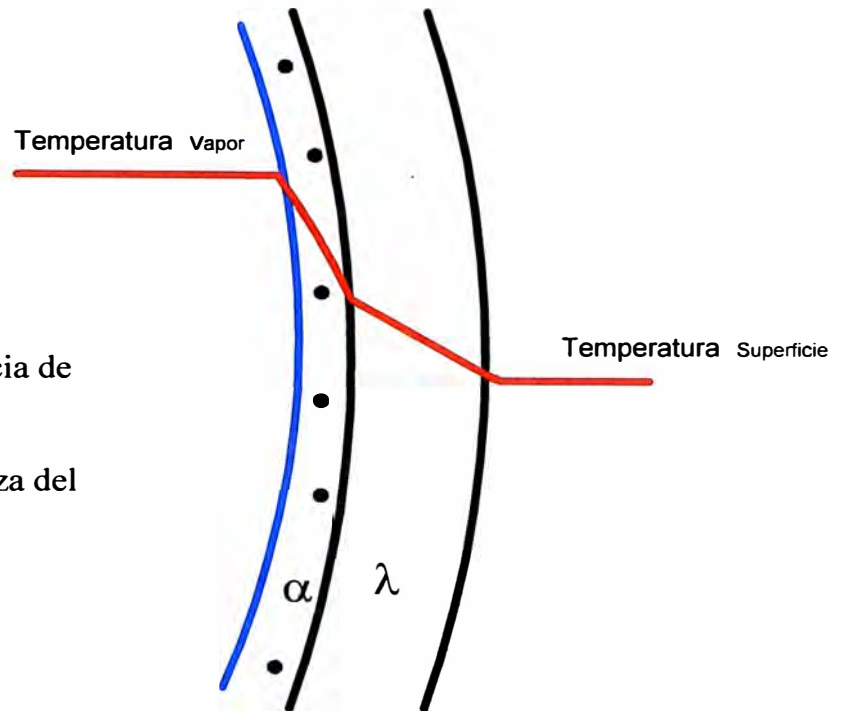
$$Q = K * \Delta T \quad [W/m^2]$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\lambda}$$

$$\Delta T = T_{\text{Vapor}} - T_{\text{Superficie}}$$

$\alpha$  = Coeficiente de transferencia de calor  $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$

$\lambda$  = Conductividad de la coraza del cilindro yankee  $[W/m \cdot ^\circ C]$



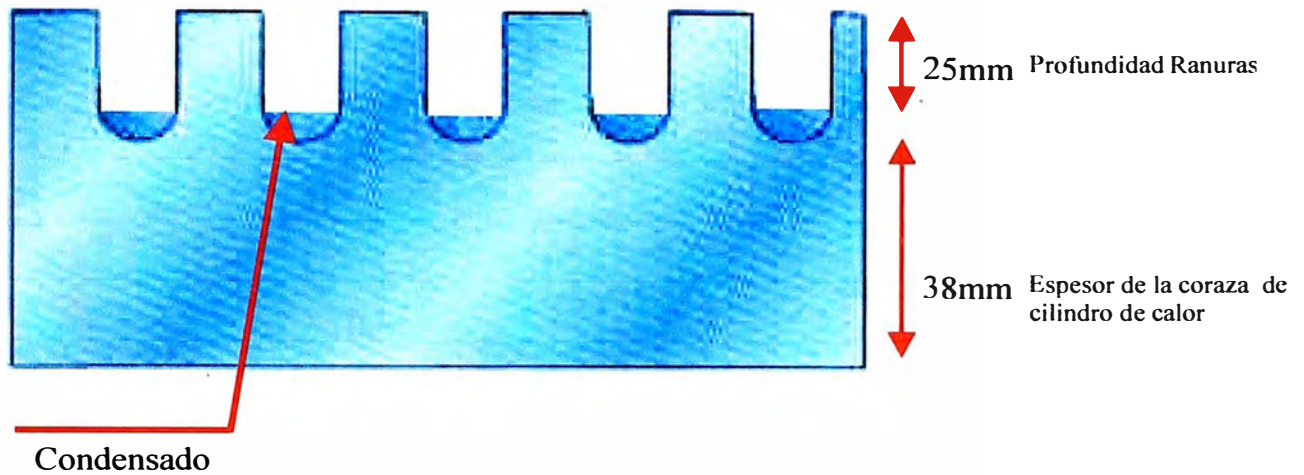
**Gráfico N°2.5**

**Transferencia de Calor a través de la coraza (shell)  
del cilindro secador Yankee**

Fuente : Ref. Bibliográfica (12)

- En el interior de la coraza (shell) del Yankee se tiene una menor temperatura por el efecto del enfriamiento de la hoja en la superficie externa del Yankee. Esto es la condensación que alivia la energía usada para el proceso de secado.
- La disminución de la resistencia del flujo de calor en la pared esto es en las ranuras internas del Yankee.

Temperatura aprox. del Vapor 178°C



Temperatura aprox. Superficie 85°C

**Gráfico N°2.6**  
**Profundidad ranuras - espesor de la coraza**

Fuente : Ref. Bibliográfica (1)

#### **2.2.4 Sistema de remoción del condensado del Yankee**

En esta parte se menciona las diferentes formas del condensado dentro del Yankee y la forma como esto afecta al flujo de calor que atraviesa la pared de la coraza.

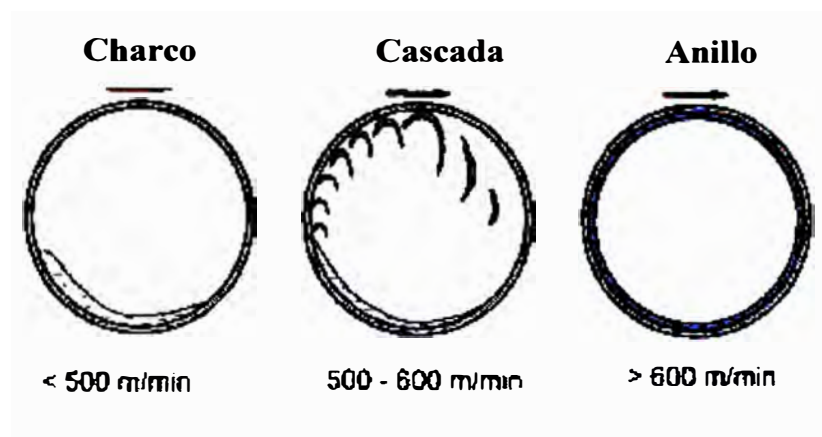
También se discutirá los diferentes tipos de diseños del sistema interno de remoción del condensado que son utilizados a diferentes condiciones de operación.

- **Factores que afectan el diseño del sistema interno de recolección del condensado.**

Algunos factores son:

- La Velocidad de la Máquina.( alta velocidad o baja).

- El diseño del shell ( de la coraza) es decir, de qué tipo es la pared interna del cilindro si es lisa o de ranuras.
- De las dimensiones del Yankee y la condensación del vapor.
- **Forma del condensado a diferentes velocidades del Yankee**  
La forma del condensado formado en el interior del Yankee depende principalmente de la velocidad de la máquina, por lo que se tiene en el siguiente gráfico N°2.7



**Gráfico N°2.7**

**Formas del condensado formado en el interior del Yankee**

Fuente : Ref. Bibliográfica (12)

Forma de charco (puddle), cuando la velocidad de la máquina es menor de 500m/min.

Forma de cascada, cuando la velocidad de la máquina varía entre 500 –600m/min.

Forma de anillo (ring), cuando la velocidad de la máquina es superior a 600m/min.

**Sistema de remoción del condensado**

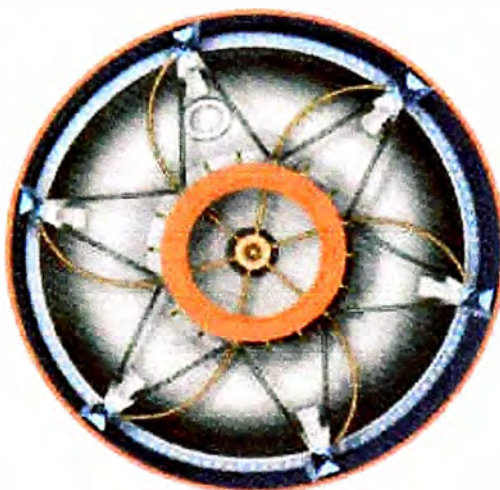
Propósito



- El vapor condensado en el yankee es colectado por el fondo de las ranuras en forma de condensado.
- Este condensado debe ser removido del interior de la pared y este es ayudado por el sistema de remoción del condensado.

#### **Equipos /Descripción de componentes:**

- El sistema de remoción de condensado consiste en seis cabezales de condensado. Estos cabezales están mecánicamente soportados por los journals del Yankee y están ubicados cercanamente en el interior de la pared de la superficie del Yankee. Ver Gráfico N°2.8

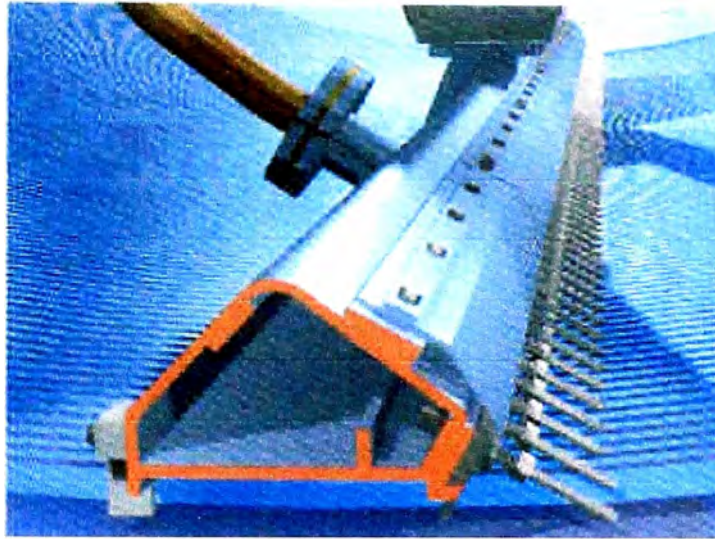


**Gráfico N°2.8**

#### **Los seis cabezales del Yankee**

Fuente : Ref. Bibliográfica (4)

- Cabezales del Yankee, su objetivo es obtener el condensado fuera del fondo de las ranuras del cilindro secador, por medio de una batería de chupadores. Los chupadores son tuberías que están ubicados en las ranuras internas del Yankee. Ver siguiente gráfico N° 2.9.

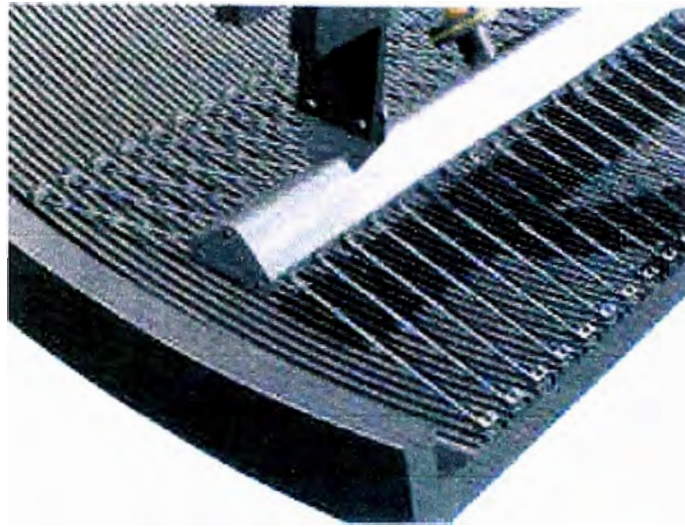


**Gráfico N° 2.9**

**Cabezal del Yankee, con una batería de chupadores**

Fuente : Ref. Bibliográfica (12)

- Las baterías están soportadas en los cabezales, de tal forma que estos se pueden desplazar en relación con los cabezales. Cada batería está fijada en relación con cada ranura con una altura entre los chupadores y las ranuras.
- Los chupadores siempre deben estar ubicados en el centro de las ranuras. Esto es muy importante para máquinas anchas durante el proceso de calentamiento del yankee, donde hay una gran diferencia de temperatura entre las partes internas y el hierro fundido.

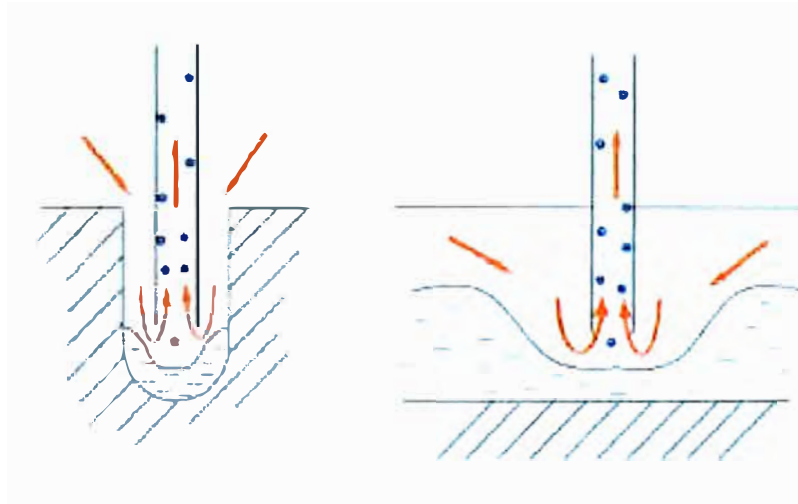


**Gráfico N°2.10**

**Los chupadores ubicados en el centro de las ranuras**

Fuente : Ref. Bibliográfica (12)

En el siguiente gráfico N° 2.11 se muestra le remoción de condensado por medio de los chupadores.

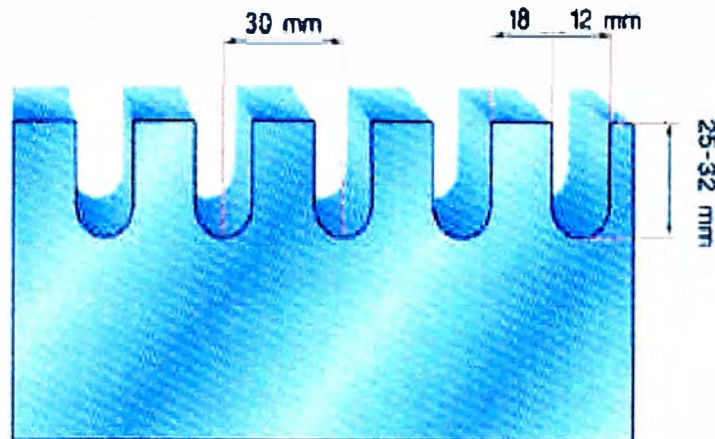


**Gráfico N°2.11**

**Retiro de condensado: extracción del condensado del vapor  
Por medio de los chupadores**

Fuente : Ref. Bibliográfica (12)

- Los chupadores están ubicados de tal forma que se puede ajustar la distancia entre el tip (parte superior) del chupador y el fondo de las ranuras. Se ilustra en el siguiente gráfico.



**Gráfico N°2.12**

**Dimensiones referenciales de la ranura de la pared interna un cilindro secador Yankee**

Fuente : Ref. Bibliográfica (12)

- En cada cabezal hay un chupador para cada ranura.
- El condensado es transportado de los cabezales a la parte central de la tubería central de recuperación del vapor a través de las tuberías colectoras.
- Las tuberías colectoras están fijadas a los cabezales y a los journals.
- El condensado y el flujo de vapor son transportados a través del sistema de tuberías de colección por medio de DS Journal y evacuado del yankee por la DS caja de condensado.

**Principio de operación.**

El condensado que está dentro del Yankee, durante la operación, está expuesto a altas fuerzas centrífugas, las cuales hacen que la remoción del condensado del Yankee sea difícil.

Para lograr esto el sistema de vapor del secador Yankee es ajustado de manera que una cierta cantidad de vapor es evacuado del sistema. Este flujo de vapor evacuado esta llevando condensado y es removido del interior del Yankee.

### **2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS DEL COATING UTILIZADOS PARA LA PROTECCIÓN DEL YANKEE.**

La química del crepado consiste más a menudo en dos componentes, pero algunas veces de tres componentes. En un sistema de dos componentes los dos químicos son el adhesivo y el release. Los adhesivos pegan la hoja a la superficie del Yankee secador. El release controla el nivel de adhesión y también proporciona lubricación a la cuchilla crepadora con la película de coating de la superficie del Yankee. En un sistema de tres componentes hay dos adhesivos, una “base” y un “modificador”. Juntos ellos tienen la misma función que en un simple adhesivo pero el sistema es más armonioso por las propiedades deseadas del coating. La tecnología y función del release es la misma, para controlar, como la hoja se adhiere firmemente a la superficie del secador y para lubricar la cuchilla crepadora cuando se mueve en contra de la superficie del secador.

La química del crepado no solo es controlada por el adhesivo y el release usados. El coating en el secador consiste al menos en 50% de adhesivo y release. La mayor parte del coating es fibra, finos, relleno y naturalmente los azúcares y resinas existentes en el sistema. El tipo de fibra, la cantidad de refinación, rellenos y otros productos químicos del proceso se adicionan al mecanismo de la geometría del crepado, todo esto impacta en el crepado y en las propiedades de la hoja.

Cualquier cambio en el sistema de preparación de pasta, especialmente en cambios en la química, siempre se tiene algún nivel de impacto en el



crepado. El crepado es muy complejo y generalmente considerado un arte en la industria. Esto realmente no es un arte pero parece, solo quienes tienen experiencia en máquinas, realmente pueden entender todos los parámetros que pueden impactar en el crepado y en las propiedades de la hoja.

### 2.3.1 Productos químicos utilizados para la protección del Yankee.

Tenemos a los adhesivos y al release.

#### A. Tipos de adhesivos

Los adhesivos son de varias categorías, entre ellos:

**Poliamida/Epiclorohidrina** base del coating. Esta categoría constituye la mayoría de los coating usados actualmente. Ellos tienen la misma química de las resinas de resistencia en húmedo, aunque a menudo se refinan las propiedades. En la práctica muchas plantas de tissue usan resinas de resistencia en húmedo como un adhesivo. La resina de poliamida retícula “cross links” en la superficie del yankee secador, a medida que se calienta y seca forma una capa plástica de “cross linked” insoluble en agua. Durante el secado y el proceso de reticulación denominado “cross linking”, el coating desarrolla una significativa adhesividad.

**Coating natural y solubles en agua.** Los primeros coatings fueron de origen animal y vegetal (las resinas). Almidones y Carboximetil Celulosa (CMC), también caen en esta categoría. Estos adhesivos casi ya no se usan en la actualidad, se han reemplazado, estos coating por materiales sintéticos como, polímeros y alcohol polivinílico. La mayor ventaja de este tipo de coating es que son rehumectables una vez seco y regeneran sus propiedades adhesivas, que a diferencia del coating a base de Poliamida/Epiclorohidrina que solo retícula.

**Coating de Látex.** Pocas compañías han desarrollado coatings basados en Látex. Estos coatings dan a la hoja las propiedades deseadas, pero ellos pierden efectividad en la protección de la superficie metálica del cilindro secador Yankee, y este coating causa serios problemas con el rehúso en la máquina del refile y el Broke. Un número de plantas de tissue que utilizaron este tipo de coating ha sido forzadas de emergencia a metalizar y rectificar el cilindro secador Yankee debido a la corrosión.

**Coating Acrílicos.** Son adhesivos de acrílico, similares a la cera de piso. Tienden a ser caros pero dan protección a la superficie del cilindro secador Yankee y también propiedades favorables a la hoja. Una máquina con un adhesivo acrílico puede ser reconocida fácilmente por la naturaleza muy clara y brillante de la superficie del secador Yankee.

#### **A.1 Propiedades del adhesivo**

La siguiente es una relación de las propiedades de los adhesivos, seguida por una descripción de la influencia de cada propiedad.

**Adhesión.** Esta propiedad es una cuantificación de la capacidad del adhesivo de pegar la hoja de tissue a la superficie del cilindro secador. Es una propiedad muy difícil de medir y varía con relación al contenido de agua de la hoja (humedad), en la interfase con el adhesivo, generalmente al estar más seca la hoja la adhesión es mayor.

**Hardeness/softness.** Los coatings son clasificados de duros a suaves (“soft” a “hard”) Coatings duros tienden a proporcionar una mejor base de coating y mayor protección para la superficie del cilindro secador Yankee. Un coating suave tiende a proporcionar una adhesión más uniforme al cilindro secador Yankee, con menor formación de polvillo y da características más suaves a la hoja.

Al cambiar de un coating duro a uno suave, o al revés, la carga de la cuchilla crepadora y la geometría debe ser ajustada.

**Temperatura de transición vítrea (Tg)** Se denomina temperatura de transición vítrea cuando se adquiere la máxima adhesividad. Los adhesivos son mezclados con agua mientras se aplican a la superficie caliente del Yankee. Así como el agua se evapora y la temperatura se incrementa, el adhesivo pasa a través de una etapa de alta adhesividad o pegajosidad. Esta temperatura puede variar considerablemente entre diferentes productos adhesivos.

