

# **Universidad Nacional de Ingeniería**

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



## **“ Balance Térmico y Criterios de Ahorro de Energía en un Secador de Tejido Plano para Generos de Algodón ”**

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECANICO**

**RUBEN DARIO ALVARADO JARAMILLO**

PROMOCION: 1987 - I

**LIMA . PERU . 1991**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

TITULO

BALANCE TERMICO Y CRITERIOS DE AHORRO DE ENERGIA EN  
UN SECADOR DE TEJIDO PLANO PARA GENEROS DE ALGODON.

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO

AUTOR: BACH. RUBEN DARIO ALVARADO JARAMILLO.

PROMOCION: 1987-I

LIMA-PERU

1991

TABLA DE CONTENIDOS

PROLOGO	7 - 8	pag.
1. INTRODUCCION	12-13	"
2. GENERALIDADES REFERIDAS A TEJIDOS.		
2.1 Algodón	14	"
2.2 Título o número de un hilado.	14	"
2.3 Torsión de un hilado.	14-15	"
2.4 Fundamentos de la estructura del tejido plano.	15	"
2.5 Peso del tejido.	16	"
2.6 Diseños de tejidos planos.	16-17	"
2.7 Efectos de la estructura del tejido en las propiedades de la tela.	17-18	"
3. EL SECADOR DE TEJIDO PLANO		
3.1 Importancia del secador-diagrama de flujo.	24-26	"
3.2 Descripción del secador.	26	"
3.2.1 Dispositivo de entrada.	26	"
3.2.2 Foulard.	26-27	"
3.2.3 Cilindros Pre-secadores.	28	"
3.2.4 Enderezador de trama.	28	"
3.2.5 Sistema de introducción de tela.	28	"
3.2.6 Sistema de variación del ancho.	28	"
3.2.7 Campos de secado.	28-29	"
3.2.8 Ventilador pre-enfriador de salida.	29-30	"
3.2.9 Cilindros enfriadores de salida.	30	"

3.3	Procesos		
3.3.1	Secado.	30-31	"
3.3.2	Termo-fijado.	31	"
3.3.3	Secado y termofijado.	31-32	"
3.4	Medida de la humedad residual.	32	"
3.4.1	Por variación de la resistencia ohmica de la tela.	32-33	"
3.4.1	Por absorción de microondas del agua.	33-34	"
3.5	Control de humedad del aire en el secador.		
3.5.1	Por medición de la velocidad del sonido.	34-35	"
3.5.2	Por absorción de litiocloridio.	35	"
3.5.3	Por balance térmico.	35-36	"
3.6	Técnica de aplicación de control de humedad del aire en el secador.	36-37	"
4.	BALANCE TERMICO.		
4.1	Metodología a seguir.	38-39	"
4.2	Diagnostico energetico.	39-40	"
4.3	Base de Cálculos.	40	"
4.4	Balance de masa y energía.	40-48	"
4.5	Resultados.	48-71	"
5.	CRITERIOS Y RECOMENDACIONES PARA EL AHORRO DE ENERGIA.		
5.1	Cambio o mejora del sistema de escurrido.	72-73	"
5.2	Operación adecuada de la máquina.	73-74	"
5.3	Recuperación de energía.	74-75	"

5.4 Mejoramiento del aislamiento termico.	75-76	"
6. ANALISIS DE COSTOS.	79-91	"
7. CONCLUSIONES.	92-93	"
8. BIBLIOGRAFIA	94-95	"
9. PLANOS		
10. APENDICES		
A. Glosario de términos	96-97	"
B. Ejemplo de cálculo	98-102	"
C. Cuadros y gráficos usados	103-108	"

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1	% de escurrido convencional	50 pag.
Cuadro No. 2	escala de humedad	50 "
Cuadro No. 3	Generos	54 "
Cuadro No. 4	Medición de temperaturas	54 "
Cuadro No. 5-17	Balance de masa	55-67 "
Cuadro No. 6-18	balance de energía	56-68 "
Cuadro No. 19	Consumo específico de energía	69 "
Cuadro No. 20	Ahorro de energía térmica al al mejorar el sistema de escurrido	77 "
Cuadro No. 21	Reducción de QT para diferentes por- centajes de ahorro de Qa.	78 "
Cuadro No. 22	Costo de energía térmica	81 "
Cuadro No. 23	Costo anual de secado	82 "
Cuadro No. 24	Costo de secado en \$/1000 M.	83 "
Cuadro No. 25	ahorro económico al mejorar el sistema de escurrido.	84 "
Cuadro No. 26	Ahorro anual al recuperar Qa.	88 "
Cuadro No. 27	Ahorro anual al recuperar Qa. con foulard de alto escurrido	89 "
Cuadro No. 28	Costo del calor de pérdidas	90 "

## PROLOGO

Habitualmente más del 90% del consumo de energía térmica de una fabrica textil corresponde a la sección de acabados, alimentadas de ordinario con vapor de agua y aire caliente.

