



## Mediciones y análisis de la sección de secado – Parte 1

### Introducción

La condición operacional de la sección de secado puede tener una influencia significativa en la calidad del papel y eficiencia de la máquina.

La medición de la temperatura de la superficie de los cilindros secadores y de la hoja, las humedades relativas y absolutas de los bolsillos, las presiones de vapor del aire y de la hoja y la determinación de las tasas de evaporación pueden proveer informaciones vitales para la comprensión de tales condiciones.

El objetivo de este trabajo es presentar mediciones dinámicas de secado, algunos ejemplos en los que se ha detectado problemas y algunas variables importantes para análisis.

### 1. Determinación de la tasa de secado

El cálculo de la tasa de evaporación es el primer paso para el análisis de la sección de secado. La expresión "tasa de evaporación" o "capacidad de secado" de cilindros secadores en máquinas multicilindros, usualmente es conocida como curvas TAPPI de tasa de secado.

La tasa de secado se define como la cantidad de agua evaporada por hora por el área de la superficie de secado. La superficie de secado se define como la longitud de circunferencia total de los cilindros calentados con el vapor y que están en contacto con la hoja de papel, por el ancho del papel en la enrolladora. La tasa de secado se expresa en el sistema internacional en kilogramos por hora por metro cuadrado, según la temperatura media del vapor aplicado en el secado.

Se consideran solamente los cilindros calentados con vapor en contacto con la hoja de papel. Las curvas TAPPI para tasa de secado están disponibles para los diferentes tipos de papeles y cartón. Las curvas usan datos estadísticos recolectados en diversas máquinas e ilustran el desempeño típico de estas máquinas produciendo un tipo de papel específico.

Hay una dispersión considerable de los puntos por diversas razones, tales como carga del papel, proporción de exceso de secado, cantidad de ventilación de los bolsillos, diferentes tensiones de las telas secadoras, número de puntos de contacto de la tela secadora, cantidad de cilindros sin vestimenta, cantidad de monotelas, eficiencia de la remoción de condensado, utilización de barras de turbulencia, humedad de la capota, entre otros.

El gráfico 1 trae un resumen de los gráficos de las tasas de secado de la TAPPI para los diferentes tipos de papeles.

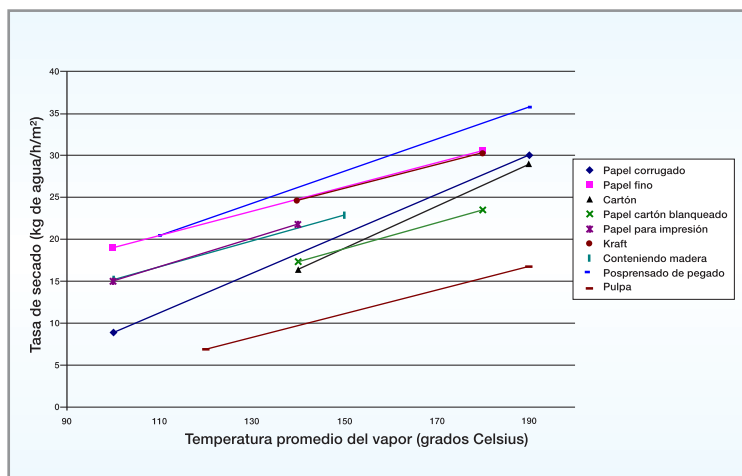


Gráfico 1: Curvas promedio de las tasas de secado de la TAPPI

La presión de vapor es, obviamente, el parámetro más importante que influye en la tasa de secado. La calidad del papel y la marcha de la hoja de papel imponen ciertas limitaciones en la presión de vapor que se puede aplicar. La presión excesiva de vapor que se aplica al comienzo del secado puede provocar la acumulación de fibras en la superficie de los cilindros. Ello puede traer problemas en el funcionamiento de la máquina, formación de polvo y contaminación en la superficie de los cilindros, afectando la calidad del papel debido a la superficie irregular. Se puede aplicar temperaturas más altas para cartón y papeles pesados.

## 2. Medición de la temperatura de la superficie de los cilindros

La medición de la temperatura de la superficie o manto de los cilindros es una buena manera de determinar la eficiencia de transferencia de calor, es fácil de obtener y, comparándola con la temperatura del vapor saturado es muy útil para identificar cilindros con problemas de desempeño. El sensor de contacto es el mejor instrumento para utilizar.