**Rehumectabilidad.** Algunos adhesivos que químicamente se describen como cross link forman una mono-molécula en la superficie del cilindro secador Yankee. Los adhesivos crosslinked cuando se rehumectan no logran obtener sus propiedades adhesivas otra vez. Otros coatings que no son cross linking pueden ser secados y después ser rehumectables y otra vez adquirir sus propiedades de adhesión. La propiedad de rehumectabilidad proporciona un nivel de adhesión uniforme alrededor y en contra de la superficie del cilindro secador.

**pH.** Los coatings de Poliamida/Epiclorohidrina son inhibidos de reaccionar antes de mantener un pH muy ácido, reaccionan después cuando se incrementa el pH, esto se da en la regadera del Chilling Shower que es el medio por donde se aplica los productos para el Yankee, como es el coating y release. La variación de la dureza del coating a través del ajuste del pH en la regadera del chilling shower del cilindro secador Yankee podría afectar la velocidad de reacción de los coatings de Poliamida/Epiclorohidrina.

Otros coatings pueden ser producidos, transportados y utilizados en pH neutro. La comodidad del operador y la corrosión siempre son temas importantes, alrededor del cilindro secador Yankee. La

niebla ácida (o vaho) proveniente de la regadera mediante la cual se aplica el coating, tiende a irritar los ojos y la piel. Este ambiente ácido también puede promover la corrosión de la superficie del cilindro secador Yankee.

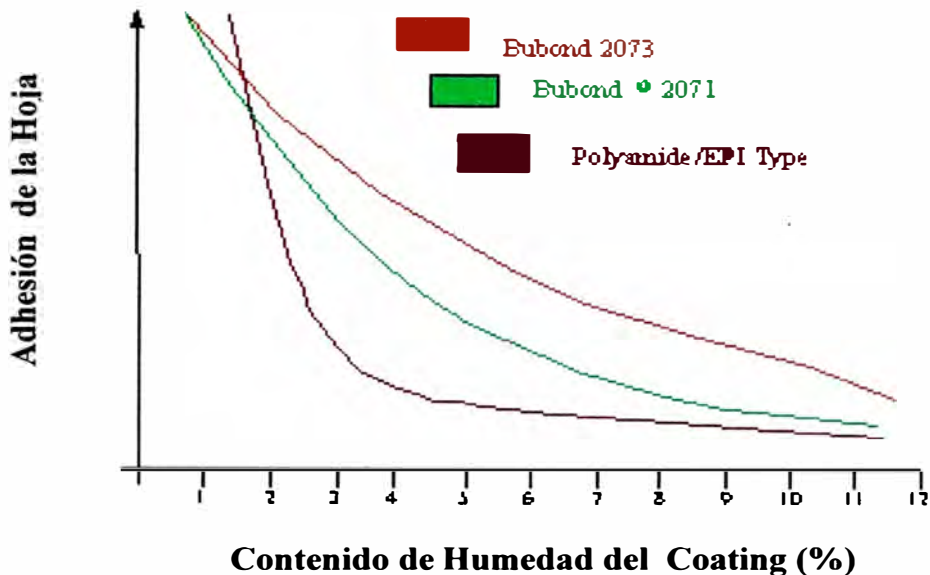
**Cloruros.** Los cloruros causan corrosión y la fragilidad del metal, y los fabricantes de papel tissue (papeleros) son muy sensibles a la corrosión de la superficie del cilindro secador Yankee. Generalmente el nivel de cloruros debajo del 1% es requerido, y un contenido más bajo de cloruros puede ser buscado, como un beneficio del adhesivo (coating).

**EPI/ hijas.** Los componentes similares de la Epiclorohidrina y los productos de la reacción están en el grupo químico, los cuales se cree que son los precursores de las dioxinas. No todas las dioxinas son peligrosas pero psicológicamente, los papeleros de papel tissue no quieren asociar la palabra dioxina y sus productos. En algunos lugares esto puede ser relacionado con la calidad del efluente, pero en tissue es más probable el relacionar la aceptación del producto al consumidor, o mejor dicho, el miedo del consumidor, pánico al rechazo del producto. El bajo contenido de EPI/hijas en los adhesivos es mejor.

A continuación se muestra el gráfico N°2.13 en donde se observa como varia del nivel de adhesión de la hoja, con el contenido de humedad del coating. El nivel de adhesión es mayor cuando el contenido de humedad es menor y a medida que la humedad aumenta el nivel de adhesión disminuye.



### Adhesión de la Hoja vs Contenido de Humedad del Coating



**Gráfico N°2.13**

### Adhesión de la Hoja Vs. Contenido de humedad del Coating

Fuente : Ref. Bibliográfica (5)

En el gráfico N°2.14 se muestran algunas propiedades de los adhesivos.

#### Producto para el Crepado:

Adhesivo:

|                        | Bubond 2071         | Bubond 2073         | Bubond 2076   | Bubond 2078   |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------|
| Apariencia             | Líquido ambar       | Líquido ambar       | Líquido ambar | Líquido ambar |
| Olor                   | Ligeramente a amina | Ligeramente a amina | Ligeramente   | Ligeramente   |
| Densidad 25°C          | 1.07 g/mL           | 1.05 g/mL           | 1.13 g/mL     | 1.07 g/mL     |
| Punto Flash            | > 212°F             | > 212°F             | > 212°F       | > 212°F       |
| Punto de congelamiento | N/T                 | -32F                | N/T           | N/T           |
| Solubilidad            | Miscible en agua    | Miscible            | Miscible      | Miscible      |
| pH                     | 6.5-80              | 6.5-80              | 2-3           | 2-3           |
| pH a 100 ppm en agua   | 6.0-7.0             | 6.0-7.0             | N/T           | N/T           |
| Viscosidad             | 100 CPS             | N/T                 | N/T           | N/T           |
| Tg                     | 57°C                | 57°C                | 66°C          | 64°C          |

**Gráfico N°2.14**

### Propiedades de los adhesivos

Fuente : Ref. Bibliográfica (5)

## **B. Tipos de release**

Los agentes releases tienden a ser productos más cómodos que los adhesivos. Hay pocas diferencias en los releases.

**Aceite o emulsión.** La mayoría son a base de petróleo. La pureza del aceite es a menudo una de las mayores preocupaciones en las plantas.

**No Petroleum Base.** Por causas medioambientales algunas plantas ha solicitado releases que su base no sea el petróleo. Pero muchos no lo hacen.

### **B.1 Propiedades del release**

La variedad del release proporciona diferentes beneficios, para conocer su compatibilidad con la química del crepado. Esta actividad es variable para satisfacer las necesidades de las fibras vírgenes y secundarias. También se pueden incorporar dos productos como el release y un suavizador, en un solo producto, pero se utilizará de manera semejante al release.

El release casi siempre promueve soltar la hoja, y también contiene ingredientes que proporcionan excelentes propiedades en la lubricación de la cuchilla crepadora. El release se usa solo para despejar la hoja, normalmente se aplica mediante una regadera denominada chilling shower. La cantidad de release es controlada por el despeje de la hoja del cilindro secador Yankee y no por la suavidad deseada.

En el grafico N°2.15 se muestran algunas propiedades del Release.

**Producto para el Crepado:**

Release:

|                           | <b>Busperse<br/>2032</b>  | <b>Busperse<br/>2098</b>   |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Apariencia                | Liquido claro amarillento | Liquido claro amarillento  |
| Olor                      | Ligeramente               | Ligeramente a hidrocarburo |
| Densidad 25°C             | 0.9 g/mL                  | 0.85 g/mL                  |
| Punto Flash               | < 212°F                   | > 212°F                    |
| Punto de congelamiento    | N/T                       | N/T                        |
| Temperatura de ebullición | > 212°F                   | 235°F                      |
| Solubilidad               | Miscible en agua          | Emulsionante               |
| pH                        | N/A                       | N/A                        |
| pH a 100 ppm en agua      | 7-8                       | 6-8                        |

**Gráfico N°2.15**

**Propiedades de los releases**

Fuente : Ref. Bibliográfica (5)

**2.3.2 Metodología de aplicación del adhesivo y release**

El adhesivo y el release son introducidos al sistema en muchas formas. Pero el método de aplicación mas utilizado es aplicar en forma de spray el químico a través de una regadera llamada chilling shower ó coating shower. La mayoría de las plantas aplican el coating (adhesivo más release) a la superficie del cilindro secador Yankee, en el área después del crepado de la hoja, en el Yankee y antes que la hoja esté presionada sobre la superficie del cilindro secador por la prensa. Usualmente los químicos son aplicados a través de una simple regadera, aunque ocasionalmente la aplicación con múltiples regadera para cada químico podría verse.

A continuación se muestra un esquema en donde se indica la ubicación de la aplicación de los químicos mediante la regadera del Chilling shower.



**Gráfico N°2.16**

**Esquema de la ubicación de la prensa, Yankee, las cuchillas (primero la cuchilla desviadora, segundo la cuchilla crepadora y finalmente la limpiadora) y la regadera del Chilling Shower.**

Fuente : Ref. Bibliográfica (8)

En el gráfico anterior se muestra la prensa, el cilindro secador Yankee, la ubicación de las cuchillas (desviadora, crepadora y la limpieza) y el recorrido de la hoja que consiste en dejar la prensa y adherirse al cilindro para luego mediante la cuchilla crepadora despeje y se enrolle en el pope.



Junto con las características de la química del coating, específicamente la uniformidad es quizás aun una de las características más importantes, la química de la capa de coating y la adhesividad.

#### **A. Crepado**

El crepado imparte una enorme cantidad de energía mecánica a la hoja que rompe los enlaces de la fibra y arruga la estructura física de la hoja. Esta energía da grosor y suavidad.



**Gráfico N°2.17**  
**Vista lateral de la hoja de papel tissue, en donde se observa el crepado.**

Fuente : Ref. Bibliográfica (5)

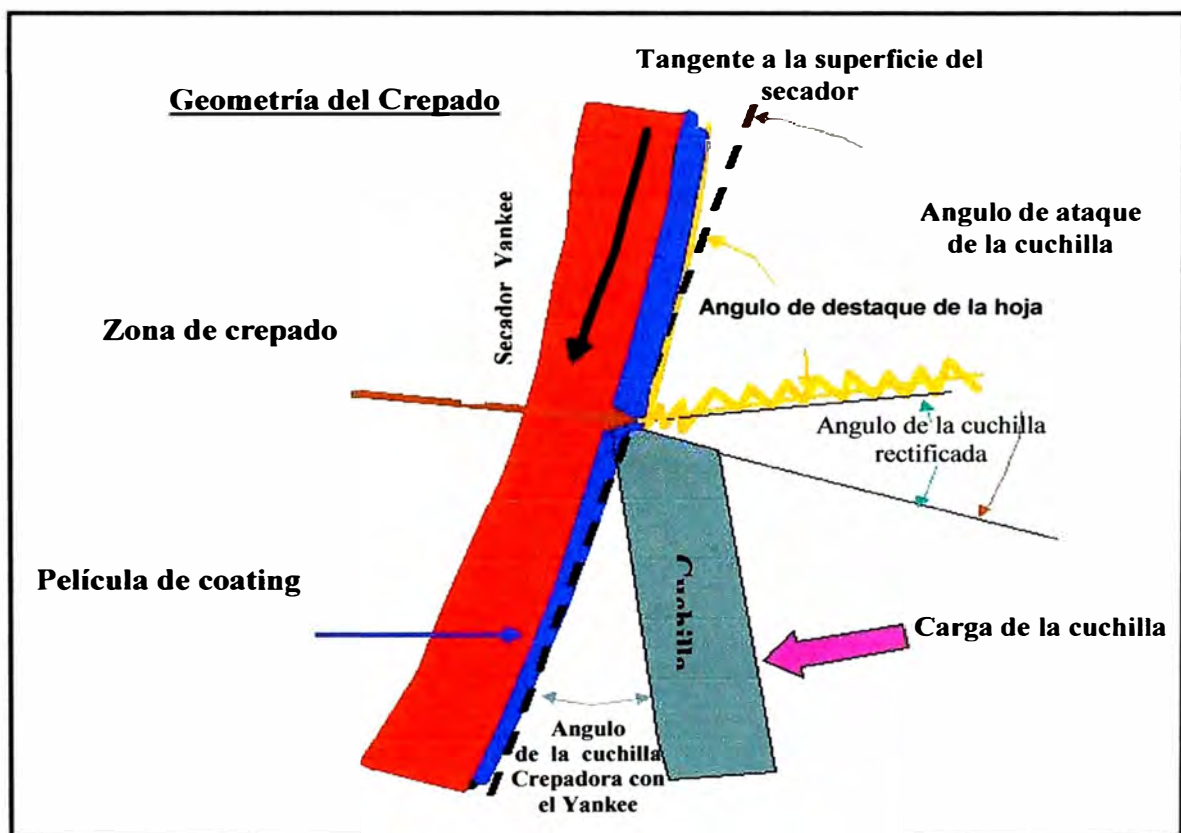
En la foto anterior se muestra un corte transversal de la hoja, en donde se observa el crepado.

El crepado es dependiente de su uniformidad. Lo ideal es alcanzar completamente una mezcla homogénea de los químicos y una aplicación uniforme, a la superficie del cilindro secador Yankee (alrededor del secador), de modo que la adhesión física y el crepado produzcan siempre las mismas características de la hoja.

## B. Geometría del crepado

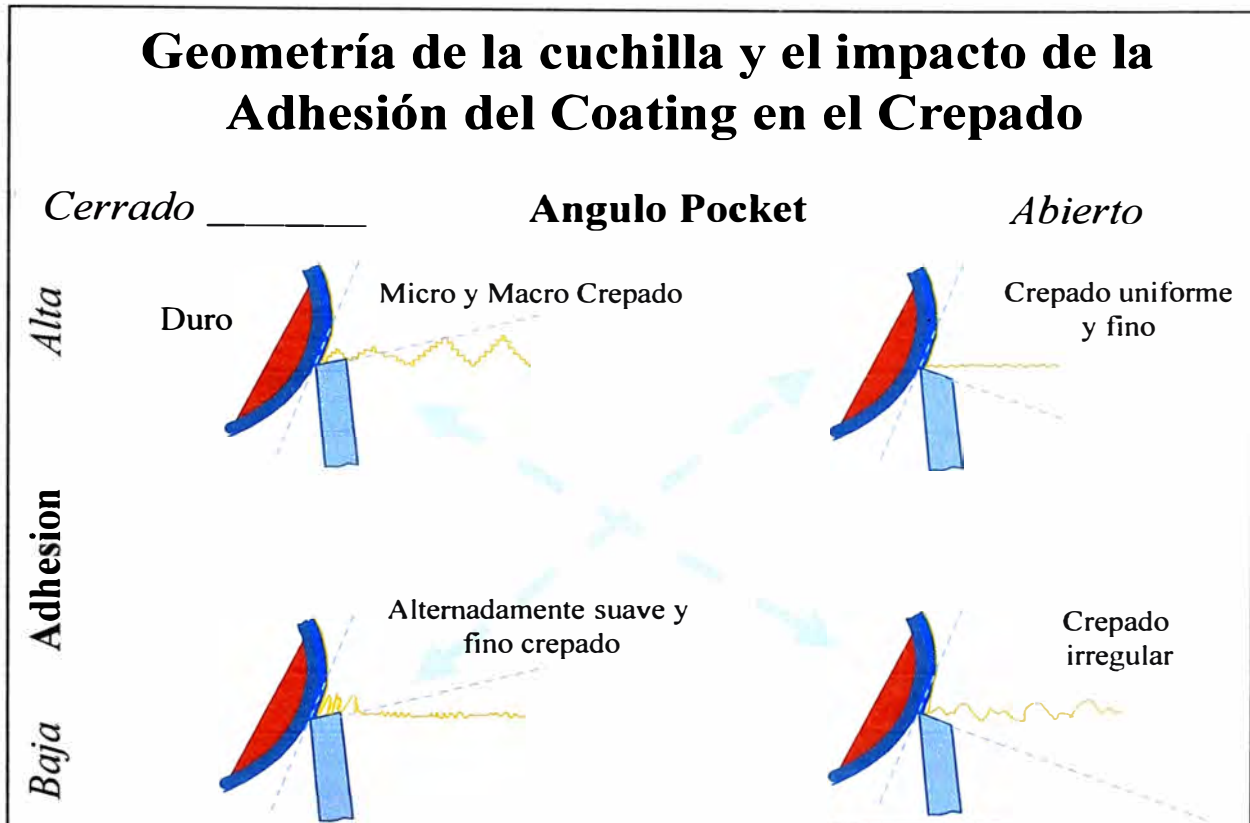
La geometría del crepado es solo importante para alcanzar los objetivos el crepado como lo es la química. Ambos la geometría y la química son altamente relacionados. La geometría ideal varia con cada coating (adhesivo) y con cada tipo de papel. Uno nunca debería esperar sustituir simplemente a un nuevo coating por uno viejo y alcanzar resultados óptimos, sin ajustar la geometría de crepado. La geometría del crepado es un tema complejo y esta más allá del alcance de la información brindada en este trabajo.

En el gráfico N°2.18 se muestran los diferentes ángulos que intervienen en la geometría del crepado, los más importantes son: el ángulo de la cuchilla crepadora, el ángulo que forma la cuchilla crepadora con el Yankee y el ángulo de destaque de la hoja.



**Gráfico N°2.18**  
**Geometría del crepado**

Fuente : Ref. Bibliográfica (5)



**Gráfico N°2.19**  
**Geometría de la cuchilla y el impacto de la adhesión del coating del yankee en el crepado**

Fuente : Ref. Bibliográfica (5)

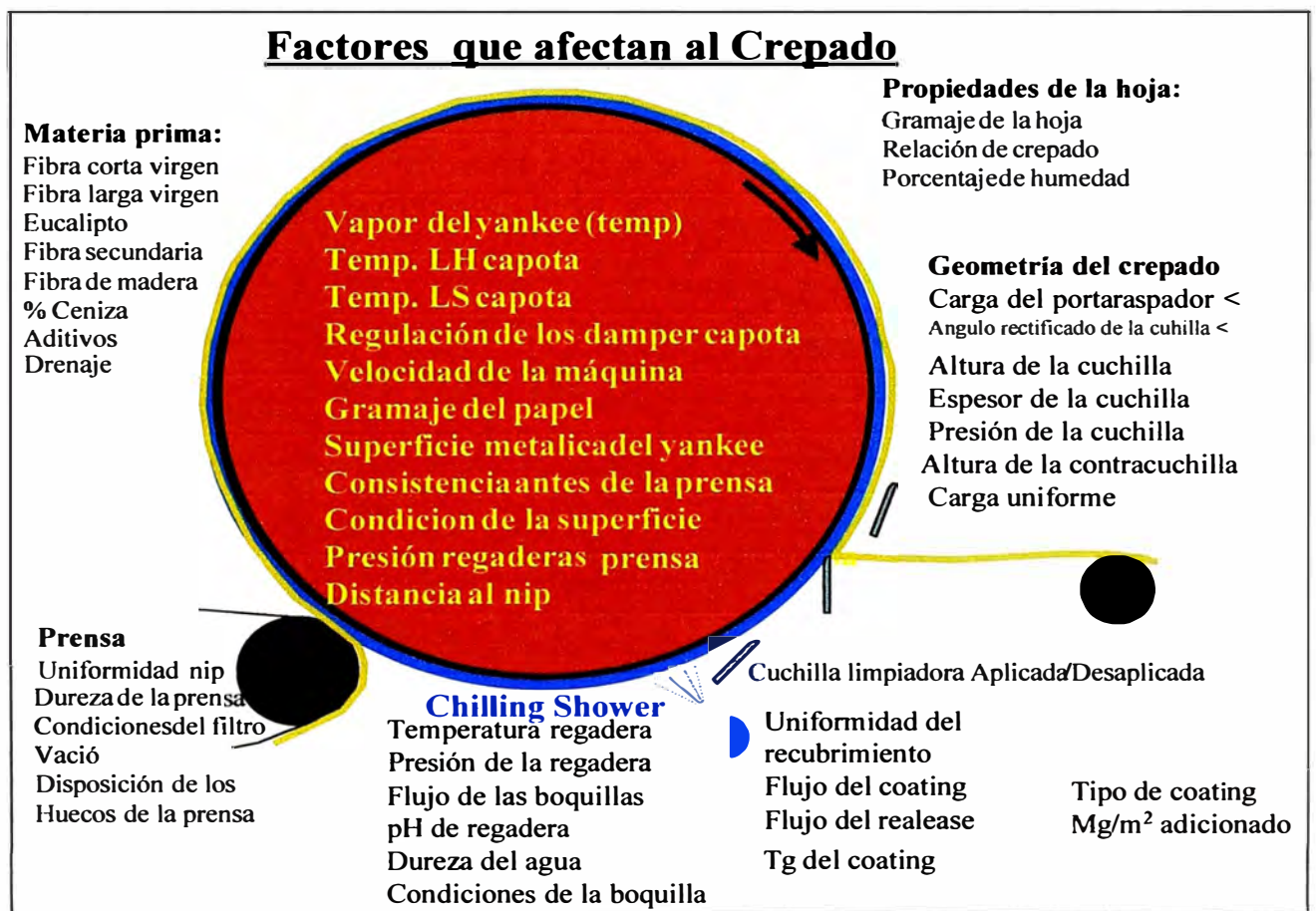
En este gráfico N°2.19 se muestra como varia el crepado dependiendo del tipo de ángulo que forma la cuchilla con el cilindro Yankee, con respecto al tipo de adherencia que se alcanza con el coating.