La presente tesis trata del estudio específico de un secador de tejido plano utilizada en toda planta de acabados y cuyo consumo de energía termica es el más alto comparativamente a cualquier otra máquina de acabado.

La planta de acabado de proceso continuo de la Cía Credisa División Textil, fue montada en el año de 1988 y en la cual se instalo un secador de tejido plano marca Monforts de 6 campos que es el objeto de nuestro estudio.

Abarca este estudio 10 capitulos;

El primer capitulo es la introducción en que se hace mención a los antecedentes, se justifica el proyecto, y se expone los objetivos.

El segundo capitulo es el referido a las generalidades en ella se describe brevemente la materia prima y se trata de dar una idea concreta de de los parametros que intervienen en el proceso de fabricación del hilado hasta convertirse en un tejido plano.

El tercer capitulo describe el diagrama de flujo en una planta de acabados, en este caso el de Credisa División Textil; y ademas la descripción general de un secador de tela.

En el cuarto capitulo se realiza el balance de masa y energía del secador de tela.

El quinto capitulo describe los criterios que se tienen en cuenta para lograr poder lograr reducir el consumo de energía termica.

En el sexto capitulo se realiza el estudio de costos de acuerdo a

los resultados obtenidos en el cuarto y quinto capitulos.

Se finaliza con las conclusiones, bibliografia, planos y apendices.



## NOMENCLATURA

	:	Calor latente de vaporización del agua (Kcal/Kg)
Cpm	:	Calor específico promedio del aceite Mobil therm 603 (Kcal/Kg C)
Cpv	:	Calor específico medio del vapor de agua (Kcal/Kg C)
Cpt	:	Calor específico de la celulosa (Kcal/Kg C)
Cpaq	:	Calor específico del agua (Kcal/Kg C)
C1	:	Costo por sueldos (\$/año)
C2	:	Costo por arrendamiento (\$/año)
C3	:	Costo de recuperación de capital (\$/año)
C4	:	Costo por depreciación (\$/año)
C5	:	Costo por mantenimiento (\$/año)
C6	:	Costo de energía térmica (\$/año)
CF	:	Costo fijo (\$/año)
CV	:	Costo variable (\$/año)
CT	:	Costo total (\$/año)
C'T	:	Costo total (\$/1000 metros de tela)
HU	:	Poder Calorífico bajo del petróleo No.2 (Kcal/Kg)
i	:	Tasa de interés anual (%)
E	:	Arrendamiento (\$/mes)
Ce	:	Consumo específico de energía (Kcal/Kg de tela)
F1	:	Humedad inicial (%Kg de agua/Kg de tela)
F2	:	Humedad residual (%Kg de agua/Kg de tela)
Magi	:	Flujo de masa de agua de ingreso (kg/h)
Mags	:	Flujo de masa de agua de salida (Kg/h)
Mo	:	Flujo de masa de aceite de salida (Kg/h)
Ma	:	Flujo de masa de aire (Kg/h)

Me	:	Flujo de masa de evaporación (Kg/h)
M	:	Precio de la máquina (\$)
S	:	Sueldo (\$/h)
TD	:	Temperatura de secado ( C )
TF	:	Temperatura de bulbo húmedo ( C )
Te	:	Temperatura del ambiente ( C )
Ti	:	Temperatura del aceite ( C )
P	:	Precio del petroleo No. 2 (\$/gal)
X	:	Escala del instrumento de medición de la humedad del aire en la salida de los campos
Xp	:	Humedad del aire en la salida de los campos de secado (g de agua/Kg de aire)
	:	Densidad del petroleo No.2 (Kq/M )
Ef	:	Eficiencia del caldero
Y	:	Horas por año
W	:	Consumo de energía eléctrica para recircular el aire (kcal/h)
Wr	:	Porcentaje de recuperación de Qa (Kcal/h)
Qagi	:	Energía necesaria para calentar el agua que ingresa al secador (Kcal/h)
Qe	:	Energía necesaria para vaporizar el agua que entra al secador (Kcal/h)
Qv	:	Calor del vapor del agua que sale por los conductos de salida (Kcal/h)
Qt	:	Calor que absorbe la tela durante el secado (Kcal/h)
Qa	:	Calor que absorbe el aire (Kcal/h)
QT	:	Calor total usado para secar la tela (Kcal/h)