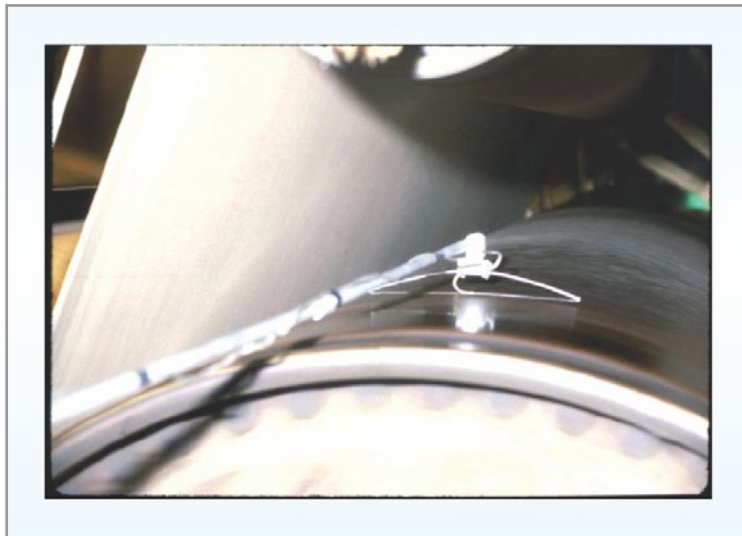


Imagen 1: Sensor de temperatura de contacto tipo termaper

Grandes diferencias entre la temperatura del vapor y la temperatura de la superficie o manto de los cilindros normalmente indican remoción deficiente de condensado. Tales diferencias dependen también de la presión de vapor, tasa de secado y uso de barras de turbulencia. Para una misma presión de vapor aplicado en un grupo de secado, cualquier diferencia superior a 15°C indica problemas de remoción de condensado.

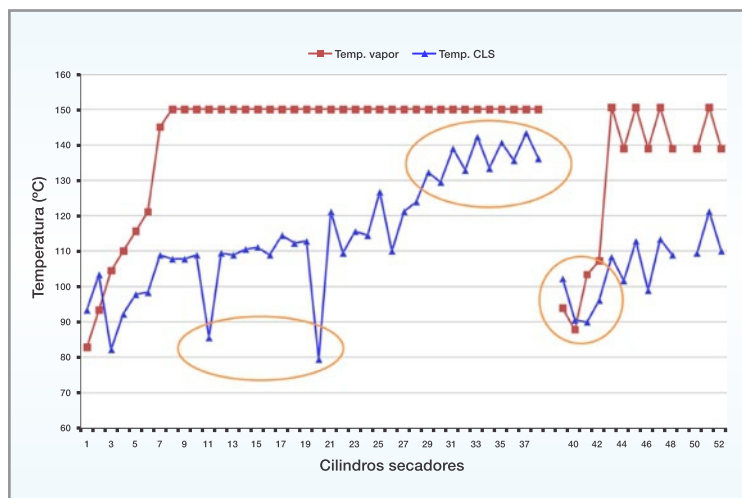


Grafico 2: La temperatura de la superficie de los cilindros

**Comentarios sobre el grafico 2**

No se están controlando adecuadamente los cilindros 1 y 2, y los cilindros 11 y 20 están inundados. En la región de los cilindros 7 a 27, donde se esperarí una diferencia de 30°C, tenemos mayores diferencias indicando transferencia de calor insuficiente debido a los problemas en la extracción de condensado. La región de los cilindros 29 a 37 presenta bajas tasas de transferencia de calor debido al exceso de secado de la hoja. La región de los cilindros 39 a 42 sugiere un control inadecuado de la temperatura de los cilindros.

**Variación de la temperatura de la superficie o manto del cilindro en la diversión transversal**

Se alcanzan variaciones de temperatura de 3 a 5°C con un buen sistema de sifón y barras de turbulencia. Valores superiores a estos normalmente indican remoción de condensado deficiente y que puede afectar el perfil de papel en el pope.

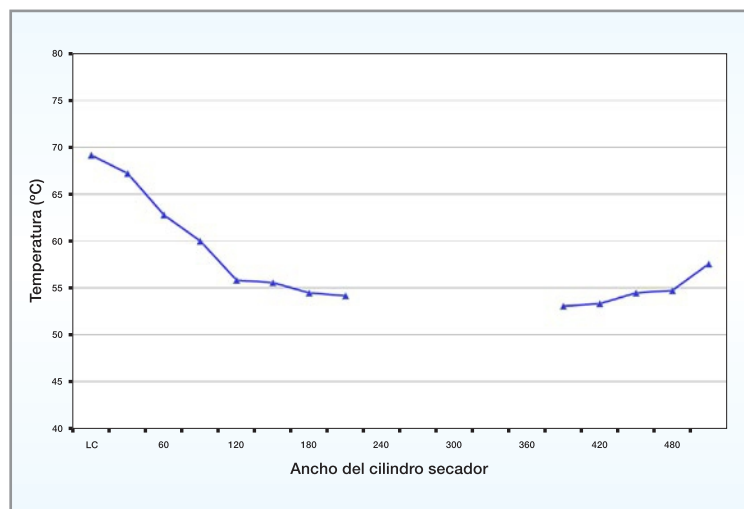


Grafico 3: Perfil transversal de temperatura de la superficie de los cilindros

Ejemplo de una secadora con serios problemas de perfil de temperatura en la superficie. El cilindro cuenta con barras de turbulencia y está inundado.