### C. Factores que afectan al crepado

Las plantas de tissue realizan grandes esfuerzos para alcanzar esta uniformidad. Múltiples factores pueden obstaculizar esta uniformidad, tal como la irregular preparación de las fibras, la adición esporádica de productos químicos al proceso que actúan como adhesivos, releases, y un gramaje irregular, desigual perfil de la hoja, desigual contenido de agua en la hoja (humedad), al

llegar al cilindro secador Yankee, debido a la formación o por problemas en la prensa, por un desigual calentamiento del cilindro secador Yankee, por una variedad de razones, por la mezcla poco uniforme de los químicos del crepado, irregular aplicación de los químicos a través de la regadera del chilling shower (coating shower), y una carga desigual de la cuchilla crepadora, que de modo irregular puede remover el coating del cilindro secador Yankee.

En el siguiente gráfico N°2.20 se muestran los diferentes factores que afectan al crepado:



**Gráfico N°2.20**  
**Factores que afectan al Crepado**

Fuente : Ref. Bibliográfica (5)



**D. Tipos de sistema de aplicación**

Hay dos categorías del sistema de mezclado del coating (adhesivo mas release): sistemas de mezclas en línea y sistemas “mixpot”. En general, los sistemas en línea tienden a ser utilizados por su baja tecnología, mientras el sistema mixpot tienden a ser utilizados por la alta tecnología. Los sistemas de aplicación en línea tienden a tener un menor mantenimiento y simple operación pero produce una baja uniformidad en la capa de coating. El sistema mixpot tiende a ser atendido por el operador en forma intensiva y compleja, pero proporciona el mayor nivel de uniformidad de la capa de coating.

## Sistema Mixpot (Unidad Chilling Shower)

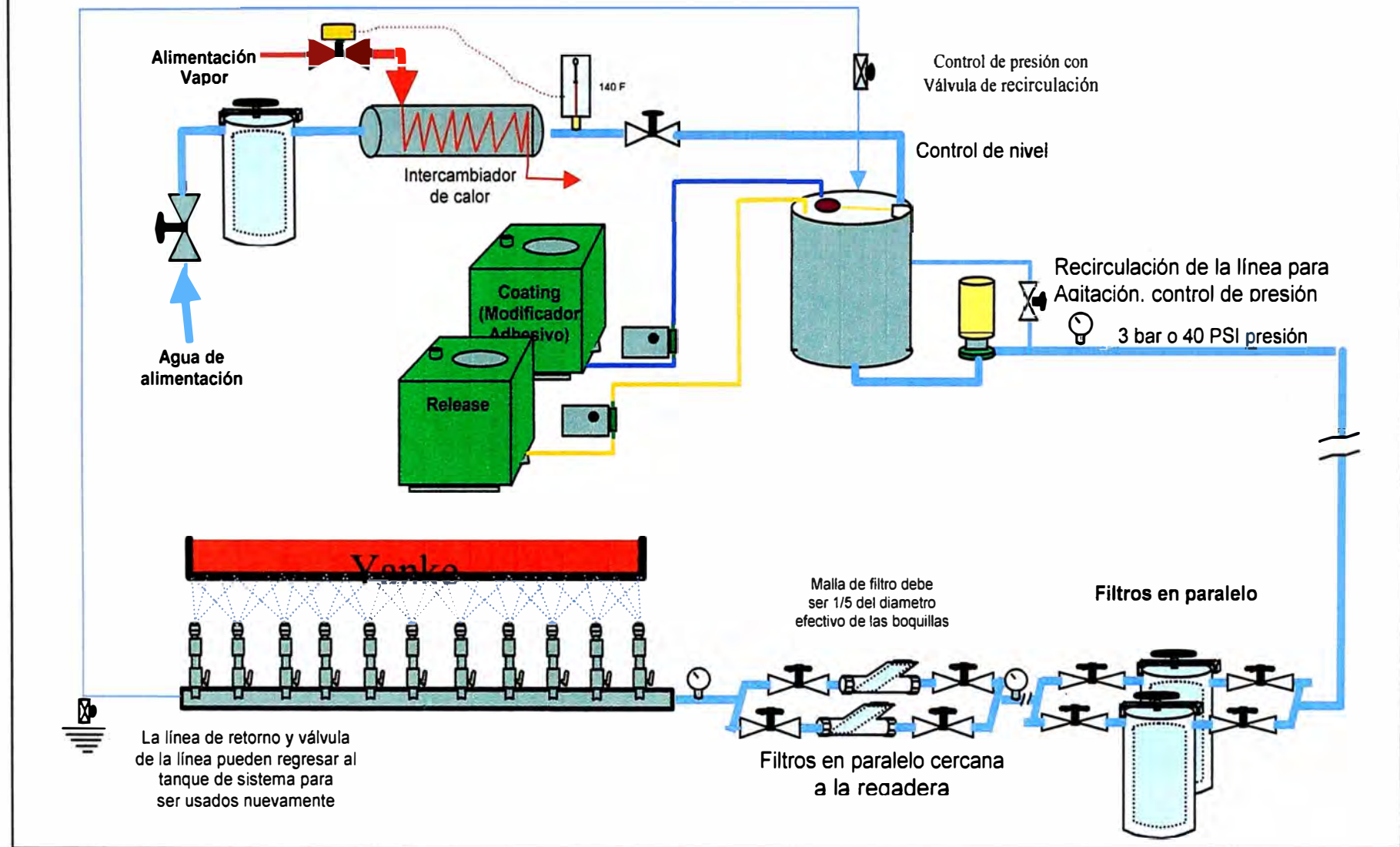


Gráfico N°2.21  
Sistema Mixpot

Fuente : Ref. Bibliográfica (5)

## Sistema en Línea (Unidad Chilling Shower)

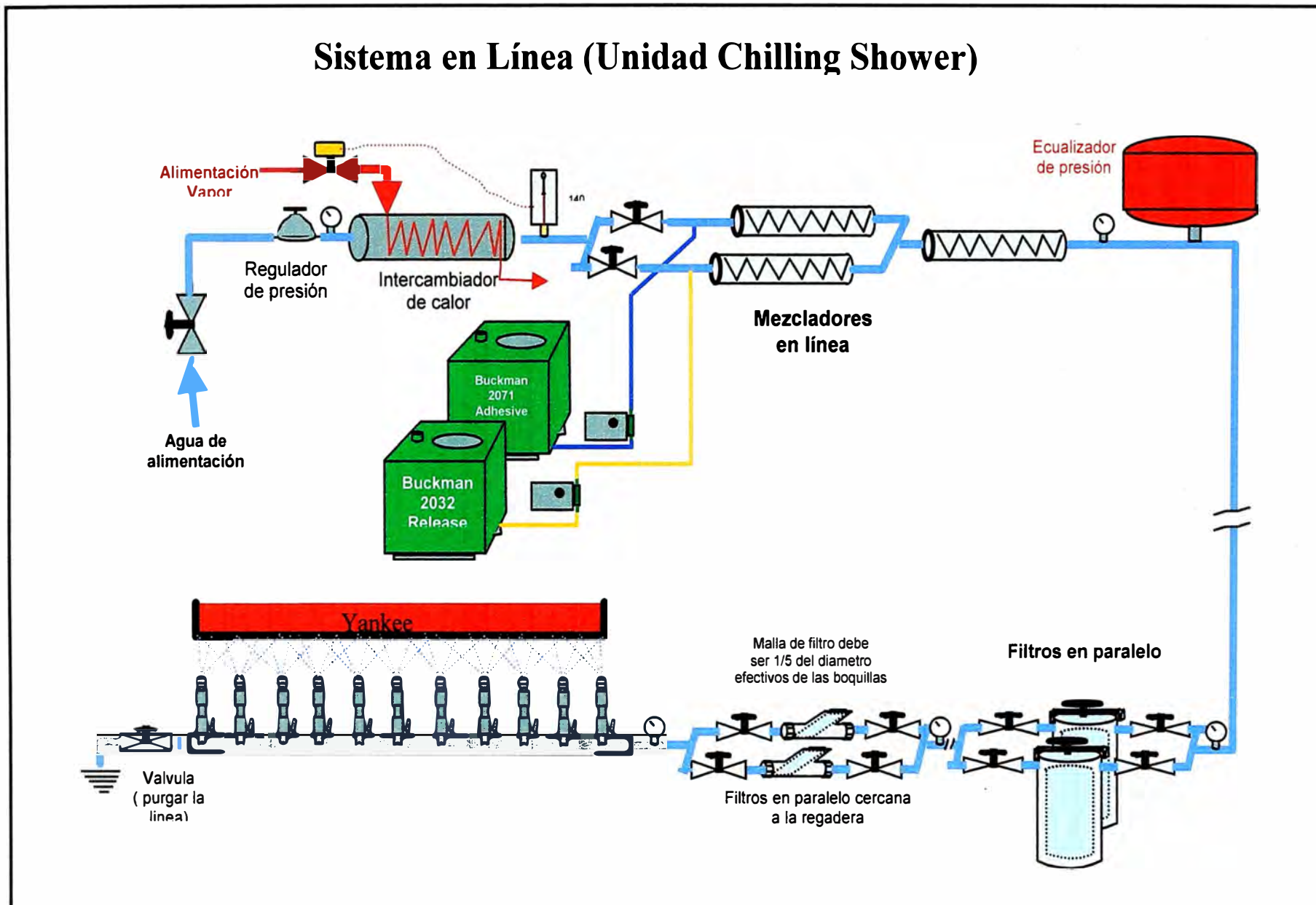


Gráfico 2.22

Sistema en Línea

Fuente : Ref. Bibliográfica (5)

## 2.4 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DEL CHILLING SHOWER

En la unidad del Chilling shower se lleva a cabo la preparación de la solución del chilling shower que va a la regadera con el mismo nombre y se aplica los productos a la superficie del cilindro secador Yankee.

La unidad de chilling shower está constituida por:

- Dos bombas de agua
- Cuatro bombas dosificadoras tipo pistón
- Un tanque de agua con tres resistencias
- Cuatro mezcladores estáticos transparentes
- Seis filtros de acero inoxidable
- Una válvula reguladora de presión.

La preparación consiste en:

La unidad actualmente utiliza agua fresca (agua de pozo, con alta dureza alrededor de 200-300 ppm), como alimentación, para luego pasar por un filtro e ingresar al tanque de la unidad del chilling shower, el cual posee tres resistencias, para el calentamiento del agua, incrementándose la temperatura a 44°C aproximadamente.

Los productos ingresan en el siguiente orden release, coating, modificador y fosfato por medio de mezcladores en línea, la mezcla de estos productos con el agua forman la solución del chilling shower, que pasa por una serie de filtros, antes de llegar a la regadera y después al cilindro secador Yankee.

### 2.4.1 Productos aplicados en la unidad del Chilling Shower

*Busperse® 2098E hidrocarburos derivados de petróleo* Adicionado en línea a un mezclador (mezclador 1) en la unidad del Chilling Shower directamente por medio de bombas dosificadoras para luego ser pulverizado al cilindro Yankee.

***Bubond® 2610 - resina a base de poliamida/EPI (Coating)***

Adicionado en línea a un mezclador (mezclador 2) en la unidad del Chilling Shower directamente por medio de bombas dosificadoras para luego ser pulverizado al cilindro Yankee.

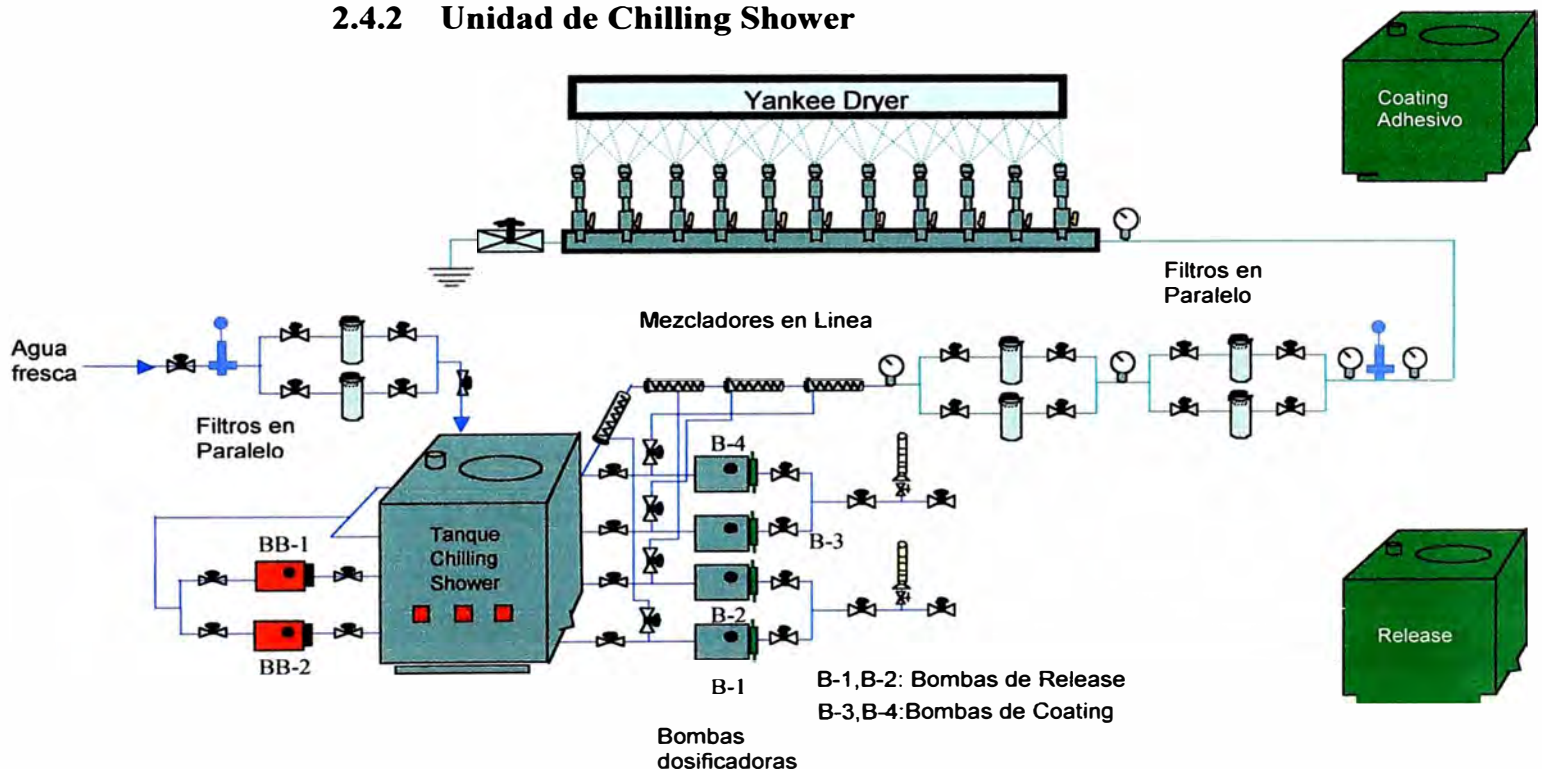
***Bubond® 2068 - resina a base de poliamida/EPI (Modicador)***

Adicionado en línea a un mezclador (mezclador 3) en la unidad del Chilling Shower directamente por medio de bombas dosificadoras para luego ser pulverizado al cilindro Yankee.

***PQR2300® -Fosfato.***

Adicionado en línea a un mezclador (mezclador 4) en la unidad del Chilling Shower directamente por medio de bombas dosificadoras para luego ser pulverizado al cilindro Yankee.

**2.4.2 Unidad de Chilling Shower**



**Gráfico N°2.23  
Unidad del Chilling Shower**



En la figura N°2.23 se muestra la unidad del Chilling Shower  
Abreviaturas del esquema anterior:

- BB-1, BB-2: Bombas de agua.
- B-1, B-2, B-3, B-4: Bombas dosificadoras
- M-1: Mezclador 1 de Release.
- M-2: Mezclador 2 de Coating.
- M-3: Mezclador 3 de Modificador.
- M-4: Mezclador 4 de Fosfato.

### **2.4.3 Descripción de los equipos que constituyen la Unidad del Chilling Shower**

#### **Bomba de agua**

|          |   |                              |
|----------|---|------------------------------|
| Material | : | Acero inoxidable             |
| Marca    | : | Lowara                       |
| Caudal   | : | 30 – 90 l / min P2 1 – 5 Kw  |
| H        | : | 58 – 40 m 40 m (aprox 6 bar) |

#### **Bomba dosificadora tipo pistón**

|                          |   |                         |
|--------------------------|---|-------------------------|
| Marca                    | : | OBL                     |
| Tipo                     | : | RBC 16P 50 DV Z91 M3165 |
| Capacidad                | : | 8.6 LPH                 |
| Max. Presión de Trabajo: |   | 10 Bar                  |
| JOB/OBL                  | : | 20040995                |

#### **Tanque de agua**

|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| Altura          | : | 0.6 m      |
| Ancho           | : | 0.40 m     |
| Largo           | : | 0.6 m      |
| Altura de agua  | : | 0.5 m      |
| Volumen de agua | : | 120 Litros |

**Sistema de calentamiento**

|                               |   |                     |
|-------------------------------|---|---------------------|
| Resistencia                   | : | 3 Unidades          |
| Capacidad de Resistencia      | : | 7.5 KW, 440 Voltios |
| Tipo de Resistencia           | : | Tubular             |
| Temperatura                   | : | Set point a 45 °C   |
| Control de T                  | : | Termostato          |
| Tablero de control automático | : |                     |

**Temperaturas y presiones de chilling shower**

|   |   |         |
|---|---|---------|
| Temperatura del agua fresca                       | : | 25°C    |
| Temperatura de la solución CH SH                  | : | 45°C    |
| Temperatura de la solución CH SH en la regadera   | : | 39° C   |
| PH de la solución CH SH en la regadera a 35°C     | : | 6.23    |
| Presión en la línea de CH SH después de la mezcla | : | 4.7 bar |
| Presión en la regadera de CH SH                   | : | 3.8 bar |

**2.5 DESCRIPCIÓN DE LA REGADERA DEL CHILLING SHOWER****2.5.1 Consideraciones de una regadera de Chilling Shower**

Para entender como unas regaderas bien diseñadas deberían trabajar, debemos considerar el diseño mismo de las toberas. El diseño de tobera más común es una tobera de rociado plano. Esta generalmente tiene un número de identificación como por ejemplo 110001.

En este caso, la designación indica que la tobera tiene un ángulo de distribución de 110° a 3 bar de presión, y el volumen de rociado es 0.1 galón por minuto a esta presión, mas o menos 0.39 l/min a 3 bar.

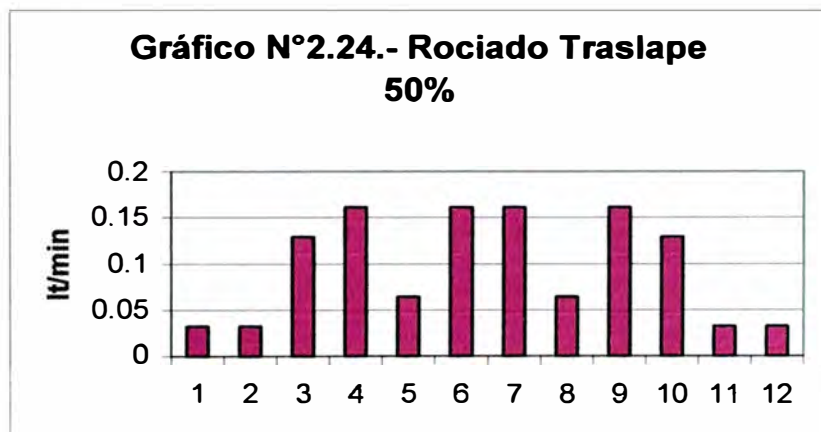
Las tablas de flujo de toberas y ángulos de rociado a diferentes presiones las distribuyen los distribuidores de toberas.

Es importante comprender la distribución en una tobera de rociado plano. Dos tercios del flujo se concentran en el tercio central del área de rociado de la tobera. El patrón de rociado de la tobera no es enteramente plano, más bien es en forma ovalada comprimida.

Obviamente, si estas toberas están espaciadas de tal manera que los patrones de rociado estuvieran adyacentes, entonces se tendría una distribución dispareja: en este caso, se tendría bandas de 0.064 y 0.257 l/min en el yankee. Este patrón es llamado cobertura simple o sin traslape.