## INTRODUCCION

### Antecedentes.

Un estudio similar denominado "Energy optimization on Stenter" que fue conducido por los institutos textiles de Finlandia, Noruega, Zúiza y Dinamarca junto con los representantes de las industrias textiles de las naciones nórdicas financiada por "Nordforsk, Nordisk Industrial Fund, Nacional Research Funds and Textile Industry".

El estudio se hizo sobre un secador hecho por "Babcock Textilmaschinen GmbH" de 4 campos instalado en 1974. Este secador era calentado por gas licuado con quemadores lineales por campo. El estudio fue hecho por medición directa de todos los parámetros, ya que contaba con el equipo de control mas avanzado.

En esta tesis se hace el estudio de un secador que es calentado por intercambiadores aire-aceite usando fórmulas complementadas por suposiciones que facilitan la labor teórica del cálculo.

### Justificación

La industria textilera en el País tiene una ruta sostenida debido a sus exportaciones y es hoy una gran fuente de recursos. En 1986 generó \$128 millones de dolares de los cuales \$32.5 millones de dolares correspondieron a tejidos planos de algodón y fibras artificiales. En 1987 generó \$224.5 millones de dolares de los cuales \$43.3 millones de dolares correspondieron a tejidos planos de algodón y fibras artificiales. En 1988 \$260.5 millones de dolares de los cuales \$39.3 millones de dolares correspondieron a tejidos planos de

algodón y fibras artificiales.

Como se puede observar las exportaciones textiles tienden a aumentar cada año, ya que nuestra industria textil emplea materia prima de reconocida calidad internacional, situándose los algodones Pima y Tanquis entre las mejores a nivel mundial.

El aumento constante de los precios de combustibles y la dependencia cada vez mayor del exterior atenta contra la industria de exportación en general. Se hace entonces necesario establecer programas de ahorro de energía; dentro de las cuales se establecen los de ahorro de energía térmica; ligada a una estructura de costos que mantenga competitiva nuestra industria de exportación.

#### Objetivo

Determinar la existencia de pérdidas de energía térmica

Recomendar las soluciones más adecuadas para evitarlas.

2.

## GENERALIDADES REFERIDAS A TEJIDOS.

### 2.1 El algodón

El algodón esta compuesto mayormente de celulosa. Cuando el el algodón se trata con ácidos bajo ciertas condiciones se convierte en glucosa.

La longitud promedio de la fibra de algodón difiere de una variedad a otra dependiendo tambien de las condiciones de crecimiento. El rango normal de algodones hilables varia entre 1/2" y 1 3/4".

### 2.2 Título o número de un hilado

Es una medida de la densidad lineal y se relaciona directamente con el grosor del hilado. El mas utilizado es; el número ingles (Ne), el cual indica la cantidad de unidades (madejas o Hanks) de 840 yardas necesarias para conseguir 1 libra inglesa de hilado. La numeración inglesa se utiliza fundamentalmente para el algodón y fibras cortas del proceso algodoneró.

### 2.3 Torsión de un hilado

Un hilado compuesto de fibras cortas necesita ser torcido para crear una cohesión entre ellas. La torsión crea una presión que aprieta las fibras una contra otras, aumentando su fricción y evitando el deslizamiento. La torsión hace un hilado resistente, voluminoso, áspero, duro, suave o elástico. En

función al tipo y características del hilado se aplica una cierta cantidad de torsiones. Un hilado fabricado con fibras gruesas, cortas y débiles necesitará más torsiones que un hilado del mismo título fabricado con fibras finas, largas y resistentes.

Los hilados, además de ser identificados en su grosor torsiones, deben cumplir otras propiedades y requerimientos como:

- Resistencia a la rotura por tracción.
- Elasticidad
- Apariencia general del hilado
- Cantidad de defectos e imperfecciones que posee.
- Regularidad y constancia en sus propiedades características físicas.

Para ángulos de inclinación iguales en las fibras, la torsión es directamente proporcional a la raíz cuadrada del número e inversamente proporcional a la raíz cuadrada del título.