**Influencia de las barras de turbulencia**

Barras de turbulencia (*spoil bar*) son muy eficientes para mejorar la transferencia de calor, principalmente en máquinas de altas velocidades. Las barras también aumentan la uniformidad del perfil transversal de temperatura. Para velocidades inferiores a 350-400 m/min no se han observado logros debido a que altos coeficientes de condensado ya se alcanzan con la superficie interna lisa del cilindro secador.

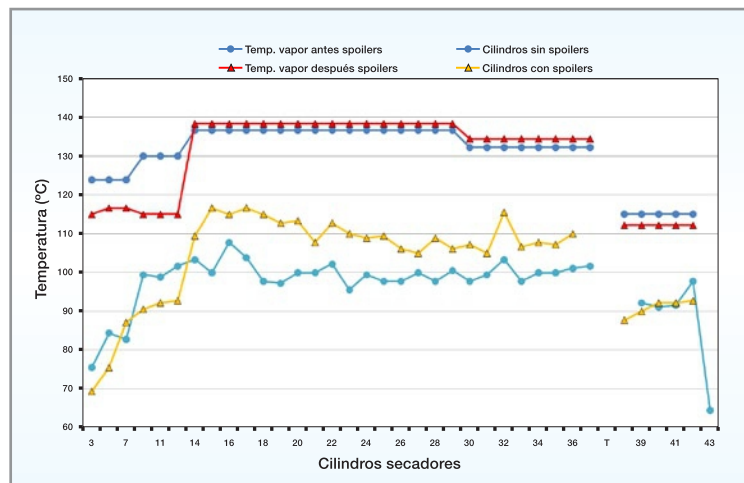


Grafico 4: Las temperaturas de la superficie de los cilindros y del vapor

En este ejemplo se pueden observar las temperaturas de la superficie de los cilindros antes y después de la instalación de las barras de turbulencia, donde el logro de secado es evidente.



Grafico 5: Perfil transversal de temperatura de la superficie del cilindro

Este es el ejemplo de una máquina de papel diario que trabaja a 1000 m/min, donde el cilindro 24 está con barras de turbulencia solamente en el centro. Se puede observar que el perfil de temperatura es bastante irregular.

### Mantenimiento

Alto porcentaje de cilindros fríos puede indicar problemas de mantenimiento o diseño. Se desea tener una capacidad del 97 al 100%, lo que indica un buen diseño de la junta rotativa, material de los anillos de sellado, buen programa de mantenimiento y bajos niveles de vapor sobrecalentado, entre otros.

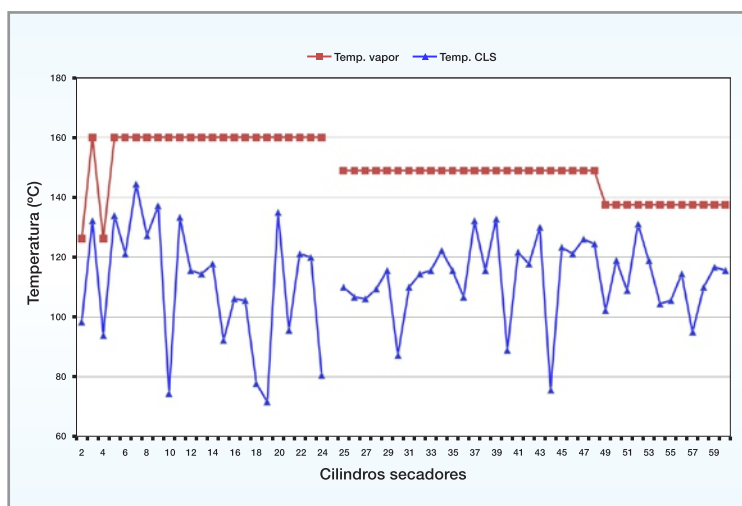


Grafico 6: La diferencia de temperatura de la superficie de los cilindros y del vapor

Ejemplo de una máquina de papel para sacos, donde se espera una diferencia de temperatura de 40 a 45°C. Los cilindros 10, 19, 24, 30, 44 y 57 están con las válvulas abiertas. Muchos cilindros parcialmente inundados debido a problemas de mantenimiento de las juntas y excesivos problemas de sobrecarga en los accionamientos.