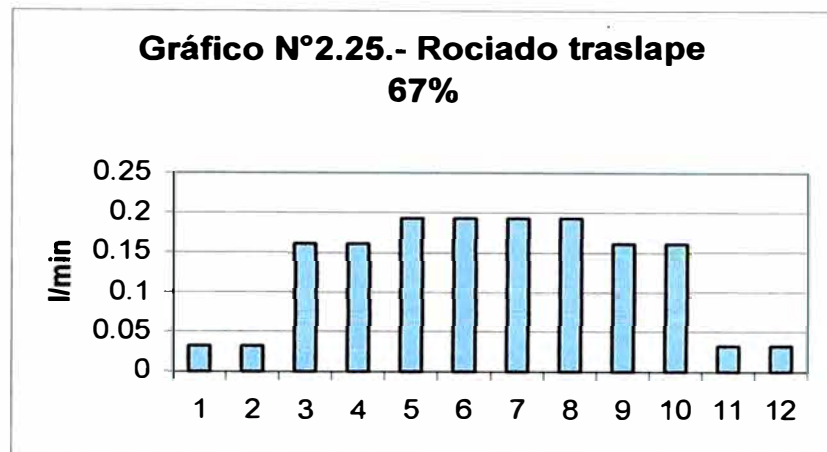
Pero el rociado con traslape es más frecuente. Un traslape de 50% muestra la distribución de rociado teórico en el gráfico N°2.24. El eje X es una posición nominal en la superficie del yankee, no la posición de la tobera.

Este patrón debe ser llamado traslape simple o de doble cubierta ya que cada parte del yankee es impactada por el chorro de dos toberas. Note que la distribución del rociado no es pareja



Fuente : Ref. Bibliográfica (7)

Un traslape de 67% da la distribución mostrada en el gráfico 2.25. Este patrón debe ser llamado traslape doble o cubierta triple. Ya que cada parte del yankee es impactada por el chorro de tres toberas.



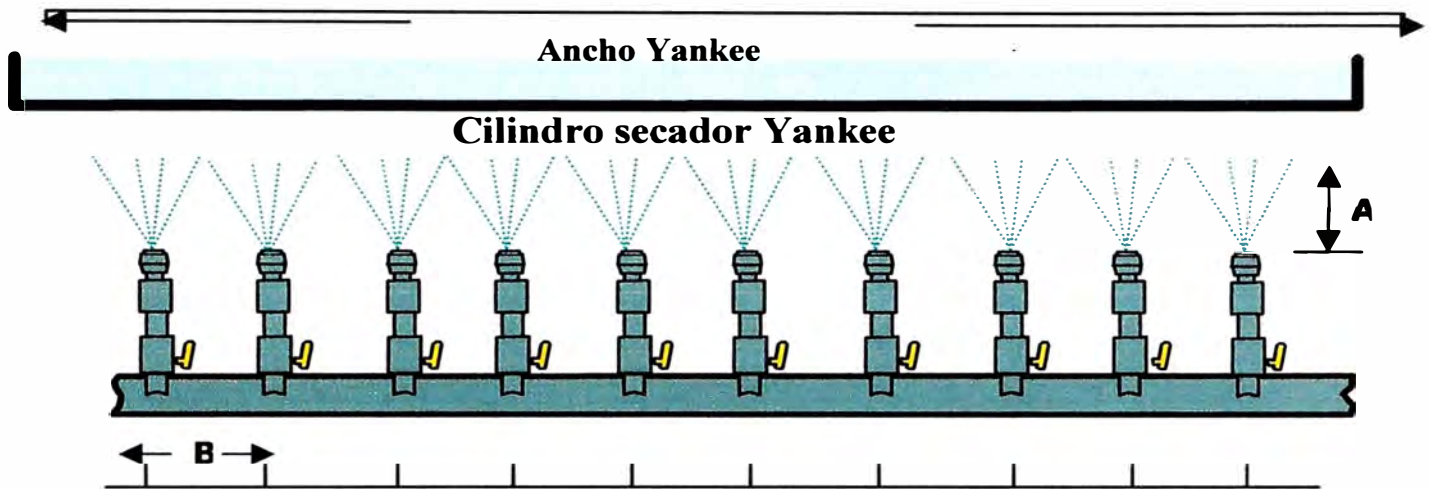
Fuente : Ref. Bibliográfica (7)

La terminología de traslape doble o simple es la mas usada, el traslape doble da un rociado de una cubierta perfecta. El espacio entre toberas y distancia entre toberas a la superficie del yankee se pueden calculara partir de estas consideraciones.

Otras consideraciones de diseño incluyen 100 mm de diámetro de tubería de regaderas, manómetro en la regadera, se puede rociar desde un extremo del yankee hasta máquinas de 3.5 m de ancho, para máquinas más grandes utilizar sistemas de recirculación, normalmente no se requiere oscilación de regaderas en este diseño (si una tobera se atora, no dejará un área sin rociar mientras que en una regadera oscilante podría dejar un área mayor con bajo rociado).

### A. Regadera del Chilling Shower

A continuación se mencionan las especificaciones correspondientes a la regadera del Chilling Shower que esta en operación y se mostrar un gráfico para ilustra mejor sus partes.



**Gráfico N°2.26**

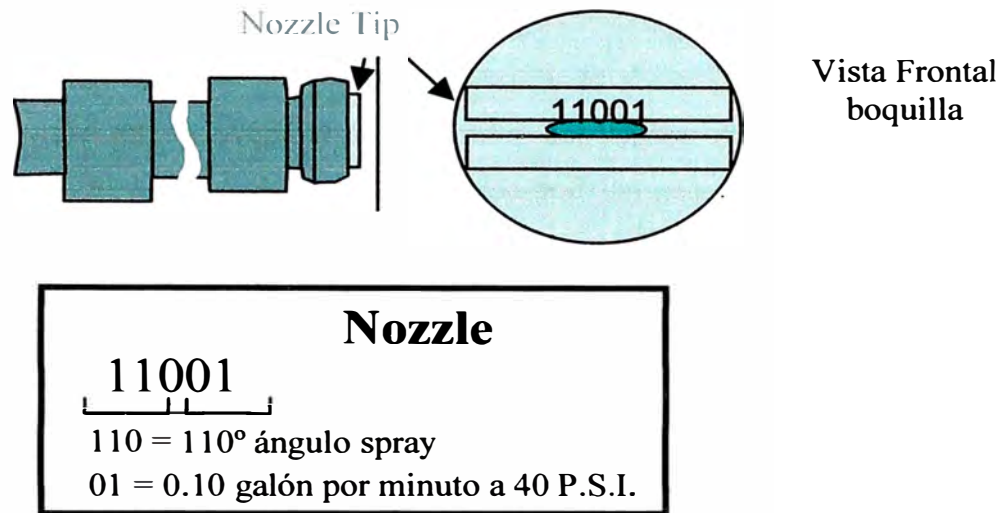
### Regadera Chilling Shower

Fuente : Ref. Bibliográfica (5)

### B. Datos sobre la regadera del Chilling Shower:

- Es una regadera oscilante la cual opera en dos posiciones actualmente: pause y trabajo, las cuales están fijadas con los siguientes valores Pause = 1.5 y Trabajo =2
- El número de boquillas de la regadera es de 29.  
El tipo de boquilla es Teejet 110010, según este código se puede determinar el ángulo y el flujo de cada boquilla a una determinada presión.





**Gráfico N°2.27**  
**Esquema de la Boquilla de la regadera**

- Según el gráfico N° 2.27 a esta boquilla le corresponde:  
 Ángulo de spray: 110°  
 Flujo de cada boquilla: 0.1gl/min. = 0.39 l / min. (a la Presión de 3bar).  
 Ángulo de inclinación de las toberas: 10°
- Como referencia el Ancho Yankee: 3250mm

**C. Datos medidos de la Geometría del sistema Chilling-Shower:**

- Distancia entre la superficie del Yankee y el tip de la boquilla según el gráfico N°2.26, la distancia  $A = 160$  mm.
- Distancia entre las boquillas:  $B = 110$ mm

**Cálculo del flujo total**

A la presión de 3 bar el flujo de cada boquilla es de: 0.1gl/min. ó 0.39l/min., como la regadera tiene 29 boquillas entonces es de 11.31 l/min.

$$\text{Flujo Total} = 29 \times 0.39 \text{ l / min.} = \mathbf{11.31 \text{ l/min}}$$

## 2.6 NATURALEZA DEL AGUA DE INGRESO DE LA UNIDAD DEL CHILLING SHOWER

Es importante saber la naturaleza del agua fresca de ingreso a la Unidad del Chilling shower ya que el contenido de dureza de esta agua debe mantenerse en un rango, y así las sales contenidas debido la dureza no afecten a la química del coating ya que podrían ocasionar variaciones en el ph de la solución del Chilling shower y afectar la estabilidad del coating, y no brindar así una adecuada protección a la superficie del Yankee.

El utilizar este tipo de agua ocasiona que constantemente las resistencias de la unidad se estén quemando, debido a que se forman incrustaciones en toda la superficie de las resistencias.

Muestra 1: Agua Fresca      Fecha de muestreo: Dic-04

| Análisis                  | Unidad                            | LD   | Variación | 1     |
|---------------------------|-----------------------------------|------|-----------|-------|
| Ph                        |                                   | ---  | 3%        | 7.9   |
| Alcalinidad Parcial       | ppm CaCO <sub>3</sub>             | 3.0  | 3%        | 18.6  |
| Alcalinidad Total         | ppm CaCO <sub>3</sub>             | 3.0  | 3%        | 135.2 |
| Alcalinidad Hidróxido     | ppm CaCO <sub>3</sub>             | 0    | 3%        | 0     |
| Dureza Calcio             | ppm CaCO <sub>3</sub>             | 0.2  | 4%        | 230.7 |
| Dureza Total              | ppm CaCO <sub>3</sub>             | 0.2  | 4%        | 272.5 |
| Cloruros                  | ppm Cl <sup>-</sup>               | 1.0  | 4%        | 36.2  |
| Conductividad             | µS/cm                             | ---  | 4%        | 622.0 |
| Sólidos Totales Disueltos | ppm STD                           | ---  | 4%        | 478.9 |
| Sílice                    | ppm SiO <sub>2</sub>              | 1.0  | 7%        | 26.5  |
| Fosfato Total             | ppm PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 0.5  | 5%        | <LD   |
| Sulfato                   | ppm SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 1.0  |           | 118.9 |
| Fierro                    | ppm                               | 0.20 | 4%        | <LD   |
| Aluminio                  | ppm                               | NE   | 4%        | 1.02  |
| Nitrito                   | ppm                               | NE   | NE        | 0.01  |
| Nitrato                   | ppm                               | NE   | NE        | 13.4  |

Observaciones:

LD = limite de detección del método utilizado

NE = no evaluado

Variación = variación del método utilizado.

Los métodos evaluados son basados en el Standard Methods 23<sup>a</sup> edición, año 2001 con las NBRs (Normas Brasileñas) correspondientes.

## CAPITULO III

### PROBLEMAS EN LA SUPERFICIE DEL CILINDRO SECADOR YANKEE

Debido a la importancia del cilindro secador Yankee, en las máquinas papeleras de tissue, es necesario un estudio completo de los problemas que sufre su superficie, las cuales ocasionen defectos en el papel, no se logra cumplir con los estándares de calidad debido a los hoyos, hasta que finalmente ya no se puede producir debido a la magnitud de los defectos en el papel, para lo cual es necesario parar máquina para rectificar o metalizar dependiendo de gravedad del problema de la superficie del cilindro secador Yankee.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

*Chatter Mark: Origen, Evolución y la Influencia de la Cuchilla Crepadora.*

##### A. Definición de las marcas de Chatter

Las marcas de Chatter son definidas como los daños de la superficie del cilindro Yankee y aparecen en forma horizontal como ranuras. Estas ranuras pueden tener diferentes dimensiones y estas pueden estar ubicadas en diferentes partes de la superficie del Yankee.

Según la posición y la distribución, estas se pueden definir como Sincrónicas (“Synchronous”) o aleatorias (Random)-

***Definición Synchronous Chatter Marks:*** son ranuras que regularmente se encuentran en la cara del cilindro, tienen la misma distancia (posición) entre una y otra marca.

***Origen Synchronous Chatter Marks:*** son generadas por la composición de uno de los fenómenos armónicos, y en este caso es posible encontrar las causas responsables de estos problemas.

***Definición Random Chatter Marks*** se presentan usualmente por sobre toda la superficie del Yankee y tienen una variable ubicación.

***Origen Random Chatter Mar:*** este tipo de marcas es el efecto de una ilimitada cantidad de fenómenos y la detección de las causas responsables de este problema es más complicado. La solución, cuando es posible requiere muchos tests de diferentes tipos.

## **B. Influencia de los Chatter Marks**

Como los Chatter Marks son un fenómeno de interés solo de las maquinas papeleras rápidas, situaciones en las cuales la velocidad de la máquina sobrepase los 1600m/min. Para máquinas con menor velocidad la solución de este tipo de problema es usualmente más fácil.

Chatter Marks son prácticamente generadas por la fricción de la cuchilla crepadora con la superficie del Yankee, y además la responsabilidad final del problema esta relacionado con el proceso del crepado.

Chatter Marks es el resultado de la combinación de dos o más factores como:

- La fricción de la cuchilla con la superficie del Yankee.
- El coeficiente de fricción entre la cuchilla y la superficie del Yankee.
- El tipo y la calidad del coating.
- La carga la cuchilla.

- Las vibraciones que vienen del sistema de crepado (portaraspador de la cuchilla denominado: blade holder, y la parte posterior del doctor o portaraspador (doctor back), o de toda la máquina (machine frame, prensa, etc).

Cada punto será descrito y discutido en los siguientes párrafos.

### **C. Origen y evolución de las Chatter Marks**

Como todos los fenómenos, los Chatter Marks empiezan con un ligero efecto que puede ser detectado con una cuidadosa evaluación de la superficie del Yankee. Cuando los efectos son detectados durante la corrida de la máquina esto significa que la situación ha alcanzado un importante nivel de daño.

Chatter Mark se inician con algunas ligeras ranuras en el coating orgánico químico y estos pueden ser removidos con una simple operación de pulido usando una lija. Después de las marcas de coating, los daños empiezan a marcar también la superficie del metal y en esa forma las condiciones de operación comienzan a ser más críticas.

El paso final es la imposibilidad de producir papeles de bajo gramaje (13 a 14 g/m<sup>2</sup>) y la necesidad de rectificar el cilindro secador yankee.

## **3.2. ANALISIS DE LAS POSIBLES CAUSAS**

### **3.2.1 Influencia del Coating en las Chatter Marks**

Hay muchas características del coating que tienen ser consideradas, cuando es necesario evitar la presencia de las Chatter Mark



### A. **Influencia del Coating duro**

Las características del coating tienen gran influencia en la operación de máquina. Un buen coating da al papel buenas características físicas (tensión, elongación, bulk) y buena calidad (suavidad, hand-feel). Un buen coating también reduce el efecto de las Chatter Mark generado por las vibraciones.

En la década pasada era normal el uso de solo dos productos que formaban el coating:

- El agente de adhesión
- El agente release

La experiencia en hacer Tissue fue en la segunda mitad de los 60'S y se refiere al agente de adhesión que provenía de las gomas biológicas, las cuales producían un coating que podía ser removido, por el efecto rehumectable que venía de la presencia del agua en el fieltro y en la hoja.

La dosis de ambos productos como el adhesivo y el release dependen entre si. Es importante considerar algunos parámetros para la regulación de estas dosis como:

- El gramaje del papel
- La materia prima usada (sulfito o sulfato de la celulosa, porcentaje de fibra larga, fibra corta y papel reciclado).
- La dureza del agua del proceso ,los finos
- La retención
- El ph del ciclo
- El porcentaje de secado antes del nip de la prensa
- El porcentaje de secado en la cuchilla crepadora
- El material de la cuchilla crepadora (bronce o acero)

- La geometría de la cuchilla
- La carga de la cuchilla (N /mm)

#### **B. La selección y manejo del Coating**

Desde la segunda mitad de los 90'S dos o más productos están siendo usados en el control del coating. Ellos son los Modificadores y el Agente Protector.

En la actualidad los papeleros pueden calcular con mayor exactitud la cantidad de la mezcla que es aplicada en forma de spray al Yankee, la cual esta definida como el porcentaje de activos del agente relacionado con la unidad de superficie por unidad de tiempo (Ej.  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ ).

Una correcta relación en la cantidad de los cuatro productos (release, adhesivo, modificador y fosfato), permite la formación de una película de coating que tenga una buena resistencia al efecto de la cuchilla crepadora y a la rehumectabilidad, pero al mismo tiempo tiene que ser suficientemente plástico (no vidrioso). Esto evitará un duro contacto con la cuchilla crepadora la cual podría generar, cuando ligeras vibraciones están presentes el fenómeno del CHATTER MARK.

#### **C. Influencia de las condiciones térmicas del Yankee en el Coating**

Las deformaciones en la forma redonda del cilindro Yankee son causadas por los cabezales, los cuales producen una forma poligonal en la pared interna del Yankee. La forma puede ser hexagonal (como la siguiente figura N°3.1) o octagonal, dependiendo del número de los cabezales



**Gráfico N° 3.1**

**Distribución de los cabezales del Yankee**

Fuente : Ref. Bibliográfica (6)

Esas deformaciones, que pueden ser detectadas por las características de los sonidos periódicos que provienen de la cuchilla, pueden ser detectadas por medio de un acertado análisis Vibracional.

Si este fenómeno es severo, esto genera una serie de Chatter Marks que tienen una evolución descrita a continuación.

En este caso es importante tomar algunas acciones diferentes, que pueden ser:

- Incrementar la distancia de los chupadores del fondo de las ranuras. La distancia debería ser incrementada de 1- 2 mm.

El incremento del nivel del condensado reduce el efecto de distorsión de la pared interna del yankee, como el agua hace que la temperatura del hierro fundido en la dirección de la circunferencia sea más homogénea.

Esta acción reduce el coeficiente de transferencia de calor y esto es realmente detectado por la energía consumida. Algunas experiencias demuestran que un incremento en el nivel del condensado de 1mm requiere un incremento de energía de 1.5-2%.

- Reducir el diferencial de presión  $\Delta P$  del sistema de vapor/condensado (por ejemplo de 0.8-1 bar a 0.6-0.8 bar), o reducir la extracción del condensado (flujo de evacuación) con la velocidad (Ej. De 65-55m/s).

Es importante tener un constante valor del flujo de evacuación de la extracción del condensado, poniendo atención a la presión de vapor generado por el caldero.

### **3.2.2 Influencia de otros parámetros en el Chatter Mark**

Otros parámetros de operación tienen alguna influencia en Chatter Marks.

#### **A. Altura de la cuchilla (“BLADE STICK-OUT”)**

La altura de la cuchilla, tiene una influencia en las Chatter Marks, como también una altura mayor (cualquiera que sea la cuchilla crepadora o limpiadora) hace a la cuchilla más flexible y luego se incrementa el riesgo de vibración.

Se recomienda valores entre 20-28 mm. para las alturas de la cuchillas.

#### **B. Carga de la cuchilla**

La influencia de la carga de la cuchilla en la vibración es descrita abajo, pero algunas consideraciones de operación son necesarias. Por la experiencia se sabe que, la mejor carga de las cuchillas esta en un rango entre 2.3 – 2.8 N/mm. Esto asegura la correcta

relación, entre las cantidades de los diferentes parámetros seguidos a continuación como:

- El contacto entre la cuchilla y el coating
- El coeficiente de fricción
- La preservación del coating
- El tiempo de vida de la cuchilla

Es importante enfatizar que el exceso en la carga de la cuchilla incrementa también el consumo de energía.

**C. Rodamientos (“BALL BEARINGS”)**

Los rodamientos del cilindro Yankee tiene alguna influencia en la Chatter Marks, como sus daños generan una vibración en toda la estructura de la máquina.

Esas vibraciones generan las chatter Marks.

**D. Gramaje (“BASIS WEIGHT”)**

Algunas veces la variación repentina del flujo de la bomba de dilución de cabeza de maquina llamada fan pump crea una importante variación del gramaje en el perfil a lo largo de la hoja, la consecuencia es una variación en el intercambio térmico en el cilindro Yankee. Otras causas pueden ser los cleaners, la espuma en la pulpa, etc.

Si no se controla, esta situación puede generarse Chatter Marks como si se pusiera la cuchilla crepadora en vibración.

**E. Material de la cuchilla**

El uso de cuchillas duras (Ej. Cerámicas o cubiertas de Carburo de tungsteno), cuando coating no es el correcto y cuando algunas vibraciones están presentes en la maquina, pueden generarse los Chatter Marks.



Chatter Marks empiezan a aparecer en pocos días y estos son muy profundos, como la dureza del material de la cuchilla es mayor que la dureza de la superficie del Yankee.

La experiencia personal en hacer papel recomienda no usar cuchillas duras cuando las vibraciones del doctor exceden los 2mm/s.

**F. Influencia de la carga de la cuchilla Crepadora en el Chatter Marks**

Como las Chatter Marks son la consecuencia de la vibración de la cuchilla crepadora, también las condiciones de trabajo de la cuchilla son importantes.

De hecho la flexibilidad de la cuchilla y la carga tienen una gran influencia en la Chatter Marks, como ambos parámetros son importantes en la determinación del comportamiento armónico de todo el sistema.