#### 2.4 Fundamentos de la estructura del tejido plano

La urdimbre y trama se pueden entrelazar en un gran variedad de diseños para producir telas que son sorprendentemente flexibles, al mismo tiempo fuertes y durables. Estas características provienen de la estructura misma del tejido y también de la estructura de los hilos, que se usan para fabricarlos. Por otra parte es posible usar materiales muy flexibles para tejer telas en una amplia gama de rigideces, dependiendo de la estructura utilizada. Para formar una tela se entrelazan los hilos produciendo un material láminar, que tiene una macroestructura tridimensional.

## 2.5 Peso del tejido

En general el peso de un tejido es la combinación de los pesos de los hilos de urdimbre y de trama, pero si el tejido está en estado crudo se debe tomar en cuenta también el peso del enqomado en la urdimbre.

## 2.6 Diseños de tejidos planos

De la fig No. 1 se puede ver que la unidad de repetición de un tejido plano es de dos hilos por dos pasadas. Este es el tipo de tejido con mayor puntos de amarre y en consecuencia produce las telas más estables.

Algunas telas se consideran como derivados del tejido plano. Ellas son en efecto, extensiones de este entrelazado simple.

Costillas de urdimbre: (Fig No. 1a) En este caso se extiende el tejido plano en dirección de la urdimbre, la urdimbre teje en el mismo orden que en el tejido plano, esto es cada dos hilos adyacente se mueven en sentidos contrarios.

Los hilos de trama tejen en grupos de dos, tres o más hilos, la repetición tiene dos hilos de urdimbre, pero puede involucrar diferentes calidades de hilos de trama.

Costillas de trama: (Fig. No. 1b) En este caso se tejen grupos de hilos de urdimbres que se entrelazan por cada pasada.

Esterillas: (fig No. 1c) La extensión del tejido en este caso en ambas direcciones, de tal manera que se mueven grupos de hilos y de pasadas como si fueran hilos simples de un tejido plano. Estos tejidos son cuadrados, normalmente se usan con construcciones también cuadradas.

Sargas: (Fig. No. 2) Es un tipo de tejido plano que se

caracteriza por presentar líneas diagonales en ángulos que varían entre 15 a 75 grados.

Los tejidos diagonales siempre muestran una dirección pudiendo ser derechas o izquierdas según el sentido de la líneas que formen, siendo de uso común utilizar una inclinación de la diagonal contraria al sentido de torsión al hilo.

Satines y Satenes: (Fig. No. 3) En este tipo de tejido plano los puntos de entrelazamiento se disponen de una manera similar a las sarqas pero sin mostrar la línea diagonal. Los satines son telas que muestran la trama en la cara.

## 2.7 Efectos de la estructura del tejido en las propiedades de la tela

son:

Resistencia a la tracción: Es una relación de la resistencia del hilado a la estructura del tejido. Si se mantienen los demás parámetros constantes. Los tejidos planos que tengan los mayores porcentajes de encogimiento tendrán las menores resistencias.

Elongación: Tan importante como la resistencia a la tracción de un tejido es su capacidad de extenderse bajo la acción de una fuerza. Esta elongación tiene lugar en dos partes, la primera disminuyendo el crimp del tejido y la segunda estirando los hilos de los mismos. Es así mientras mayor sea el crimp de los hilados será mayor la extensibilidad del tejido.

Fricción: Esta afectada por el crimp y la estructura del tejido, adicionalmente a la fricción superficial de los hilos componentes. Los diseños que tengan un alto número de de intersecciones producirán telas más ásperas que aquellas hechas con flotes largos.



Resistencia a la abrasión: Se afecta grandemente por las propiedades del hilado, la construcción y la geometría del tejido. Mientras más largos sean los flotes, será mayor el área de contacto entre el hilo y la superficie de abrasión.

Caida: La caída de una tela se define como la forma que cuelga esta. El título del hilado y el tipo de tejido son factores muy importantes para la caída. Las telas pesadas hechas con hilados gruesos y con una alta densidad tendrán una caída bastante pobre, mientras que los tejidos hechos con flotes largos que permitan a los hilos moverse libremente mejorarán la caída.

Resistencia a la arruga: Se afecta mayormente por el tipo de ligamento. El factor más importante a considerar es la libertad de los hilos y de las fibras para relajarse. Un tejido plano con hilos delgados y de alta densidad causa altas cargas sobre los hilados, limitando así su poder de recuperación. Mientras más largos sean los flotes será mayor la resistencia a la arruga del tejido.