## Efecto de la tela secadora

La tensión de la tela insuficiente puede provocar reducción en la tasa de secado. La tasa de secado aumenta con el aumento de la tensión de la tela secadora, pero hay limitaciones para tensiones superiores. Excesiva tensión puede provocar marcación en la hoja de papel, reducción de la vida de la vestimenta, deflexión de rodillos y sobrecarga en los rodamientos y cojinetes. Normalmente, la tensión utilizada es de 1,8 – 2,0 kN/m. Secciones de secado más modernas utilizan tensiones de las telas secadoras muy superiores, en alrededor de 2,0 - 4,5 kN/m.

La temperatura de la superficie de los cilindros puede demostrar el efecto de la tensión no uniforme de la tela secadora o el efecto de su no utilización.

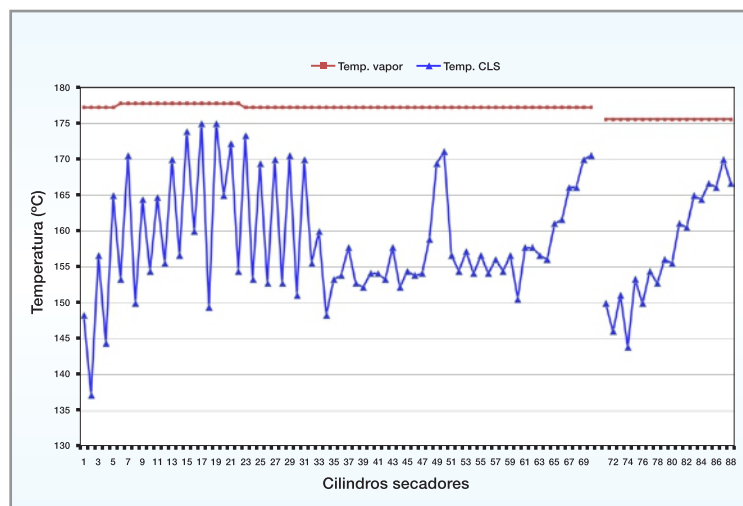


Gráfico 7: La diferencia de temperatura de la superficie de los cilindros y del vapor

Ejemplos de una máquina de cartón para alimentos, donde se han medido las temperaturas de los cilindros a 1,5 metros de la lateral de control. Hasta el cilindro 31 cuenta con tela secadora solamente en la posición inferior. A partir del cilindro 31 opera con telas superiores e inferiores.

### 3. Temperatura de la hoja

Se utiliza un medidor de temperatura infrarroja y se mide puntualmente las temperaturas de la hoja de papel después de cada cilindro secador.

Se puede dividir la sección de secado en 3 zonas. De calentamiento, en el inicio de la sección de secado, donde la hoja está en el proceso de calentamiento, siendo superior en los papeles de imprimir y escribir; zona de tasa constante, donde la temperatura de la hoja es constante, el agua está libremente disponible en la superficie de la hoja y ocurren las más altas tasas de evaporación; y la zona de reducción de la tasa, donde el agua está interna en la hoja de papel, las tasas de evaporación son bajas y, si se sobrecalienta la hoja puede provocar pérdidas en la capacidad global de secado.

La zona de calentamiento de la hoja debe ser la más rápida posible para evitar pliegues y acumulación de fibras en la superficie del cilindro. La zona de disminución de la tasa también debe ser la más corta posible. Para papeles finos, representan alrededor del 15%, siendo que, para papeles más refinados, puede ser mayor. Para papel diario no hay zona de enfriamiento.

La determinación de la temperatura de la hoja es relativamente fácil de realizar y muy útil para entender y solucionar problemas específicos, como los ejemplos a continuación.