Un importante número de evaluaciones y experiencias hechas por una Planta en Europa ha demostrado que las vibraciones de todo el sistema están ligadas con la carga y la flexibilidad de las cuchillas como sigue:

Tabla N°3.1

| El valor se incrementa   | Parámetro                                 | El valor disminuye  |
|--|---|---|
| <p>Si el Stick-out se incrementa, la flexibilidad de la cuchilla se incrementa y su frecuencia típica que disminuya.</p> <p>Una baja frecuencia típica puede ser cercana a la frecuencia de la máquina y la cuchilla puede vibrar.</p> | <p>Altura de a Cuchilla (“Stick-out”)</p> | <p>Si el stick-out disminuye, la flexibilidad de la la cuchilla disminuye también, y la frecuencia típica se incrementa.</p> <p>Una alta frecuencia típica es lejana de la frecuencia de la máquina y la cuchilla es más estable.</p> |
| <p>Una alta carga hace la cuchilla más estable y el riesgo del Chatter Marks disminuye.</p>  | <p>Carga de la Cuchilla</p>               | <p>Una baja carga hace que la cuchilla sea menos estable y el riesgo de las Chatter Marks se incrementa.</p>  |

Fuente : Referencia Bibliográfica (6)

**Comentario:**

La medición de la vibración en un cilindro Yankee donde había un severo fenómeno de Chatter Marks, sin cambiar los parámetros de operación excepto la carga de la cuchilla. se muestran los resultados:

- Comportamiento armónico con baja carga de la cuchilla crepadora. Existen algunos picos en los alrededores de los 2000Hz.
- Comportamiento armónico con altas cargas de la cuchilla crepadora (alrededor de 1.6 veces la situación anterior). Los picos a 2000Hz se reducen.

Un resultado similar se puede conseguir solo modificando el valor de la altura de la cuchilla (“stick-out.”)

### **3.2.3 Influencia del comportamiento armónico del portaraspador (doctor crepador) en el Chatter Marks**

Una buena administración del proceso del coating no es suficiente para evitar la presencia de las Chatter Marks por si misma, es una necesidad reducir la posibilidad de generar fuertes y peligrosas vibraciones en el sistema de crepado.

Se entiende que el Sistema de Crepado, es la estructura mecánica incluida la cuchilla, el portaraspador (“blade holder”), el cuerpo del portaraspador (the doctor body), los rodamientos (“bearings”), la caja de rodamientos ( housings) y la estructura cercana al portaraspador.

#### **A. Algunas consideraciones teóricas preliminares**

Cada parte de la máquina tiene una característica mecánica, llamada “frecuencia típica”, la cual es la frecuencia que se obtiene de la vibración de la máquina sola sin ninguna interferencia de otras causas.

Si consideramos la teoría del análisis Vibracional, se puede decir que cada fenómeno armónico (como una vibración) no generalmente viene solo, pero es acompañado con otros fenómenos diferentes, que tienen diferentes frecuencias.

Los gráficos de la transformada de Fourier son los gráficos que muestran las características de cualquier señal armónica, teniendo en el eje X la frecuencia y en el eje Y la amplitud. Es muy importante cuando se necesita encontrar un rango específico de frecuencia.

La composición de dos frecuencias (200 Hz. y 1500 Hz.) pero en un cuerpo mecánico complejo y con ninguna señal senoidal. En este caso hay algunos fenómenos de modulación y el resultado nos da una considerable cantidad de diferentes frecuencias provenientes de la modulación de los armónicos de ambas frecuencias.

Como regla general podemos decir que cualquier movimiento armónico (Ej. la rotación del cilindro) genera una vibración teniendo una frecuencia spectrum que depende de las características del cuerpo. Esta vibración es aplicada en la estructura de la máquina y además esto puede interferir con otras partes de la máquina misma.

Este es el mecanismo de algunas vibraciones, en el rango entre un Hertz a un Kilo hertz, alcanza la estructura del doctor crepador. Estas vibraciones tienen diferentes niveles de energía y además su impacto en el sistema de crepado es diferente, pero el resultado de esta modulación armónica puede algunas veces ser muy peligrosa en el sistema del doctor crepador.

## **CAPITULO IV**

### **RESOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DEL CILINDRO SECADOR (YANKEE)**

#### **4.1 RECTIFICADO DE LA SUPERFICIE DEL CILINDRO SECADOR YANKEE.**

Debido a los problemas de la superficie del cilindro secador Yankee, se realizan los rectificados del cilindro, los cuales consisten en rectificar la superficie mediante el uso de lijas de diferente rugosidad, para finalmente realizar el pulido de la superficie con lijas más finas.

A continuación se explicara algunas tecnologías al respecto.

##### **4.1.1 Rectificadora de superficie adaptable universalmente (UAPG).**

Si los cilindros secadores Yankee tienen defectos de superficie, chatter, porosidades, colas de cometa u otro defecto de superficie que esta en el contorno. Es recomendable conocer la información de la rectificadora UAG. Si el yankee tiene desgaste y no está en el contorno, entonces se necesitara un rectificado completo. La UAPG rectificadora universal de perfil adaptable (“Universally Adaptable Profile Grinder”) es la máquina adecuada para este trabajo.

El rectificado perfilador requiere técnicos experimentados con el equipo adecuado. El sistema de rectificado UAPG es el más estricto y preciso que actualmente se utiliza. Presenta mayor potencia y tiene un soporte más estable, puede eliminar material más rápido que cualquier otro equipo. El punto de contacto de diseño, avanzado y bandas a la medida ayudan a reducir su tiempo perdido. El tamaño más pequeño de las rectificadoras permite ofrecer servicios en máquinas con espacios reducidos,



desmontando menos partes. Los técnicos prefieren el perfilador inferior para facilitar su uso y por seguridad. Una mejor visibilidad ayuda al rectificador a ver perfectamente todas las áreas de su entorno de trabajo. Estos equipos también tienen un eficiente sistema de recolección de polvo que mantiene a la planta libre del polvo de rectificado. Este sistema de rectificado es adaptable para muchas aplicaciones industriales de rectificado. La UAPG también rectifica secadores, enrolladores, embobinadoras y otros rodillos de máquinas de papel.

En las siguientes fotos, se muestra el procedimiento de rectificado:

- Rectificando, devastando para eliminar defectos.
- UAPG, Rectificando para perfilar.
- Acabado del rectificado

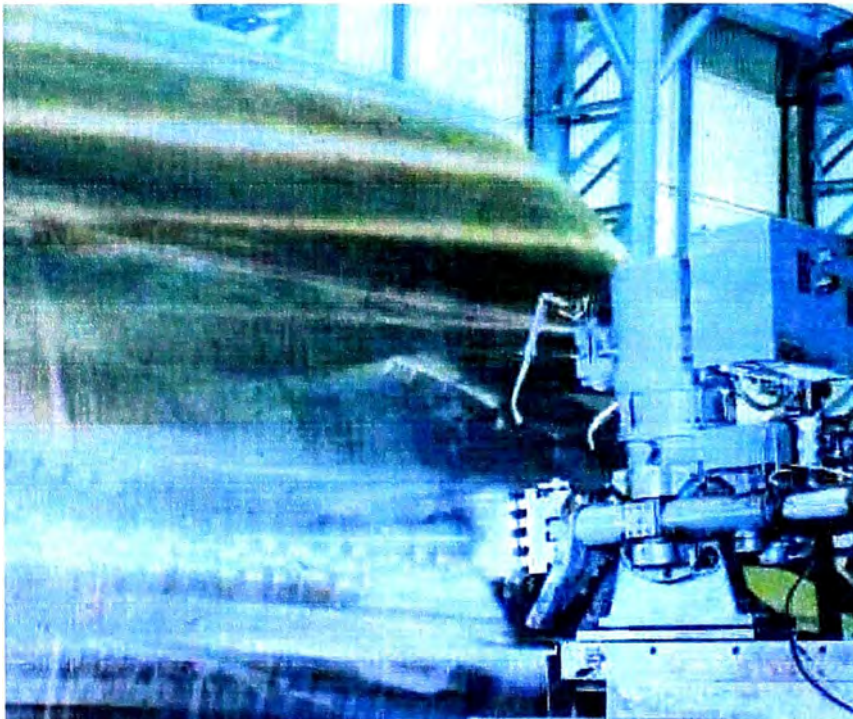


**Gráfico N° 4.1**

**Rectificado desbastando para eliminar defectos**



**Gráfico N°4.2**  
**UAPG rectificando para perfilar.**



**Gráfico N°4.3**  
**Acabado de rectificado**

## **4.2 RECUBRIMIENTOS PARA SECADORES YANKEE**

Dependiendo del tipo de defecto se realiza una reparación en particular, se explicará las diferentes reparaciones que existen:

### **REPARACIONES SPOT**

Este tipo de reparación se lleva a cabo cuando en la superficie del cilindro secador Yankee tiene pequeños defectos de superficie en secadores o rodillos. Este tipo de reparación spot es una alternativa a los rectificadores que son más costosos.

Recubrimientos térmicamente rociados, las reparaciones spot son usadas para corregir defectos de superficie de secadores tales como corrosión, daño mecánico, marcas de doctor o de porosidades que afectan la calidad de la hoja. Si las plantas tienen paradas de emergencia o programadas, este tipo de reparación puede realizarse en cuestión de pocas horas y regresar a la producción normal.

### **REPARACIONES DE ORILLAS**

El desgaste de las orillas de un secador puede ser muy costoso para los presupuestos de mantenimiento y producción. Se puede aplicar un recubrimiento resistente al desgaste en las orillas de cualquier secador yankee, para ayudar a reducir este desgaste. Esta aplicación aumenta solo unas pocas horas al tiempo estimado, de los rectificadores standard que normalmente se realizan.

Es mejor aplicar este tipo de recubrimiento para orillas, que quitar material tan valioso del espesor del secador por medio de rectificadores repetitivos

## **RECUBRIMIENTOS COMPLETOS**

En la actualidad la aplicación de recubrimientos completos a secadores yankee, es hecha con un equipo sofisticado de recubrimiento y con un rectificado posterior para obtener una excelente superficie para producir papel.

Es importante que hoy en día, se ha reducido en cerca de la mitad del tiempo, que se requería hasta hace pocos años, los equipos de rectificado y de la aplicación en forma de spray, esto significa que se reestablecerá la producción más rápido es decir se estará haciendo papel más rápido. El incremento de su producción hará más que compensar el precio de este servicio. Por lo tanto si la superficie de los cilindros secadores Yankees causa frecuentes rectificandos, defectos de hoja, etc. Se tiene varias opciones para evitar esta situación También se puede realizar recubrimientos en secadores nuevos, como forma de prevención.

## **DEFECTOS Y SU REPARACIÓN EN UN SECADOR YANKEE**

Los resultados de los defectos de superficie en un secador Yankee pueden generalmente ser vistos en la hoja de papel. Estos defectos se ven como hoyos, rayas o rasgaduras. La mayoría de los defectos de superficie del secador yankee pueden ser clasificados bajo alguno de los siguientes encabezados. Se pueden reparar todos esos defectos los cuales son:

1. Porosidad – Defecto de fundición.
2. Rayado.– Daño mecánico.
3. Marcas. – Daño mecánico.
4. Agujero de tapón – Agujero dejado por un tapón al desprenderse.
5. Marca de tapón– Vacío entre un tapón viejo y la cara del secador.
6. Marca de Doctor – Marcas horizontales (áreas bajas) a lo ancho de la cara del secador.
7. Ojos de pescado.– Áreas bajas grandes.
8. Corrosión – Áreas bajas o pozos, debidos a la corrosión.

9. Muecas – Áreas cóncavas causadas por el impacto de un objeto extraño.

### **OPCIONES DE REPARACIÓN**

Los defectos de secadores pueden repararse con uno de los siguientes procesos.

- **Reemplazo del secador.** – Este es el más costoso desde el punto de vista de inversión de capital y pérdida de producción. Algunas veces se decide por esto si ya se experimenta reducción de presión de vapor.
- **Rectificado completo con UAPG.** –A menudo se eliminan defectos rectificando hasta un punto abajo del defecto. Este procedimiento causa una pérdida de tiempo moderada y puede restaurar el secador a su perfil adecuado.
- **Rectificado de superficie de Yankee con UAG** – Este rectificado está diseñado específicamente para eliminar defectos de superficie en el menor tiempo posible, a menudo en menos de 12 horas, en muchas máquinas. Quita defectos tales como chatters y porosidades y hace que su máquina esté rápidamente en condiciones para producir nuevamente. También se usa para espaciar el tiempo entre rectificadores completos que son más costosos.
- **Rociado térmico**– Este es el proceso de rellenar el defecto con un metal nuevo rociado térmicamente. Es a menudo el arreglo más práctico y efectivo en costo. Esta reparación puede ser llevada a cabo durante un cambio de fieltro o en un período muy corto de tiempo.



## CAPITULO V

### BUENAS PRACTICAS DE OPERACIÓN EN SECADORES YANKEES PARA LA MANUFACTURA DE PAPELES TISSUE

#### 5.1 RECOMENDACIONES PARA EL CUIDADO DEL CILINDRO SECADOR

Para comprender algunos mecanismos por los que la superficie de un cilindro yankee se daña y genera la necesidad de ser rectificada, se debe tener en cuenta desde el punto de vista del tipo de defectos posibles de encontrar en la superficie del secador; los defectos perimetrales, transversales, y las singulares.

De esta forma se llama la atención sobre el cuidado de ciertos puntos, generando buenas prácticas de operación y mantenimiento.

##### 5.1.1 Defectos perimetrales

En esta categoría entran los defectos causados por situaciones que afectan el perfil de la hoja de papel que llega al cilindro secador.

- a) **Caja de entrada:** Un perfil homogéneo, abertura pareja en el labio, es el punto de partida para un buen proceso. Puntos de alto o bajo gramaje se convierten en franjas de alta o baja humedad, afectando al coating orgánico o lo que es lo mismo, al grado de protección de la superficie del secador. Es muy importante registrar todas las intervenciones de las manipulaciones de ajuste de abertura de modo de no llegar a la zona de deformación plástica del labio, lo que generaría irregularidades no corregibles.
- b) **Rodillo formador:** Son importantes dos variables en este caso, el paralelismo entre el labio y el punto en que el chorro alcanza la tela

y desgastes en el manto del rodillo. Lo primero afecta la formación de la hoja (que es un defecto de calidad) generando diferencias de drenaje a lo ancho, y que al llegar al secador son diferencias de humedad afectando al coating o la protección contra el roce de los raspadores. Lo segundo afecta la tensión de la(s) tela(s) en forma localizada, alterando también el drenaje con las mismas consecuencias. Es conveniente revisar desgastes perimetrales en el rodillo formador al momento de cambiar tela y verificar el paralelismo mediante topografías apropiadas cuando se sospeche de variaciones.

- c) **Tela(s):** A lo largo del ancho de la(s) tela(s) debe tener variables homogéneas, desgastes, tensión, formación de sus cuadros de tejido. Alteraciones en estas características provocan diferencias de drenaje, que nuevamente significan humedad variable y diferente grado de protección contra el roce en el yankee. Algunas de estas variables son difíciles de controlar con la vestimenta en servicio, pero la posición de la costura de la unión o una inspección con lupa a lo ancho o una medición del perfil de espesores (al cambiar la tela) son verificaciones que dan una imagen bastante completa como para detectar singularidades.
- d) **Foils:** La forma en que se extrae el agua también tiene que ser homogénea al ancho, desgastes en los foils generan diferencias de humedad en la hoja de papel. Esta variable se puede controlar también durante los cambios de tela.
- e) **Pick-up:** En las máquinas que lo poseen, este elemento aparte de traspasar la hoja de una tela al paño, también extrae algo de agua, por lo tanto son válidas las observaciones mencionadas anteriormente. Conviene controlar aquí los desgastes superficiales

y la abertura de la ranura, la magnitud de la abertura y eventuales obstrucciones.

- f) **Regaderas de limpieza:** Las regaderas, ya sean de aguja o de cuña, para estos efectos tienen un doble efecto, el de evitar ensuciamientos y el aporte de agua. Por ambas causas lo que se debe controlar es la homogeneidad al ancho de las boquillas. El flujo de agua por unidad de ancho de tela es la variable a controlar, desde el punto de vista del diseño y el estado de funcionamiento.
  
- g) **Filtro:** Esta vestimenta es importante por su función secadora al trabajar con la(s) prensa(s), si tiene desgastes o falta de capa superficial, se afecta el drenaje en esa zona, hay defectos que son del filtro y otros son de la máquina que afectan al filtro. Es recomendable inspeccionar cada filtro al sacarlo, el espesor y desgastes en una franja al ancho es relativamente simple. Si sistemáticamente se encuentran iguales anormalidades en diferentes filtros, la causa a encontrar está en la máquina. Los proveedores de filtro efectúan análisis, que por su oportunidad no reemplazan los que se puedan efectuar en la fábrica.
  
- h) **Prensa(s):** Son el principal elemento secador, en este caso lo que debe trabajar en forma óptima es la homogeneidad del nip a lo ancho. Una buena forma de verificar esto es comparar el perfil de la prensa antes y después de trabajar, debieran ser ambos perfiles muy parecidos, no debieran encontrarse ni conicidad ni franjas de desgaste. Como a lo largo de la vida útil del recubrimiento de goma su dureza varía, el copado debiera variar en función de esta dureza, si mantenemos constante la presión específica aparente en el nip.

- i) **Manto de polines:** En este caso es importante la geometría del manto, recto sin anillos de desgastes y la textura superficial, homogénea al ancho, que podría indicar defectos de engomado o rectificando. Lo que se trata de evitar aquí son los anillos de agua o pasta en los polines, que generan zonas húmedas y las diferentes tensiones en las vestimentas, que causan similar efecto final.
  
- j) **Capota:** En sus lados seco y húmedo, tanto en la aspiración como en la insuflación, sin entrar en consideraciones acerca de la eficiencia de su funcionamiento, el flujo de aire debe ser constante al ancho, esto se mide indirectamente a través de la presión en las diferentes secciones, cuando las hay. Diferentes flujos dan origen a diferentes tasas de secado o lo que es lo mismo, diferente temperatura en la superficie del secador con lo que el coating varía sus propiedades.
  
- k) **Evacuación de condensado del yankee:** La variable a controlar en este caso es la temperatura superficial en el cilindro secador de modo que a lo ancho el coating sea homogéneo. En cilindros ranurados esto es controlable con el nivel de condensado, altura de los chupadores en cada ranura, en los cilindros internamente lisos es de vital importancia la nivelación de la máquina. En ambos casos los efectos de borde son los que introducen las variables a manejar; debido a la tapa del secador y a que en las orillas no hay papel es que en esa zona las deformaciones por temperatura presentan singularidades.
  
- l) **Conductividad térmica del secador:** Se menciona solo como una posibilidad teórica, ya que no hay como medir la conductividad en alguna sección, aislada de otras variables mencionadas. Podrían haber singularidades explicables en el caso de un cilindro

metalizado por un defecto en el proceso de aplicación, que no asome a la superficie. De existir un defecto de esa naturaleza la forma de corregirlo sería mediante la altura de los chupadores correspondientes.

- m) **Ajuste portarraspadores:** Hasta aquí todo lo mencionado se refiere a proteger la superficie del yankee en forma homogénea para que el roce con la cuchilla sea homogéneo, es decir, cualquier defecto en la superficie del secador es generado por la cuchilla. Este es el principal elemento a cuidar, o es el primero que avisa de situaciones de desgaste anormal, un desgaste en la cuchilla tiene su equivalente en el secador, hay inspecciones que a simple vista muestran anomalías. La coloración del borde de la cuchilla que ataca el yankee es un indicador de la temperatura que se alcanza por efecto del roce, a mayor roce más extendido es el color azul del canto la cuchilla. Un análisis con un microscopio puede revelar si hay arranque de partículas, por las rayas en el canto, o bien si la regulación mantiene el mismo ángulo de aplicación a lo ancho, al medir la proyección en el plano del lente del sector gastado del filo inicial. Dada la importancia de estas variables es que se cuenta con un lugar apropiado para una revisión visual de las cuchillas usadas, es importante mejorar a tiempo eventuales singularidades que hayan quedado después de la regulación inicial luego de un rectificado, ya que después de un tiempo el ambiente de vahos, polvo y temperatura, traba los mecanismos de regulación fina.
- n) **Coating orgánico:** Siendo el coating orgánico la sustancia que protege de la cuchilla al cilindro, es importante que las boquillas funcionen bien, es decir, que el producto tenga una tasa de aplicación homogénea al ancho. Para asegurar esto las boquillas deben ser las apropiadas para la configuración de la regadera, especialmente las de los extremos, además tienen que estar limpias



y todas en el mismo ángulo de rotación sobre su eje, de modo que el abanico de una no perturbe a la adyacente y los traslapes no generen líneas con más o menos producto. Es conveniente, si no se cuenta con información confiable, revisar el diseño de la regadera y la especificación de las boquillas.

Como se ha visto, se mencionan casi todos los componentes de la máquina papelera y cómo cada uno puede afectar a los defectos perimetrales en el yankee, el ajuste de todas estas variables da una resultante. Un problema generado en una de las variables es posible corregirlo con cierto ajuste en otra, cuanto más desajustes y correcciones existan más variará el comportamiento de la máquina papelera ante cambios de las condiciones de operación (fabricación de diferentes papeles o velocidades).