Fig. No. 1

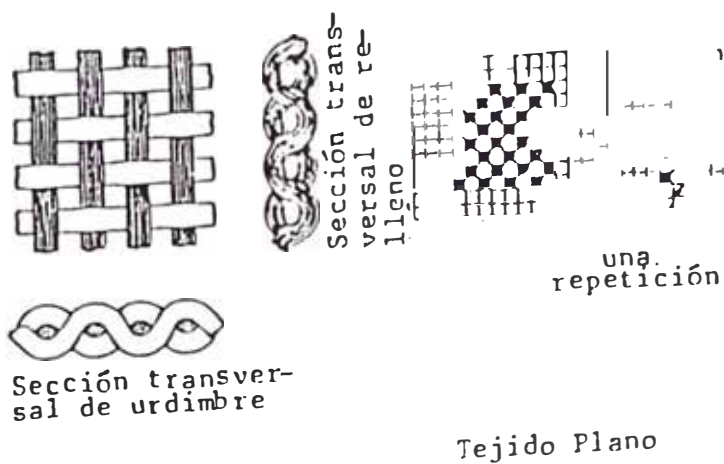
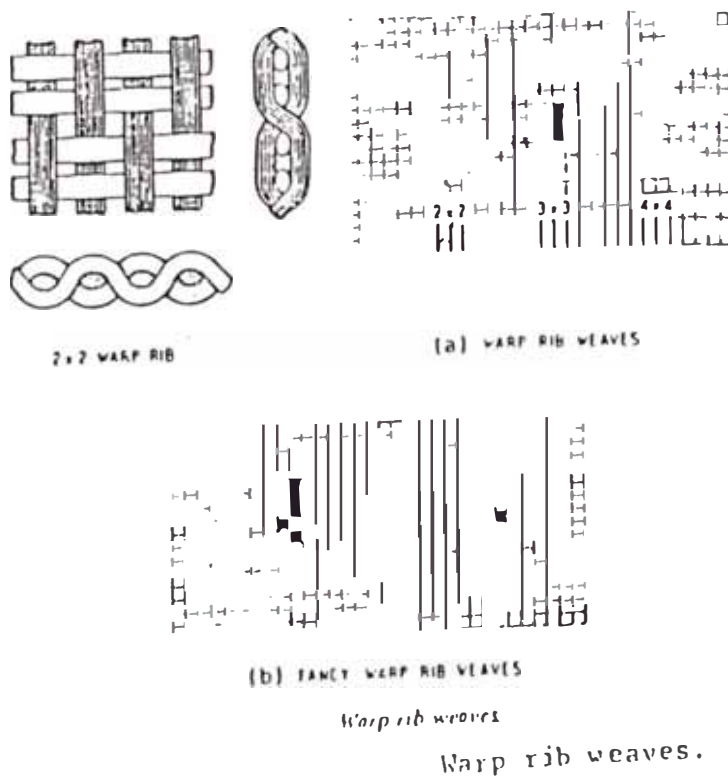


Fig. No. 1a.



### 3. EL SECADOR DE TEJIDO PLANO

#### 3.1 Diagrama de flujo- Importancia del secador

El secador constituye el elemento principal de toda tintorería ya que es uno de los componentes más caros del parque de maquinarias y toda la producción debe pasar una o varias veces por la misma. Para comprender mejor la importancia de esta máquina a continuación se expone el diagrama de flujo del proceso de producción.

Preparado: (Plano No.1) La tela de la sección de tejeduría es transportada en plegadores carretes usados en los telares) a la sección de tela cruda; en esta sección la tela es enrollada en bobinas en coches gigantes y pasan a la zona de espera para ser tundidos. Posterior al tundido las telas son revisadas hasta completar su metraje. Se separa lo que va a quedar como tela cruda y el resto se clasifica de acuerdo al acabado que van a tener determinados metrajes en bobinas, pasando seguidamente a la zona de espera para comenzar el proceso de preparado. El preparado comienza cuando se chamusca y desengoma el género pasando después a reposar en la estación de reposo durante dos horas, terminado este lapso la tela es blanqueada y seguidamente pasa a reposar a la estación de reposo, terminos generales siempre después de un desengomado y un blanqueado la tela tiene que reposar, para que los productos químicos que se han agregado durante los baños correspondientes, puedan reaccionar y cumplir

su objetivo. Posteriormente se lava para eliminar los residuos químicos de los anteriores procesos, para luego reposar durante media hora; se seca y se deposita en la zona de espera, de tela preparada, en esta zona se separa parte de la tela que va a quedar como preparada y otra parte se revisa, quedando listas para ser teñidas o estampadas. A la salida del **secado** se clasifica las telas que van a ser mercerizadas o caustificadas, que luego de someterlos al secado se revisan quedando también listas para ser teñidas o estampadas. Es decir, que, para cualquier proceso adicional en húmedo de un género, esta necesariamente tiene que pasar por el secador para poder continuar al siguiente proceso.