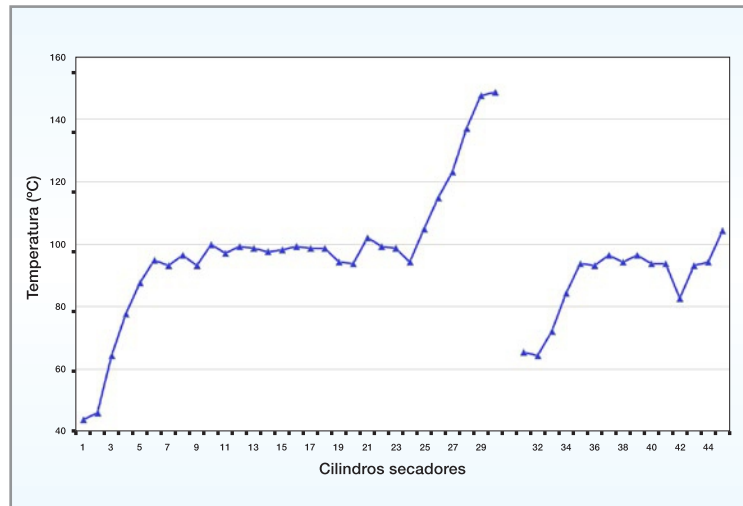


Gráfico 8: La temperatura de la hoja

Curva de temperatura de la hoja ideal en una máquina de papel fino, con rápido calentamiento de la hoja, y no más que el 15-18% de los cilindros secadores participando de la zona de reducción de la tasa de secado.

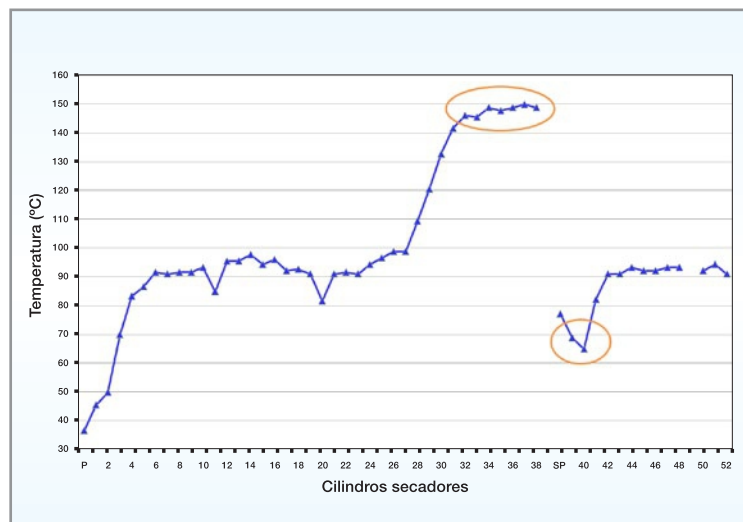


Gráfico 9: La temperatura de la hoja

En este ejemplo, se puede observar que la temperatura de la hoja rápidamente aumentó de 80-90°C, pero está con exceso de secado de la hoja de papel en el final del pre secado, que representa casi el 15% de la pérdida en la capacidad de secado. En el inicio del post secado, la tendencia del calentamiento de la hoja es normal debido a que se tratan de cilindros sin vestimenta.

#### Conclusión:

La determinación de la tasa de secado y comparación con los valores de la TAPPI son análisis fáciles de realizar y útiles para comparar con otras máquinas con el mismo tipo de papel, así como evaluar su desempeño a lo largo del tiempo.

Cada sección requiere monitoreo frecuente de las temperaturas de los cilindros y de la hoja de papel para garantizar que los cilindros secadores están promoviendo buena transferencia de calor por conducción para la hoja y que están con el drenaje correcto del condensado.

En la Parte 2 de este artículo se puede ver la importancia de las mediciones de humedad del aire de los bolsillos, pues si están saturados, resultarán en un bajo diferencial entre las presiones parciales de vapor de la hoja y del aire, con la consecuente reducción en la transferencia de masa de la hoja para el aire. Tal reducción frecuentemente se debe al movimiento insuficiente de aire dentro del bolsillo, provocado por la operación deficiente del sistema de ventilación u obstrucción de la tela secadora.

#### Referencias

1. TAPPI – Paper machine drying rate – TIP 0404-07.
2. The total machine audit – Albany International – Terry Bambrick and Joel Cason presentation.
3. Paper machine audits drying – TAPPI Paper Machine Audits 2005 – Drying – ABTCP/TAPPI – Jim Atkins presentation.
4. FAPET – Papermaking Science and Technology Books – Book 9 / Drying – Chapter 3 / Multi-cylinder dryer – Pertti Heikkilä, Oleg Timofeev and Harri Kiiskinen.

#### Perfil del Autor:

Sérgio Luiz Pereira es Técnico en Celulosa y Papel por el SENAI (Telémaco Borba/PR), graduado en Ingeniería Química por la FURB (Blumenau/SC), con Posgrado en Procesos Textiles por el SENAI/UFSC (Blumenau/SC). Inició sus actividades en la PCC – actual unidad de Klabin, en Correia Pinto, y trabaja hace 18 años en Albany Internacional. Actualmente, es Coordinador de Producto PL – Telas Secadoras.