### **5.1.2 Defectos transversales.**

Este tipo de defectos se asocia a vibraciones, cualquiera que sea su origen. Se hace diferencia de las vibraciones desde el punto de vista de cómo se generan, como una forma de poder controlarlas. La clave aquí es que una vibración genera oscilaciones en la presión de la cuchilla contra el yankee que puede romper la capa de coating orgánico alcanzando a afectar el metal.

- a) **Vibraciones en la cuchilla por asperezas en rodamientos lineales:** Ya que las cuchillas, especialmente el crepador y el limpiador, están siempre en contacto con el secador y oscilando, es importante que el deslizamiento sea suave. El que haya asperezas en el movimiento puede provocar saltos, que si se repiten en un mismo lugar, por coincidencia de la oscilación con el giro del yankee, llegan a atacar la superficie en un mismo punto hasta generar un defecto. Estos rodamientos deben cambiarse antes que existan asperezas en su oscilación, las condiciones de hermeticidad

y de lubricación en que se encuentren son proporcionales a su duración.

- b) **Vibraciones en las cuchillas por asperezas en manivela excéntrica:** La excéntrica que desplaza en uno y otro sentido a la cuchilla puede tener puntos muertos en los extremos de su carrera y generar pequeños pulsos, que si se repiten muchas veces en el mismo punto provocan el inicio de un defecto. Este elemento está bastante expuesto a condiciones ambientales extremas, por lo tanto su monitoreo debe ser frecuente para determinar el momento apropiado para su cambio.
- c) **Vibraciones por aplicación de la cuchilla:** El momento en que se aplica la cuchilla contra el yankee es un instante de alta presión, que además es amplificada por la inercia del portarraspador, esto es parte del proceso normal de la máquina, pero de alguna forma indica que a mayor cambio de las cuchillas, o más estabilidad en el funcionamiento, menos probabilidad de defectos.
- d) **Vibraciones por “carachas” laterales de coating:** Fuera de la zona de papel, en los extremos de la carrera de la oscilación del portarraspador se deposita coating que no alcanza a ser limpiado. Este coating se endurece y al tocarlo lateralmente la cuchilla puede inducir vibraciones en el extremo del raspador. Cuando se producen estas carachas, observables a simple vista, es conveniente limpiarlas con herramientas manuales.
- e) **Crecimiento de defecto puntual:** Todos los defectos mencionados tienen una localización específica donde se generan. Debido a la propia construcción del portarraspador, estos defectos crecen o se propagan. Existe una cámara hermética en forma de manguera que

tiene por función emparejar la presión, dentro de ciertos rangos de la cuchilla contra el yankee. Cuando la cuchilla "salta" en un defecto, este pulso de presión se transmite al resto del raspador que vibra como la cuerda de una guitarra, hay puntos donde este pulso es máximo y puede romper la capa de coating, mientras más defectos existan más pulsos de presión y más fácilmente se propaga el defecto.

- f) **Vibraciones generales de la máquina:** Se ha hablado de vibraciones generadas en la cuchilla, pero es evidente que vibraciones que se generen en otra parte de la máquina y que se transmitan o acoplen al portarraspador tienen un efecto equivalente. Lo que corresponde es mantener la máquina libre de vibraciones debido a solturas, desbalanceos, golpes, etc.

### 5.1.3 Singularidades

- a) **Daños accidentales:** Siempre existe la posibilidad de un daño por golpe, paso de algún elemento entre la prensa y el yankee, o raya por algo que roce contra el cilindro. No hay receta para evitar esto salvo el buen juicio de todas las personas involucradas de cerca con el cilindro secador yankee. Algunos defectos son posibles de corregir manualmente, pero el efecto de propagación puede generalizar el daño o suavizarlo con el tiempo. En el momento de comenzar un rectificado tradicional es posible darse cuenta del resultado.
- b) **Depresiones localizadas:** Estas depresiones o "pelones" cuando son suaves, u "ojos de pez" cuando son menos suaves, pueden presentarse aisladamente o de a varias. Es difícil dar un motivo que las genere, pero es muy probable que se combinen algunas de las causas mencionadas y que por azar se potencien en ciertos lugares.

## 5.2 MEJORAS EN EL DISEÑO DE LA REGADERA DEL CHILLING SHOWER

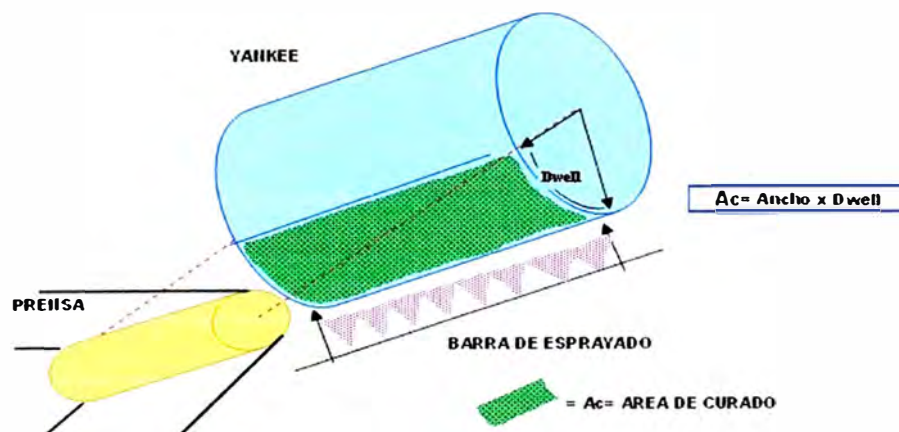
### 5.2.1 Análisis de la regadera del Chilling Shower

EL primer paso para diseñar la regadera, es conocer que cantidad de agua se puede evaporar en el área de curado, lo cual dependerá de la Tasa de Evaporación del Yankee. Por eso la importancia de conocer previamente la Tasa de Evaporación.

Analicemos las condiciones actuales de la regadera del chilling shower de la máquina.

#### A. Área de curado:

El área de curado es la distancia desde el punto de aplicación del coating hasta el punto en que la prensa toma la hoja, multiplicado por el ancho de esprayado. Se asume para el cálculo que el área de deshidratación como máxima debe ser igual al "Área de curado".



**Grafico N° 5.1**  
**Area de Curado**

Para la máquina el área de curado:

(Dwell =1.1 m, Ancho esprayado>Shell face =3.260 m)

Seria igual a:

AREA DE CURADO: 3.59 m<sup>2</sup> ó 38.6 pie<sup>2</sup>

### B. Carga de agua en la zona de curado

La importancia de este valor radica en que podremos darnos cuenta si la cantidad de agua es la correcta, es decir si nuestra tasa de evaporación tiene la capacidad de deshidratar el flujo de agua aplicado.

Del diseño actual de la regadera de la máquina, se tiene la siguiente tabla.

**Tabla N°5.1**

| Presión de la Barra de Esprayado | Caudal c/d TOBERA | NUMERO DE TOBERAS           | EFICIENCIA | FLUJO TOTAL |      |
|----------------------------------|-------------------|-----------------------------|------------|-------------|------|
|                                  |                   |                             |            | Kg/h        | Lb/h |
| (Bar)                            | L/min             | SPRAY SYSTEM. TEJEET 110001 | %          |             |      |
| 3                                | 0.39              | 29                          | 80         | 543         | 1196 |
| 4                                | 0.46              | 29                          | 80         | 640         | 1410 |

Fuente : Ref. Bibliográfica (11)

Normalmente, la presión de operación de la regadera (Spray bar) es de 4 bar entonces, la tasa de evaporación necesaria para evaporar los 1410 lb/h, en el área de curado será:

Demanda de Tasa de Evaporación (a 4 bar) =  $(1410 / 38.6) = 36.5 \text{ Lb/h.pie}^2$

Nota:

Cuando la regadera trabaja a 3 bar, se necesita una demanda de 31 Lb/h.pie<sup>2</sup>



De los cálculos anteriores, sabemos que la tasa de evaporación del Yankee a 8 bares es:

**Tabla N°5.2**

| Presión de vapor-<br>Yankee<br>Bar | Tasa de Evaporación (Lb/hr.pie <sup>2</sup> ) |         |           |
|------------------------------------|---|---------|-----------|
|                                    | Mínimos                                       | Máximos | Operativa |
| 8                                  | 13  | 18.3    | 16.2      |

Fuente : Ref. Bibliográfica (1)

Como se puede ver la tasa de evaporación operativa del yankee es insuficiente 16.2 Lb /hr.pie<sup>2</sup>, contra los 31.0 Lb/hr.pie<sup>2</sup> ó 36.5 Lb/hr.pie<sup>2</sup> necesitadas para el actual diseño del Spray bar. Incluso trabajando en condiciones de diseño 18.3 Lb/hr.pie<sup>2</sup> el yankee no podría satisfacer la demanda de tasa de evaporación del actual diseño de la máquina.

Esto significa que esta agregando innecesariamente mas del doble de agua de lo que podemos secar, en realidad estamos enfriando al yankee.

Según lo información dada por el manual de operación del fabricante del Yankee, la demanda de tasa de evaporación para el diseño original recomendado por Metso fabricantes del Yankee de la máquina es:

**Tabla N°5.3**

| Presión de la<br>Regadera del Ch-Sh<br>(Bar) | Caudal c/d<br>TOBERA<br>Lt/min | NUMERO DE<br>TOBERAS<br>SPRAY SYSTEM-<br>VEEJET 650033 | EFICIENCIA<br>% | FLUJO TOTAL |       |
|--|--------------------------------|--|-----------------|-------------|-------|
|  |                                |  |                 | Kg/h        | Lb/h  |
| 7  | 0.2                            | 32   | 80              | 307.2       | 676.7 |

La demanda de la Tasa de Evaporación se calcula con la relación entre el flujo evaporado y el área de curado.

$$\text{Demanda de Tasa de Evaporación} = 676.7 / 38.6 = 17.5 \text{ Lb/hr.pie}^2$$

Según el diseño del fabricante Metso se tiene una Demanda de Tasa de Evaporación de 17.5 Lb/hr.pie<sup>2</sup>, valor que si podemos satisfacer, pues se encuentra dentro del rango mínimo y máximo de tasa de evaporación que ofrece el Yankee de la máquina.

El valor estimado por el fabricante Metso 17.5 Lb/hr/ pie<sup>2</sup> es prácticamente igual a la tasa de evaporación operativa 16.2 Lb/hr. pie<sup>2</sup>, lo que significa que el diseño sugerido por Metso ofrece condiciones superiores para poder curar eficientemente el coating.

Es importante saber que a estas condiciones se tiene la posibilidad de mejorar la intimidad de la hoja con el coating, y lograr que se “*endurezca la capa de capa de coating*” condición que a la fecha no se puede alcanzar, lo cual nos limita en el desarrollo de mejores estándares de suavidad.

Pues bien las recomendaciones de los fabricantes de cilindros Yankees y los expertos en coating concluyen en la importancia de que, la hoja sea deshidratada y adherida satisfactoriamente antes que sea tomada por la prensa, por lo tanto se debe mantener como regla general dentro de las capacidades que ofrece el secador (Máximos y Mínimos de la tasa de evaporación) para plantear el diseño de la regadera del chilling shower.

### **5.2.2 Flujo de agua óptimo de la regadera del Chilling Shower**

El Flujo de agua aplicado por medio de la regadera, durante la aplicación del coating, de acuerdo a lo visto anteriormente deberá

corresponder a la Tasa de evaporación operativa del Secador Yankee, también es razonable que el flujo agua varíe entre la máxima y mínima tasa de evaporación.

$$\begin{aligned}\text{Flujo de la regadera del Ch-Sh} &= (\text{Tasa de Evaporación Operativa}) * (\text{Área de Curado}) \\ &= (16.21\text{b/hr.pie}^2) * (38.6 \text{ pie}^2) \\ &= 625.3 \text{ lb /hr} = (284.0 \text{ Kg./hr})\end{aligned}$$

Solo par tenerlo como referencia se realizo un calculo económico.

**Calculo Económico:** El exceso de agua aplicado por la regadera, se va a secar mas allá del área de deshidratación, lo que indica que estamos enfriando el yankee, esto demanda un gasto innecesario de Energía Térmica ,hagamos un calculo simple de cuanto nos significa esto económicamente (Se asume el 100% evaporación realizada por el Yankee).

Flujo Actual de la regadera del Ch-Sh de la máquina a (4 bar) = 1410 lb/hr

Flujo Optimo requerido por la máquina = 625 lb/hr

**Flujo Excedente = 785 lb/hr ó (356 Kg/hr)**

Para evaporar 356 Kg/hr necesitamos condensar aproximadamente 534.0 Kg//hr de vapor, lo que significa, que este vapor a cedido energía , aproximadamente:

Energía para Evaporar el exceso de agua =  $534 \times 2048 = 1093.6\text{MJ/hr}$

Si esto lo expresamos en galones de petróleo utilizados para generar esta energía:

Galones de Residual para evaporar el Exceso de agua =  $1093.6 / (44.73 \times 0.85 \times 0.86)$

Galones de Residual (US\$) =  $33.45 \text{ l/hr} = 8.84 \text{ Galones/hr}$

Costo de Evaporar el exceso de agua =  $8.84 \times 0.8035 \times 24 \times 30 \times 12 \text{ \$/año} = 61,400 \text{ \$/año}$

La siguiente tabla muestra, el costo extra de mantener la regadera del Ch-Sh en las condiciones actuales, los operadores la trabajan normalmente en tres valores de presión:

Tabla N°5.4

| Presión (bar) | Flujo de la Regadera (Kg/hr) | Flujo Operativo Optimo (Kg/hr) | Exceso de Agua (Kg/hr) | Costo Anual por Ineficiencia del Esprayado (\$) |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|---|
| 4             | 640.32                       | 284                            | 356.32                 | 61401   |
| 3.5           | 591.6                        | 284                            | 307.6                  | 53006   |
| 3             | 542.88                       | 284                            | 258.88                 | 44611   |

### Técnicos

Utilizados en los cálculos anteriores

Entalpía de Condensación (8 bar) = 2048 KJ/Kg.

Rendimiento Técnico del Petróleo R-6 = 44.73 MJ/Kg. de R-6

Rendimiento Técnico del Caldero = 85%

Costo del Petróleo = 0.8035 \$/gal

Veamos cuanto representa el exceso de agua aplicado por la regadera, de la carga total de agua evaporada por el cilindro secador Yankee.

Para el calculo consideremos una producción de papel 100% reciclado, a 1300 m/min. de velocidad de la máquina, Ancho de Bobina 2750 mm.,. Humedad de Entrada al cilindro de 60% y salida de 6%, Elongación de 18% y 22g/m<sup>2</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Producción Teórica} &= 1300 \times 22 \times 2.75 \times 60 \times 0.82 / 1000 \text{ (Kg. de papel /hr)} \\ &= 3870 \text{ Kg./hr} \end{aligned}$$

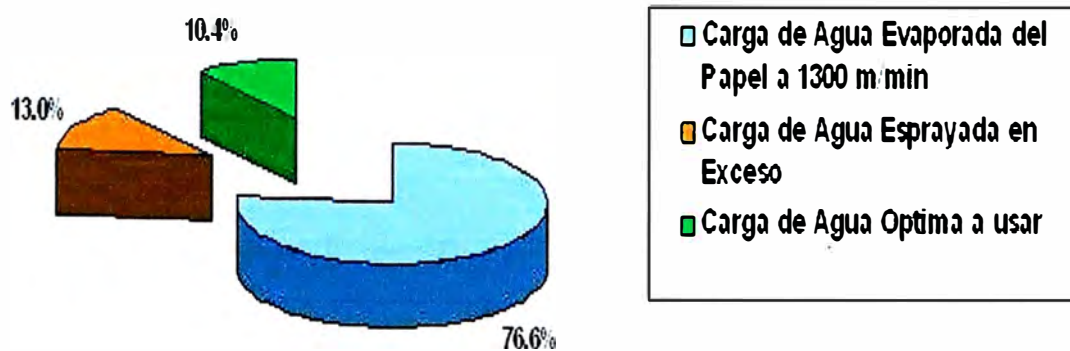
$$\text{Agua evaporada del Papel} = 3870 (60-6) = 2090 \text{ Kg. de agua/hr}$$

$$\text{Agua Total agregada por la regadera del chilling shower} = 640 \text{ Kg./hr}$$

$$\text{Total de agua Evaporada} = 2730 \text{ Kg. /hr}$$

Entonces los 335 Kg. agua/hr en exceso, de todo lo que se seca:

De todo el volumen secado, el exceso de agua agregado la regadera del Chilling Shower representa el 13.0%



**Gráfico N°5.2**

### **Carga Porcentual de Agua Evaporada**

Si enfocamos bien este 13 % de agua que evaporamos innecesariamente, la misma energía térmica la debemos utilizar para producir mas, en otras palabras tenemos suficiente “*capacidad de secado para aumentar nuestra velocidad de producción*” Teóricamente se podría correr hasta 1450 m/min., para evaporar la misma cantidad de agua, que la que evaporamos actualmente.

Al aumentar la velocidad actual máxima de 1300 m/ min. (Base de 22 gr./m<sup>2</sup>) a una prudente 1370 m/min, ganaríamos 70 m/min en velocidad de máquina esto en papel seria casi 210 Kg./hr.

**Papel Adicional por mes : 150 toneladas**

#### **5.2.3 Uniformidad en la aplicación de la Capa De Coating**

Se sabe que la principal función de la capa de coating, es dar un mejor control del grado de adherencia del papel sobre el secador, y que precisamente esta adherencia ofrece su mayor potencial, a medida que la aplicación sobre el Yankee sea lo más uniforme posible.

Teniendo como referencia el artículo de Padley (Ref. Bibliográfica 7) se evaluó técnicamente el diseño de la regadera del chilling shower y



la uniformidad que te brinda su aplicación desde el punto de vista de su cobertura.

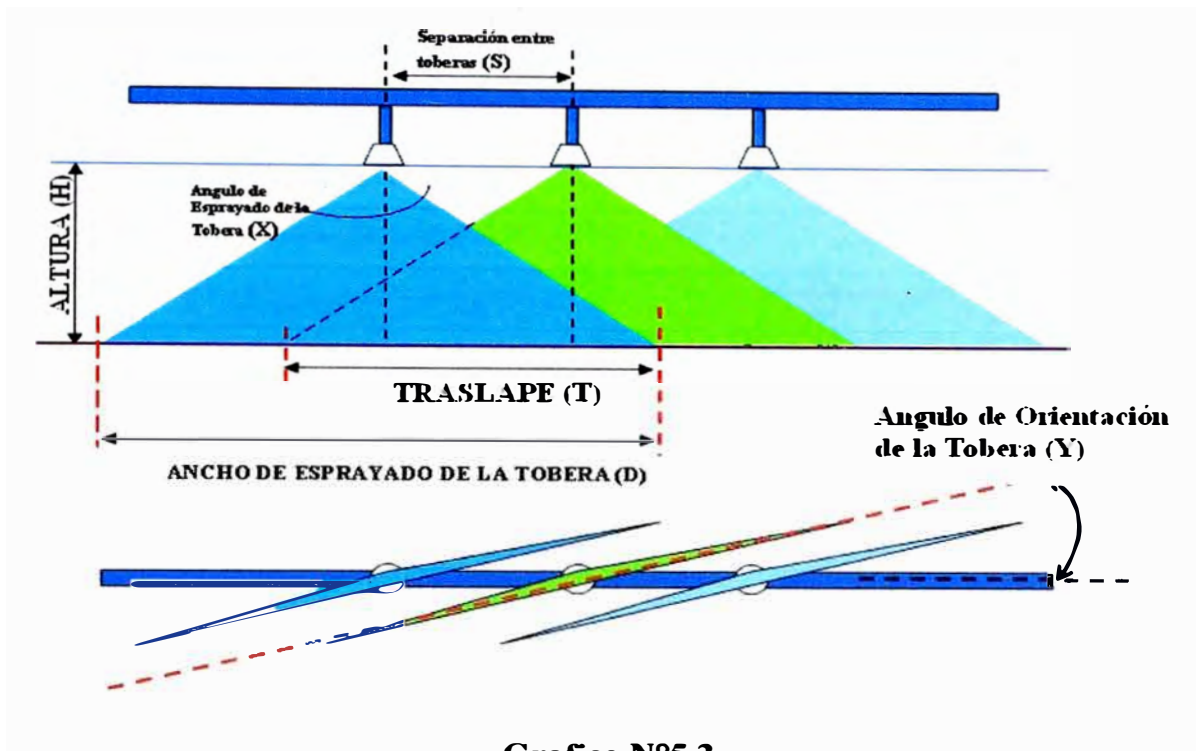
A partir de esta teorías, se menciona algunos parámetros importantes como:

- Las formas de overlap (traslape) existentes, y la uniformidad que te brinda.
- También se calculo el tipo de Overlap y uniformidad actual de la regadera en la máquina.
- También señalamos las virtudes de un Overlap 67%, el cual brinda la mayor uniformidad.
- Se resalta también la importancia del balance energético, pues se sabe que antes de diseñar la geometría de la regadera del chilling shower, lo primero que se necesita saber es la cantidad de agua optima que se va a aplicar por medio de la regadera del chilling shower.