Estampado:(Plano No. 1) La tela se estampa. La entrada a la estampadora se realiza a través de bobinas, la salida se realiza sobre plataformas transportables, para evitar, la posibilidad que un punto en el estampado, que no haya secado bien, manche la tela y evitar que los gases formados por los pigmentos o colorantes queden atrapados. Seguidamente se bobina en la clasificadora pasando luego la zona de espera de tela estampada para ser acabada. En el secador se apresta y seca a la vez, para que sea polimerizada, posteriormente pasa por la sanforizadora, luego a revisado y seguidamente a la dobladora o enrolladora y enfardelado para terminar en los almacenes de la sección de ventas.

Teñido:(plano No. 1) La tela es teñida en el foulard de teñido, puesto a reposo, se lava, se reposa nuevamente, para luego secarse en la rama. Se apresta, se seca, se polimeriza

sanforiza para seguir el mismo proceso para el caso de telas estampadas.

### 3.2 Descripción del secador

El secador de tejido plano denominado rama tensora es una máquina termica para el secado o dar procesos de acabados termicos para tejidos al ancho. Esta diseñado para un funcionamiento de alimentación continua. Las velocidades de esta máquina llegan hasta 200 m/minuto.

Consta de lo siguiente:

#### 3.2.1 Dispositivo de entrada

El dispositivo de entrada consta de las siguientes partes:

Sistema de tracción: Da la tracción necesaria a la tela para que pueda ingresar a la máquina.

Compensador de tensión: Mantiene constante la tensión en el tejido.

Acumulador: Permite el cambio de rollo de tela sin parar la máquina, además recepciona el tejido en el caso de una parada imprevista.

Guiador de orillos: Elimina las posibles arrugas en los extremos de la tela de tal modo que esta entre perfectamente lisa al foulard.

#### 3.2 Foulard

El foulard es una máquina que permite impregnar una materia textil con una solución que contenga determinados

productos químicos según el fin buscado, y eliminar posteriormente una parte de la solución de impregnación por medio del escurrido entre dos cilindros. Podemos hablar de foulards de tintura, apresto y escurrido.

Los cilindros de escurrido suelen ser de acero recubierto de goma sintética con una dureza comprendida entre los        y los 90 grados Shore, según el tejido a tratar y la fuerza de trabajo es de 10 a 100 Kg/cm.

Es imprescindible que la presión de escurrido sea constante todo lo ancho del cilindro para obtener una impregnación uniforme. El escurrido permite eliminar tanto el agua intersticial (retenida por tensión superficial entre los espacios libres de los hilos del tejido) como el agua interfilamentaria (también retenida tensión superficial entre los hilos que constituyen el filamento o fibra del tejido), pero no la absorbida (enlazada por puente de hidrogeno al material fibroso).

Para medir el grado de escurrido de un foulard se expresa como porcentaje entre el peso del agua en el tejido despues del escurrido y el peso de tejido seco. El escurrido será mejor cuanto menor sea el porcentaje de escurrido. En el cuadro No. 1 se ofrecen los valores óptimos para foulares convencionales para fibras de algodón y poliester.

Los factores que influyen en el % de escurrido, además de la fibra son la velocidad de escurrido, el diametro del cilindro, la dureza del mismo, la presión de escurrido, la

estructura del tejido y la temperatura.

En foulards de alto exprimido los porcentajes de escurrido bajan al 30-35% para generos de algodón.

### 3.2.3 Cilindros presecadores

Permite bajar al contenido de humedad posteriormente al escurrido, su uso presenta mas inconvenientes que ventajas por lo que su uso es limitado.

### 3.2.4 Enderezador de trama

Basandose en el ojo humano, se busco la analogía con la célula fotoeléctrica para observar el recorrido de la trama, detectando la dirección de un hilo y según esta juzgar el comportamiento de toda la tela, en lo que trama de refiere. Según el angulo del hilo se genera señales indicadoras para que actue el enderezador de trama. El enderezador de trama consiste en varios rodillos; curvos y flotantes los flotantes pueden desplazarse en los extremos por acción de un sistema hidraulico para tomar acciones de correccion de la dirección de la trama.

### 3.2.5 Sistema de introducción de tela

Permite una entrada continua y sin estiramiento en el secador.

### 3.2.6 Sistema de variación del ancho

Sirve para tensar la tela y llevarla hasta un ancho pre-establecido teniendo en cuenta la elasticidad de la misma.

### 3.2.7 Campos de secado

Es el espacio físico donde propiamente se realiza el proceso o tratamiento térmico de la tela, consiste en una masa de aire que aporta el calor evaporando el agua contenida en el tejido. El movimiento del aire dentro del campo se realiza a través de un ventilador que descarga en dos toberas, superior e inferior, con respecto a la posición plana horizontal de la tela, la descarga se realiza en forma perpendicular a esta. La presión superior e inferior son las mismas, aunque es posible ajustar el reparto del aire por medio de válvulas, que se dispone en cada tobera.

El aire se calienta por medio de intercambiadores de calor alimentados por vapor o aceite térmico. Recientemente se emplean quemadores de gas en vena de aire en los que el aire caliente son los propios humos, recirculando en parte junto con el aire nuevo para la combustión del gas. Como se ha mencionado el aire circula por ventiladores de impulsión. El aire puede ser precalentado por medio de un recuperador de calor (intercambiador de placas, de tubos de vidrio). Son posibles los secadores mixtos vapor-gas o vapor aceite térmico con posible apoyo de batería de resistencias eléctricas o incluso baterías de infrarrojos eléctricos o a gas, ubicadas antes de la entrada los campos.

Cada campo cuenta con un sistema de regulación térmica a través de válvulas motorizadas para el vapor o aceite térmico. La evacuación del aire húmedo de los campos se



hace a través de ventiladores de extracción.

### 3.2.8 Ventilador pre-enfriador de salida

Baja la temperatura de la tela al salir del secador. La temperatura de la tela con la cual sale de los campos, depende del proceso. Consiste en dos toberas superior e inferior al plano de la tela, con una cámara común. El enfriamiento se realiza con aire; un ventilador capta el aire de la atmósfera y la descarga a la cámara común de las toberas.

### 3.2.9 Cilindros enfriadores de salida.

Para que la tela sea enrollada al salir del secador necesita que su temperatura sea lo suficientemente baja para no provocar efectos no deseados durante el teñido; para esto se usa cilindros enfriados por agua, en los cuales la tela está en contacto con la superficie exterior de los cilindros. La temperatura aproximada que se obtiene después de estos cilindros para una temperatura del medio ambiente de 25 °C es de 35-50 °C.

En el teñido si la tela está caliente producirá que el colorante se separe del agua, en la cual está disuelta, malogrando el baño del teñido y largos metrajes o en todo caso reprocesos que encarecen más el costo del acabado de estas. Cuando la tela sale caliente la temperatura de la superficie no es uniforme lo que se traduce en dificultades en el proceso de acabado.

### 3.3 Procesos

Basicamente son 3 los procesos que pueden realizarse en un secador.

#### 3.3.1 Secado

La operación básica del secador es el secado, el tejido antes de entrar a esta contiene una gran cantidad de agua después del lavado. Esta agua contenida en el tejido, es la suma de distintas partes "fijadas" con menor o mayor fuerza al tejido, tales como:

Agua libre: sin fuerza de unión al mismo. Se elimina incluso por gravedad, o si deseamos mayor rapidez, aportando el calor de evaporación.

Agua unida por capilaridad: presión suplementaria a la superficial del líquido debido a las porosidades del material. Solo se requiere un 1% más de energía que en el caso anterior.

Agua absorbida: La molécula del agua dipolar, se une al material por las fuerzas de Van der Waals. Para separarla por evaporación, hay que comunicar una energía de más de 1.5 veces la energía de agua libre.

Agua absorbida: Ligada químicamente al sustrato. Su evaporación **requeriría** de 2 a 20 veces la energía de agua libre. Para un tejido, solo un 1 a 2% del agua en estas condiciones.

#### 3.3.2 Termofijado

Consiste en un calentamiento del tejido a alta

temperatura momento en el cual se produce un rápido proceso de fijación es decir una reorientación de la estructura interna de las moléculas de la fibra, en unos pocos segundos. Este tratamiento se realiza en seco.

### 3.3.3 Secado y termofijado

Es la operación combinada de secado y fijado al mismo tiempo. Primero se realiza el secado y luego el termofijado en una sola pasada a través del secador.