***El traslape (Overlap)*** : Es la sobre posición de la aspersion de una tobera sobre el aspersion de otra. Se mide en porcentaje:

$$\% \text{ Traslape} = \frac{\text{Traslape (aspersion Superpuesto)}}{\text{Ancho de aspersion de la tobera}} \% 100$$

De acuerdo al numero de toberas que superponen su aspersion, se usa el termino simple Overlap (doble cubierta) o doble Overlap (triple cubierta).



**Grafico N°5.3**  
**Geometría de la regadera del Chilling Shower**

#### 5.2.4 Cálculo del traslape de la regadera del Chilling Shower

##### Datos técnicos del diseño:

##### Toberas Flat 11001

Angulo de aspersión de  $110^\circ$  y un flujo nominal de 0.1 gal/ min. (0.39 L/ min.) .

Presión de Operación: 3-4 bar, para el cálculo se asume la Presión de diseño.

Número de Toberas: 29

Separación entre Toberas: 11 cm

Distancia entre la Tobera y el Yankee: 16 cm.

Angulo de Orientación de la Tobera respecto a la barra de aspersión (o regadera chilling shower):  $10^\circ$

**Cálculos:**

Altura (H)=16

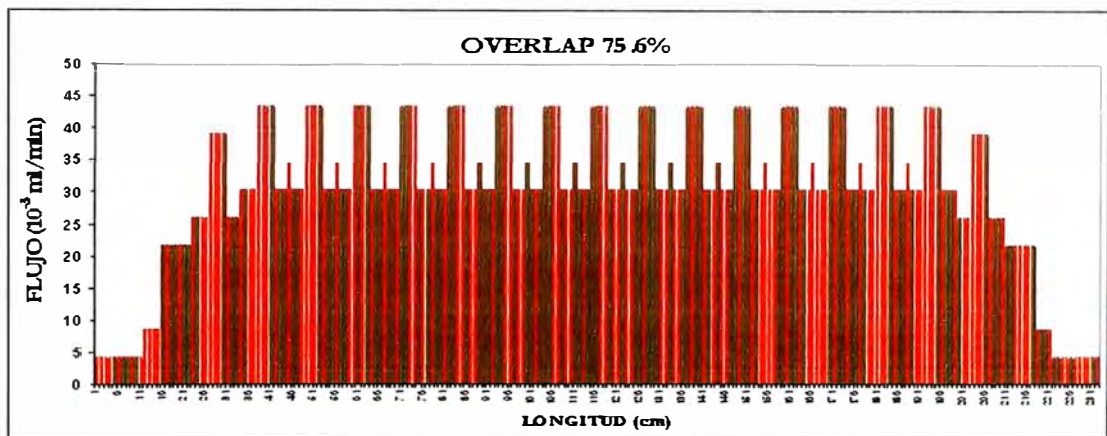
Separación (S) = 11,

Angulo de aspersión (X) = 110,

Angulo de orientación (Y) = 10,

$$\% \text{ TRASLAFE (T)} = \frac{(2 H \text{ Cos}(Y) / \text{T}ag (90-X/2)) - S}{(2 H \text{ Cos}(Y) / \text{T}ag (90-X/2))} \times 100 = 75.56 \%$$

Veamos la uniformidad de la aplicación actual el cual tiene un traslape 75.6%

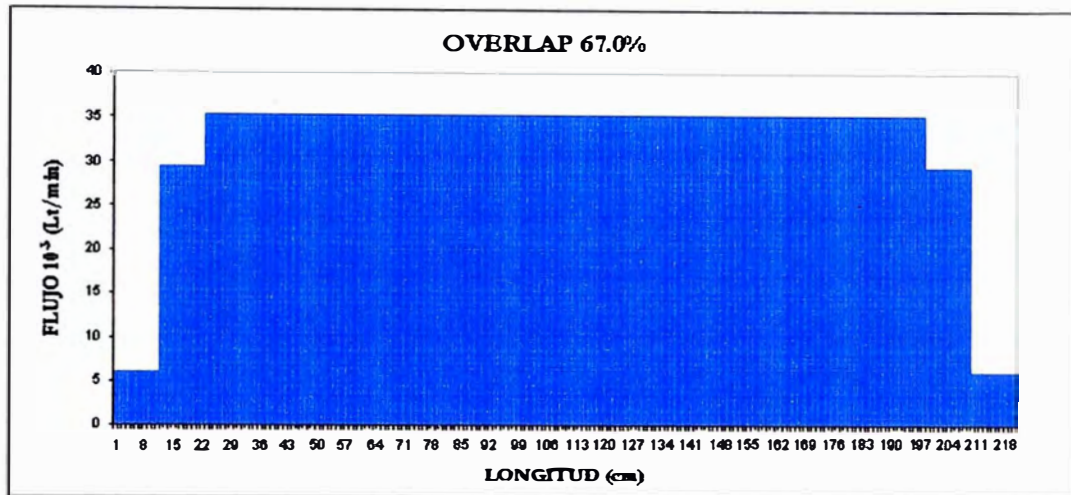


**Grafico N°5.4**  
**Traslape 75.6%**

Fuente : Referencia Bibliográfica (7)

El gráfico anterior nos muestra la cantidad de agua que llega en forma de spray por cada centímetro de longitud del yankee. Este tipo de uniformidad puede ser mejorada, teniendo como referencia el artículo de Ian Padley (European applications specialist-tissue), recomienda el traslape 67% es decir a doble overlap (triple cubierta). Se muestra la uniformidad de este traslape en el siguiente gráfico

### Uniformidad de la aplicación con un traslape 67.0%



**Grafico N°5.5**  
**Traslape 67.0%**

Fuente : Referencia Bibliográfica (7)

Como se observa en el traslape 67.0% ofrece una mejor cobertura del cilindro Yankee. De acuerdo a lo expuesto se propondrá entonces el rediseño la regadera del chilling shower para, un flujo de agua optimo y con un Overlap 67.0%

#### 5.2.5 Rediseño de la regadera del Chilling Shower

El Yankee trabaja normalmente a 3 diferentes presiones de Operación, lo cual depende de la Velocidad de máquina y del tipo de papel a fabricar.

Consideremos las siguientes tasas de evaporación: 16.2 lb/br.pie<sup>2</sup> para 7.5 y 8 bar.

Se propone tener 2 tipos de toberas, unas para cuando el Yankee trabaja entre 7.5-8.0 bar y la otra para 6.0 bar, la facilidad de intercambiar las boquillas, hacen posible la versatilidad del diseño.

**1era Propuesta: Presión de Operación 7.5 y 8.0 bar**

Flujo de Agua Optimo (625.3 lb/hr  $\diamond$  284.0 Kg./hr)

**NUEVO DISEÑO: 32 toberas 730039**

**Flujo optimo por tobera: 0.18 L/min**

Altura (H) = 16.5 Overlap =67%

Separación (S) = 9 Ancho Aplicación=3063 mm

Angulo de aspersion nominal (X ) =73

Angulo de orientación (Y) = 10

Demanda de Tasa de Evaporación: 16.8 lb. /hr.pie<sup>2</sup>

Presión del Spray bar: 4 bar (recomendado para altas velocidades)

**2da Propuesta: Presión de Operación 6.0 bar**

**NUEVO DISEÑO: 32 toberas 800040**

**Flujo Optimo por Tobera: 0.16 L/min**

Altura (H) = 16.5 Overlap =67%

Separación (S) = 9 Ancho Aplicación =3063mm

Angulo de aspersion nominal (X ) =80

Angulo de orientación (Y) = 10

Demanda de Tasa de Evaporación: 14.9 lb./br.pie<sup>2</sup>

Presión del Spray bar: 3 bar

Los nuevos diseños presentados, ofrecen una uniformidad optima de Overlap 67%, y la certeza de lograr una correcta deshidratación de la capa de Coating. Como vemos la demanda de Tasa de evaporación de ambos diseños coincide con la capacidad de secado del Yankee.

**Estas condiciones superiores nos brindaran lo siguientes beneficios:**

- Alcanzar mayor dureza de la capa de Coating, correcta fijación de la hoja, mayor intimidad, lo cual permite *mayores niveles de sensación de suavidad* (softness).



- La capa más dura y uniforme, da un mejor perfil de humedad a lo ancho de la hoja, así como nos hará menos *vulnerables al chattering* y a la *aparición de rayas en el cilindro secador*
- Por supuesto se tendrá mayor capacidad de secado, lo cual nos brindara la posibilidad de ahorro o la alternativa de producir mayor cantidad de papel con el mismo consumo energético actual.

### **5.3 TRATAMIENTO DEL AGUA DE INGRESO A LA UNIDAD DEL CHILLING SHOWER**

Se evaluó el sistema de ablandamiento del agua con el objetivo de proponer la mejor alternativa para la reducción de la dureza del agua para el uso en la regadera del Chilling Shower de la máquina y así seguir la recomendación del fabricante Metso.

Con los resultados de los análisis del agua, evaluamos el uso de productos químicos para dispersar el Calcio del agua, pero esta medida no disminuiría la dureza del agua.

La mejor alternativa para reducir la dureza del agua en la regadera del Chilling Shower es la mezcla de agua blanda y de agua fresca. La mezcla de las aguas es una alternativa rápida y con bajo costo.

A continuación le mostramos el sistema propuesto:



monitoreada, tomando en consideración la dureza del agua del pozo y del agua blanda.

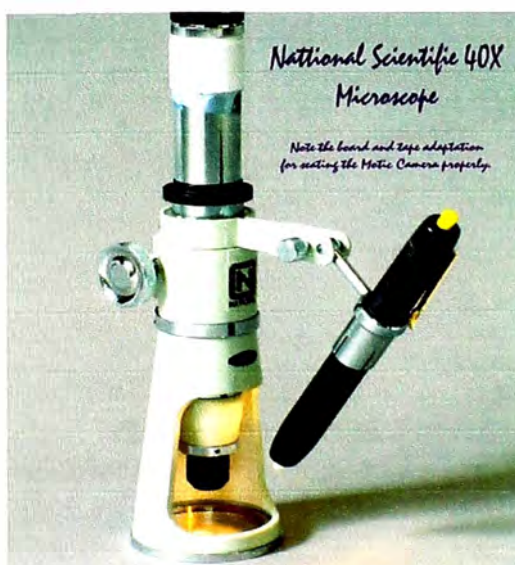
- La cantidad total del agua blanda necesaria para el uso en la regadera y en el caldero es de 3250 L/h, siendo la capacidad de abastecimiento actual de 3800 L/h (de cada ablandador).

#### **5.4 VERIFICACIÓN DE LA PROTECCIÓN DEL YANKEE MEDIANTE LA EVALUACIÓN DEL DESGASTE DE CUCHILLAS CREPADORAS**

##### **DESGASTE DE LAS CUCHILLAS CREPADORAS DE LA MÁQUINA PAPELERA**

Para medir el desgaste de las cuchillas utilizamos un microscopio con capacidad de aumento de 40 veces. Se miden 64 puntos en las cuchillas, siendo medidas a cada 5 centímetros. Con esto es posible identificar puntualmente las eventuales áreas críticas de desgaste.

A continuación se muestra una foto del microscopio y también de la forma de medición de las cuchillas.



**Foto N°5.1  
Microscopio**

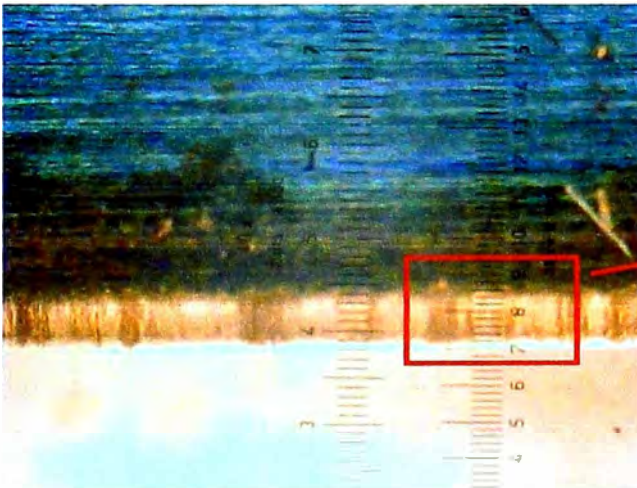
Fuente : Referencia Bibliográfica (5)



**Foto N°5.2**

**Medición del desgaste de cuchillas**

Fuente : Referencia Bibliográfica (5)

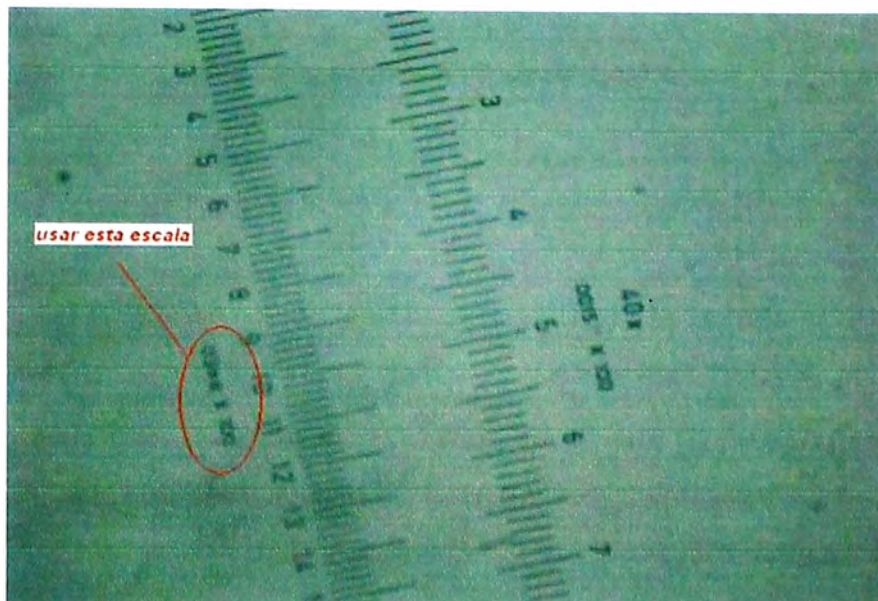


La medida está entre el 7 y el 9,  
de esta forma la medición es de  
**10.**

**Foto N°5.3**

**Vista en el microscopio del desgaste de las cuchillas crepadoras**

Fuente : Referencia Bibliográfica (5)



**Foto N°5.4**  
**Vista de la escala del Microscopio utilizada en la medición del**  
**desgaste de cuchillas crepadoras.**

Fuente : Referencia Bibliográfica (5)

El ancho del cilindro es aproximadamente 3.25m, mientras que el formato del papel es de 2.45m. Las cuchillas crepadoras poseen un ancho similar al ancho del cilindro secador.

Las líneas celestes delimitan la zona del papel, la parte externa es la zona donde se forma el refile.

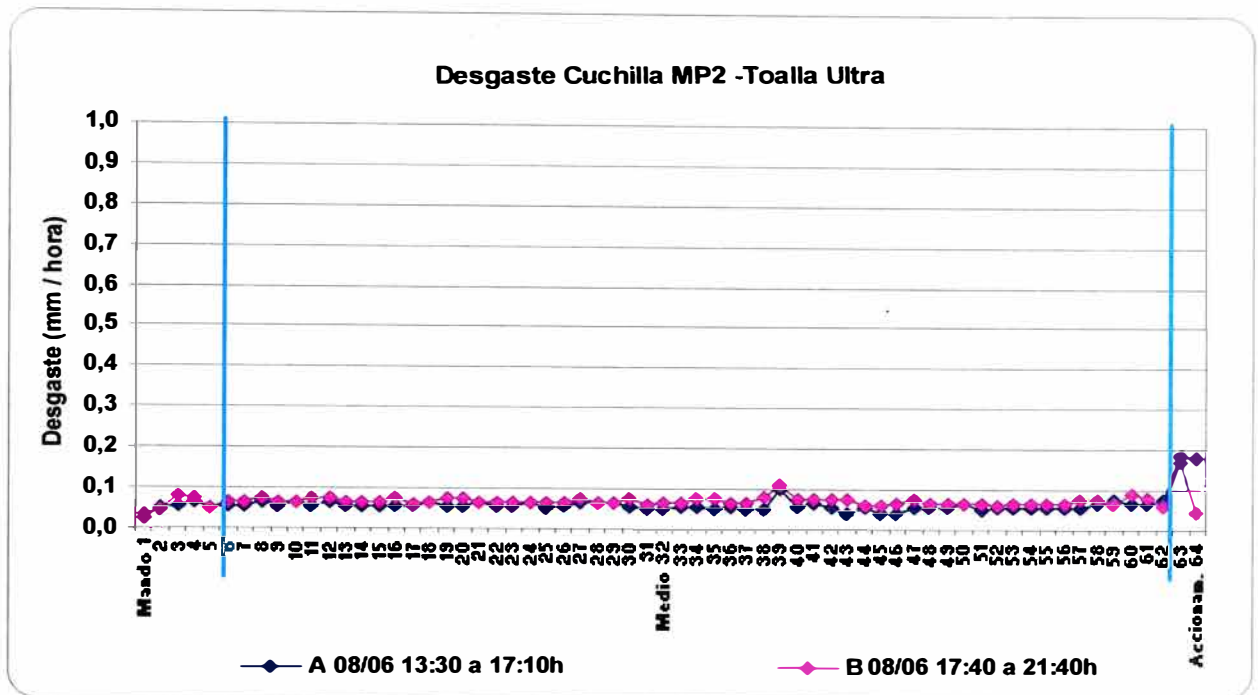
### **IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DEL DESGASTE DE CUCHILLAS CREPADORAS**

Abajo se muestran los gráficos del desgaste de las cuchillas.

En cada gráfico se explicara que significa el desgaste de las cuchillas crepadoras en cada caso en particular, debido a que son cuchillas evaluadas en diferentes tipo de fabricación como:

- Servilleta Noble
- Toalla Ultra





**Gráfico 5.8: Desgaste Cuchilla – MP 2 – Toalla Ultra**

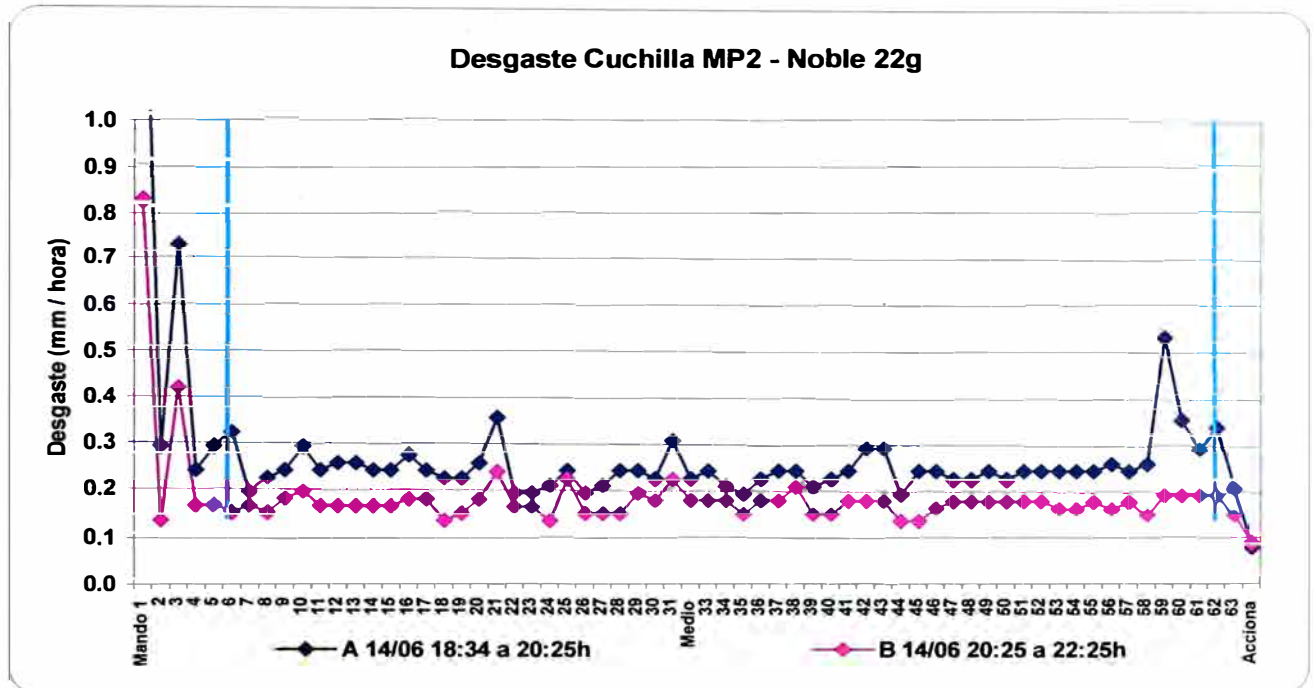
#### Observaciones Gráfico 5.8

En este gráfico 5.8 el perfil de desgaste de la cuchilla crepadoras es muy regular, solo en un punto se observa un mayor desgaste, en el punto 39, esta observación es muy importante ya que según este perfil de desgaste de cuchilla se observa que la capa de coating es muy regular, pero este punto de mayor desgaste se debe analizar con mayor profundidad, es decir observar este punto en la superficie del Yankee, esta inspección visual es una forma de detectar algún defecto incipiente se este presentando, para así tomar medidas para evitar que esta situación mas adelante se convierte en un defecto mayor como una depresión.

Ambas cuchillas mantienen el mismo comportamiento o tendencia, en el punto 39 ambas cuchillas presentan un mayor desgaste.

En conclusión ambas cuchillas presentan un desgaste promedio de 0.08mm/h. en este tipo de fabricación.



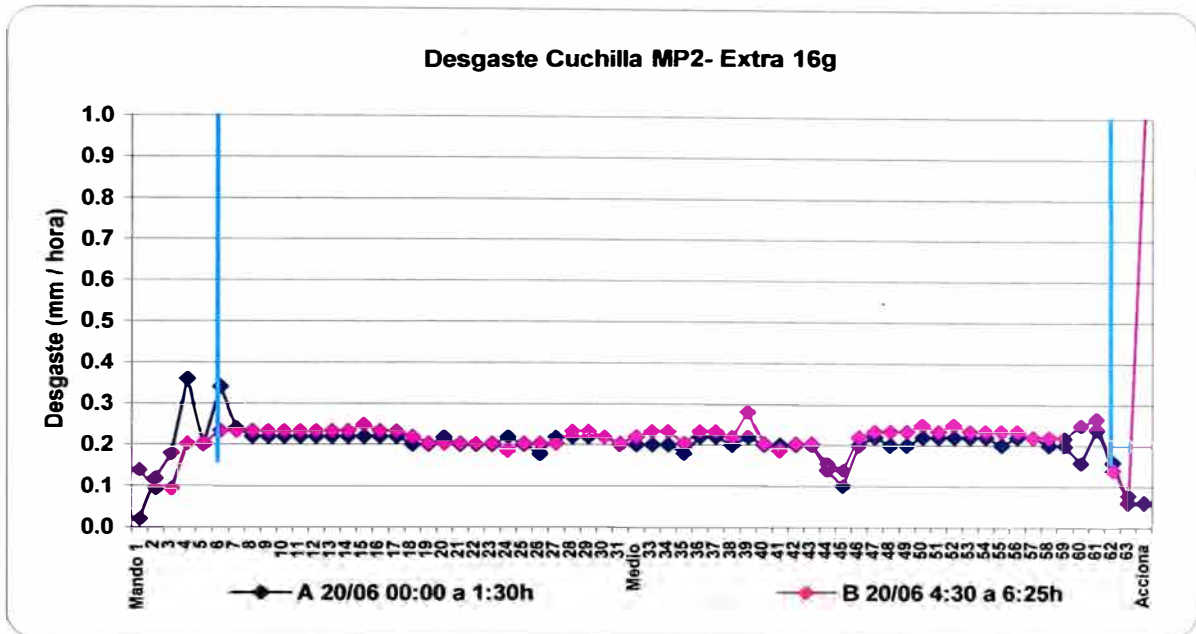


**Gráfico 5.9: Desgaste Cuchilla – MP 2 – Noble 22g.**

#### **Observaciones Gráfico 5.9**

En este gráfico 5.9 el perfil de desgaste de la cuchilla crepadoras es irregular, pero ambas cuchillas mantienen el mismo comportamiento o tendencia es decir en el punto 21, en ambas cuchillas se presentan un mayor desgaste y en el punto 22 el desgaste disminuye. Adicionalmente se observa un desgaste excesivo en lado Mando en la zona fuera del formato del papel, debido a la formación de las carachas o costras debido al recalentamiento en este extremo.

En conclusión la cuchilla de color azul presenta un mayor desgaste en mm/hora. El desgaste promedio en este tipo de fabricación es de 0.25mm/h.



**Gráfico 5.10: Desgaste Cuchilla – MP 2 – Extra 16g.**

#### **Observaciones Gráfico 5.10**

En este gráfico 5.10 el perfil de desgaste de la cuchilla crepadoras es ligeramente irregular, pero ambas cuchillas mantienen el mismo comportamiento o tendencia es decir en el punto 39, en ambas cuchillas se presentan un mayor desgaste y en el punto 45 el desgaste disminuye.

En este gráfico se vuelve a observar que en el punto 39 se presenta un mayor desgaste. Se debe mantener la película de coating pareja especialmente en esta zona, para evitar que esto se convierta en un defecto superficial.

En conclusión el desgaste promedio en este tipo de fabricación es de 0.22mm/h.

## **ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL DESGASTE DE CUCHILLAS CREPADORAS**

Para entender estos resultado es necesario analizar también las condiciones en las cuales las cuchillas crepadoras estuvieron en operación como:

- Velocidad de la máquina
- Gramaje del papel
- Perfil de gramaje del papel
- Perfil de humedad del papel
- Entupimiento del fieltro
- Altura de la cuchilla
- Presión de la cuchilla crepadora
- Mg/m<sup>2</sup> de coating total
- Mg/m<sup>2</sup> de release
- La forma pareja o irregular de la película protectora de coating en la superficie del cilindro secador Yankee.

Estos son solo algunos factores, lo importante es tener en cuenta que cualquier modificación en el sistema puede alterar la película protectora de coating en la superficie del cilindro secador y por consiguiente esto repercute en el perfil de desgaste de las cuchillas crepadoras.

### **5.5 OBTENCIÓN DE NUEVOS ESTÁNDARES DE APLICACIÓN DE LOS QUÍMICOS DEL COATING PARA ASEGURAR LA PROTECCIÓN DEL CILINDRO SECADOR YANKEE**

Para asegurar la protección de la superficie del Cilindro Yankee de la Máquina Papelera 2 se debe mantener una dosis adecuadas de coating total en mg/m<sup>2</sup>, para obtener la formación pareja de la película protectora de coating a lo largo del perfil del cilindro es decir que el manto del Yankee se encuentre protegido, lo cual se verifica con la revisión

permanente del manto del Yankee, siendo este uno de nuestros parámetros de control así como el perfil regular de desgaste de cuchillas crepadoras.

Con respecto a la aplicación del coating y el modificador se debe mantener una relación con respecto a los  $\text{mg/m}^2$  aplicados de Coating (Bubond 2610) y modificador (Bubond 2068) de 70 a 80% de Coating y 30-20% del Modificador respectivamente para lograr una película protectora uniforme de coating.

El monitoreo de estas variaciones de los porcentajes de la combinación de los adhesivos (coating y modificador) es permanente, porque las variaciones de las propiedades y características del recubrimiento, como la dureza del coating, estabilidad a las variaciones de temperatura y uniformidad del recubrimiento, pueden afectar las condiciones operacionales del desgaste de las cuchillas y la calidad del papel (suavidad), por este motivos se evalúa el desgaste de las cuchillas y se observa el perfil del recubrimiento del Yankee en forma rutinaria.

Para realizar está inspección rutinaria de la superficie del cilindro secador Yankee se utiliza el Stroboscopio, que es una lámpara de mayor potencia, que tiene la capacidad de regularse de acuerdo a la velocidad de la máquina y así se puede verificar la uniformidad de la película protectora de coating.



**Foto N°5.5**  
**Lámparas estroboscópica**

Fuente : Referencia Bibliográfica (5)

Los nuevos estándares de aplicación de los químicos de coating, se representan mediante los  $\text{mg}/\text{m}^2$  de coating, release y el modificador. Estos estándares fueron obtenidos después de un largo periodo de evaluación de aproximadamente 4 meses, en los que se realizaron mediciones de desgaste de cuchillas a diferentes cantidades de  $\text{mg}/\text{m}^2$  de coating total (coating más el modificador). Para la obtención de estos estándares se tomo en cuenta las dosis en  $\text{mg}/\text{m}^2$  (de coating, release y modificador) que garantizaran:

- Una película protectora uniforme de coating en la superficie del cilindro secador yankee (Manto parejo = uniformidad del recubrimiento).
- Perfil de desgaste de cuchillas regular.

A continuación se muestran los estándares de los químicos:

**Tabla N°5.5**  
**Estándares de los químicos en mg/m<sup>2</sup>**

| Fabricación       | Total mg/m <sup>2</sup><br>Coating | Bubond 2610 |                   |                     | Bubond 2068 |                   |                     | Busperse 2098E |                   | DAP    |                   |
|-------------------|------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|-------------|-------------------|---------------------|----------------|-------------------|--------|-------------------|
|                   |                                    | mL/min      | mg/m <sup>2</sup> | % mg/m <sup>2</sup> | mL/min      | mg/m <sup>2</sup> | % mg/m <sup>2</sup> | mL/min         | mg/m <sup>2</sup> | mL/min | mg/m <sup>2</sup> |
| Extra 16g         | 2.18                               | 59          | 1.4               | 65.9                | 22          | 0.7               | 34.1                | 45             | 8.3               | 6      | 0.1               |
| Extra 22g         | 2.56                               | 61          | 1.8               | 69.2                | 20          | 0.8               | 30.8                | 41             | 8.9               | 5      | 0.1               |
| Noble             | 3.53                               | 83          | 2.5               | 71.5                | 24          | 1.0               | 28.5                | 36             | 8.2               | --     | --                |
| Polisuavizado     | 5.78                               | 160         | 4.7               | 80.4                | 28          | 1.1               | 19.6                | 33             | 7.2               | --     | --                |
| Servilleta Noble  | 4.16                               | 106         | 3.2               | 76.1                | 24          | 1.0               | 23.9                | 41             | 9.2               | 15     | 0.4               |
| Toalla Ultra Plus | 4.17                               | 91          | 3.1               | 73.2                | 24          | 1.1               | 26.8                | 41             | 10.3              | --     | --                |

#### **Dosis promedio en la máquina en el periodo de JUN-06**

Esta tabla detalla las dosis en mg/m<sup>2</sup> de coating total que se debe aplicar en las diferentes fabricaciones de papel como Extra, Noble Polisuavizado, Servilleta Noble y Toalla Ultra. Las diferencias de las dosis en mg/m<sup>2</sup> se debe a que para cada fabricación se tiene diferentes condiciones de operación y regulación en la máquina, debido a que cada tipo de papel esta definido por sus especificaciones de calidad.



## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. Sobre estas consideraciones para cuidado de cilindro secador, estas son el resultado de las buenas prácticas de operación. El fin de este informe es solo ofrecer algunas consideraciones para ayudar a los colegas a evitar o reducir el peligroso problema relacionado con las Chatter Marks.
2. Los motivos por los que se generan daños en la superficie del cilindro yankee cubren una gama de posibilidades que es imposible de separar de la operación y el cuidado de la máquina misma. La posibilidad que diversos problemas se combinen y que la resultante sea un funcionamiento aceptable, oculta los problemas a corregir.
3. Una buena práctica es la falta de conformidad con el resultado puntual que se esté obteniendo en una máquina y revisarla una y otra vez hasta librarla de defectos de equipos y de operación.
4. La profundidad con que se comprendan los mecanismos aquí mencionados, por parte de los involucrados con la máquina papelera en su conjunto y la discusión que se genere, puede ayudar a una mejor operación y estado de los diversos equipos que conforman la máquina, esto debiera espaciar los rectificadores y alargar la vida útil del secador.
5. El Secador Yankee de tiene una Tasa de Evaporación Operativa de 16.2 lb/hr.pie<sup>2</sup> a 8 bar. La Tasa de evaporación para deshidratar y adherir correctamente la capa de coating, para el actual diseño de la regadera del chilling shower, sería 36.5 lb/hr.pie<sup>2</sup> capacidad que comparado con los 16

Ib/hr.pie<sup>2</sup> del yankee resulta insuficiente. Por lo tanto *no estamos deshidratando ni adheriendo bien la capa de coating.*

6. El diseño de la regadera del chilling shower original recomendada por el fabricante, tiene una demanda de evaporación de 17.5Ib.hr.pie<sup>2</sup>. capacidad de evaporación que esta dentro de los márgenes operativos para el secador Yankee, en conclusión el diseño de la nueva regadera esta en este rango por lo que es el correcto a usar.
7. La actual regadera del chilling shower, debe ser re-diseñada de acuerdo a la capacidad de evaporación que tiene el Yankee, actualmente se esta *enfriando el cilindro secador innecesariamente*, debido al exceso de agua agregada, el evaporar este flujo innecesario de agua nos representa una perdida que va de 50,000 a 62,000 \$/año en la máquina.
8. En términos de calidad del papel, *el desbalance del actual diseño de la regadera del chilling shower*, no nos proporciona las condiciones adecuadas para lograr mayores niveles de sensación de suavidad (softness), es más, el no lograr la intimidad adecuada y el no poder endurecer nuestro coating, nos hace más vulnerables a las rayas en el cilindro secador y al chattering.
9. La re-ingeniería de la etapa de Crepado, busca los siguientes logros:
  - Mayor uniformidad, correcta deshidratación, adhesión y buen endurecimiento de la capa de coating, en base a estos pilares se busca mejorar la protección de la superficie del cilindro secador y mejorar los niveles de suavidad incluso a altas velocidades
  - Ahorro de 50,000 a 62,000 \$/año en energía de secado y/o producir todos nuestros papeles a mayores velocidades de producción.
  - Mayor continuidad o estabilidad, así como una mayor protección del cilindro secador.

10. El diseño planteado por el fabricante tiene un correcto balance térmico, si bien es cierto el traslape 50% ofrecido por ellos es manejable, pero la uniformidad que te brinda el traslape 67% es muy superior.
11. La medición del desgaste de cuchillas nos brinda una herramienta para evaluar permanentemente, la uniformidad de la película protectora de coating en la superficie del cilindro secador yankee.
12. De la obtención de los nuevos estándares de  $\text{mg/m}^2$  coating total, se tiene que las dosis que aseguran una adecuada protección de la superficie del cilindro secador varían de  $2.18 \text{ mg/m}^2$  a  $5.78 \text{ mg/m}^2$  dependiendo del tipo de fabricación. En papeles elaborados con celulosa (Fabricación. Polisuavizado) la cantidad requerida de coating total es mayor, mientras que en papeles elaborados con fibra secundaria (papelote o recorte en la Fabricación de Noble, Extra, Serv. Noble y Toalla) la cantidad requerida de coating total es menor.

## **RECOMENDACIONES**

1. Seguir con las recomendaciones dadas en el Capítulo V, referentes a las buenas prácticas de operación en secador yankees.
2. Implementar el proyecto de la nueva regadera del chilling shower y realizar el seguimiento respectivo para evaluar los resultados. Los beneficios y las ventajas de este rediseño de la regadera del chilling shower, influirán en la mejora de la calidad del papel como producto final, así como del ahorro en el costo de secado.
3. Las propuestas recomendadas para el re-diseño de la regadera del chilling shower, fueron calculadas con las especificaciones técnicas, para Toberas planas del Catálogo 60A-M de Spray System Co. Lógicamente pueden haber

otros diseños que nos permitan alcanzar los mismos objetivos. Se recomienda evaluar este tema.

4. El pasar a trabajar con menor flujo de agua en la regadera del chilling shower, significa nuevas condiciones de regulación, implica salir de los paradigmas actuales y establecer nuevas condiciones de trabajo, lo más probable es que disminuya el consumo de producto químico formador de la capa de coating, ya que este se fijara rápidamente. Se recomienda adaptar las dosis de los químicos actualmente utilizados es decir incrementar la cantidad de release para mantener una película uniforme protectora de la superficie del cilindro secador yankees, otra alternativa es utilizar otros adhesivos con diferente temperatura de transición vítrea (temperatura de curado) y seleccionar el que más se adapta a las nuevas condiciones de proceso.
5. Se recomienda implementar el sistema de ablandamiento de agua de ingreso para la unidad del chilling shower para asegurar el rango de dureza necesaria y así no afectar la eficiencia de aplicación de los químicos como el coating, release y modificador. También se lograra que se disminuya la formación de incrustaciones en las tuberías de las resistencias de la unidad del chilling shower y brindara un mayor tiempo de vida de las mismas.

## **CAPITULO VII**

### **BIBLIOGRAFÍA**

1. Recard, Yankee Dryer, Manual de Operaciones de la máquina papelera. Cap. IX; 2002.
2. Metso, Manual de Operaciones MP2. 2002
3. [www.papelnet.cl](http://www.papelnet.cl)
4. [www.metsopaper.com](http://www.metsopaper.com)
5. Alessandrini A., Pagani P., Chatter Marks: Origin, Evolution and Influence of the Creping Doctors, Tissue World Conference Nice Acropolis- Marzo 2003.
6. Stitt J., The Intimacy Factor - Defining the Creping Operational Factor That Results in the Highest Quality Facial and Toilet Tissue.
7. Padley I., “Model Yankee Creping”, Paperloop Internacional, Tissue World Abril-Mayo 2003.pag 34-37.
8. Stitt J., “Better Bond, Softer Tissue”, Tecnología del Crepado, Tissue World, Febrero-Marzo – 2003.
9. Tappi, “Yankee dryer steam condensing rates”, Tappi Tip 0404-49 Issued- 1998.
10. Spraying Systems Co., “Flat Spray Nozzles”, Catalogo 60A-M.
11. Stitt J., (2004) ,“BL 3 Day Tissue Workhop Manual”, 1 CD, Version 1.1.
12. Metso, (2004). Dryer Yankee, 1 CD.

## **APENDICE 1**

### **PROTECCIÓN EL YANKEE MEDIANTE EL FOSFATO**

La corrosión de la superficie del Yankee es siempre preocupación de las plantas. El costo de metalizar el cilindro y rectificarlo es extremadamente alto. Hay un número de procedimientos para minimizar la corrosión de la superficie del Yankee. Hay también un número de superficies que se pueden aplicar al cilindro de hierro fundido, estas superficies son menos afectadas a la corrosión y al desgaste. Dos de ellas son el Molibdeno y el acero inoxidable.

Los cilindros de hierro fundido cuando se rectificaban por primera vez, fueron curados a menudo apenas como uno cura una cacerola de freír de hierro fundido. Se calienta el cilindro y el aceite se aplica con un fieltro detrás del doctor de la cuchilla y permitir la cocción del aceite en la superficie porosa.

Otro método de proporcionar la protección es usando un compuesto de fosfato como el mono amonio de fosfato, comúnmente llamado MAP en la industria, para poner una barrera monomolecular entre el metal y cualquier liquido corrosivo. El MAP es a menudo aplicado en forma de spray por medio de la regadera del chilling shower, sobre la superficie caliente del Yankee que no solamente forma la barrera protectora, sino también que completa o rellena la superficie porosa del metal.

Tal tratamiento en una superficie fresca del Yankee antes de aplicar el coating es una buena acción para la protección. La adición del MAP a la formulación del coating para el crepado seco en la máquina (porcentaje de sólidos de la hoja > 90%) realmente no es necesario si se tiene un buen coating desarrollado y mantenido. La capa adicional de MAP nunca debe alcanzar la superficie del metal. Si la presión de la cuchilla y el perfil son tal que el coating es a menudo retirado de la superficie del Yankee y queda el metal expuesto, limpio sin ninguna protección



de coating, entonces en estas circunstancias es razonable que algo de MAP en el coating debería ser adicionado en contra de la corrosión. MAP se recomienda definitivamente en maquinas de crepado húmedo y semi húmedo (en algunos donde la hoja en contacto con la cuchilla crepadora sea el contenido de sólidos menor al <90%).

## **APENDICE 2**

### **INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD DEL CILINDRO SECADOR YANKEE**

1. Instrucciones generales de Seguridad.
  - El Yankee es un gran recipiente de hierro fundido que es calentado con alta presión de vapor. Esto hace que el secador Yankee sea un equipo que necesita ser manipulado con gran cuidado.
  - Durante el diseño y la manufactura el yankee ha tenido numerosas regulaciones que se describen los requerimientos en detalle. Hay también un numero de tests e inspecciones que se realizan durante la manufactura que aseguran la seguridad de el yankee en la etapa de llenado durante sus pruebas en operación.
  - Este cuidado y precaución debe continuarse después del arranque del yankee y continuar hasta que el yankee este en operación.
  
2. Seguridad general del equipo.
  - El yankee esta calculado para un MAWP (máxima permisible presión de operación). Este nivel de presión esta estampado en una placa ubicada en el yankee. Es importante que este nivel de presión no se deba exceder nunca.
  - Después del rectificado de la superficie del yankee el nuevo MAWP puede ser encontrado en el diagrama derating.
  - La presión en el yankee es controlada por una válvula de vapor la cual tiene un máximo set point para prevenir la presión excesiva en el yankee.
  - Se requiere también una precaución extra de seguridad, existe dos válvulas de seguridad de alivio en el sistema que se pueden abrir si la válvula de regulación falla.

- Otro de los datos que van en la placa es la máxima temperatura permitida por el material la cual es de 450°F (232 °C) por el ASME a las condiciones de presión aprobados.

3. Seguridad durante la operación.

- Seguir estrictamente las instrucciones de durante el calentamiento del yankee.
- Evitar el enfriamiento rápido del yankee.
- Nunca rosear agua en la superficie caliente del Yankee.
- Monitorear la presión de vapor en el yankee y chequear que este dentro de los límites acordes con el diagrama deraiting.

4. Seguridad durante el mantenimiento.

Después de cada rectificado de la superficie del Yankee, medir el espesor de la pared (shell) del Yankee y mantener los datos actuales.