## 3.4 Medida de la humedad residual

La práctica mas usual, cuando hablamos de humedad de telas es referirnos a la humedad en base seca.

sea:

$W_s$  - peso seco de la tela

$W_h$  - peso húmedo de la tela.

$F$  - porcentaje de humedad en base seca.

$$F = (W_h - W_s) / W_s * 100$$

### 3.4.1 Por variación de la resistencia óhmica de la tela

La resistencia ohmica de los tejidos de fibras naturales o sintéticas es una función logaritmica del contenido del agua en ella. Esto es cierto para limites de poca humedad aproximadamente hasta un máximo de 20% de humedad.

Las fibras enteramente sintéticas absorben cantidades pequeñas de agua. Su conductividad eléctrica es muy pequeña y por esta razón la resistencia que se mide depende de la preparación. En tejidos mezclados es la fibra natural la

que determina la humedad y con esto también el valor de la medición. Este método consiste en la aplicación de electrodos sobre la tela, apreciándose así la resistencia de la misma. Si la humedad llega a un grado tal que se forma una película continua en la superficie de la tela, es decir, que el género se sienta mojado y no húmedo, las condiciones cambian. En las telas de algodón esto ocurre partir del 20% y en fibras desde el 40 al 50%. Cuando llega a estos límites, la función logarítmica se transforma en una función lineal. Esto debido a que el agua llega a formar una película continua de un electrodo a otro, la resistencia eléctrica solo depende de la composición del agua. El agua destilada es un aislador ideal ya que la conductividad depende en realidad solo de las sales ionizadas u otras impurezas, cuya concentración es el factor dominante.

Por lo tanto, es prácticamente imposible juzgar el contenido de agua de una tela húmeda solo en base su resistencia eléctrica ya que así solo se determina la conductividad misma del agua o sea la concentración de sales.

#### 3.4.2 Por absorción de microondas del agua en la tela

Un oscilador especial de estado sólido genera microondas dentro de un rango de 10GHz. Esta corriente de alta frecuencia pero de voltaje bajo está dirigida por un transmisor principal. El receptor principal está

adaptado en el otro lado de la tela. Dependiendo de la cantidad de moléculas de agua contenida en la tela, parte de la energía de microondas transmitidas será absorbida. La cantidad de absorción es usada para medir el contenido de agua absoluta de la tela; las moléculas de agua absorben energías de microondas gracias al momento de dipolo permanente de la molécula de agua (1 átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno). El momento de dipolo depende de la configuración ligada al agua el cual varía con las diferentes existencias (algodón, materias sintéticas y sus mezclas)

### 3.5 Control de humedad del aire en el secador

Para optimizar efectivamente las operaciones de secado, se debe empezar, por considerar una técnica de medida confiable. Los instrumentos usados para este propósito tienen una importancia suprema, por lo que deben ser capaces de trabajar bajo circunstancias extremas, de altas temperaturas.

#### 3.5.1 Por medición de la velocidad del sonido

El valor de la medición del sonido se obtiene por medio de la determinación de la velocidad del sonido en el gas de prueba. Esta velocidad está en proporción con la humedad del aire. La velocidad del sonido se puede medir por un oscilador de fluidez. Un oscilador de fluidez es un elemento que produce una frecuencia del sonido, tan pronto como se sopla o chupa aire a través del oscilador. La oscilación del sonido se logra mediante unos conductos de

realimentación internas que conducen los impulsos de sonido a la entrada del oscilador.

Por esta razón se entiende que el tamaño de la frecuencia del sonido producido depende de la velocidad con el cual los impulsos del sonido se devuelven. El retraso depende del largo del camino de realimentación, como también de la conductividad del sonido del gas en el conducto de realimentación. Por esta razón la frecuencia de oscilación del sonido ofrece una información con respecto a la velocidad del sonido e indica la humedad del aire que pasa por el oscilador. La velocidad de sonido no depende solamente de la humedad sino también de la temperatura del medio de propagación, así el calor medido se corrige mediante un sensor de temperaturas. El ajuste para la medición del campo de aplicación se logra mediante una graduación de la duración de los impulsos de regulación y de su frecuencia.

### 3.5.2 Por absorción de litioclorido

Una pequeña muestra es removida continuamente del aire circulando dentro del secador, para transferir a una unidad de medida, un tubo aislado. La medición consiste de un termostato especial con un sensor de humedad de litioclorido.

### 3.5.3 Por balance termico

Un pequeño tubo de acero inoxidable dentro de un intercambiador de aletas; el cual dispone de sensores de

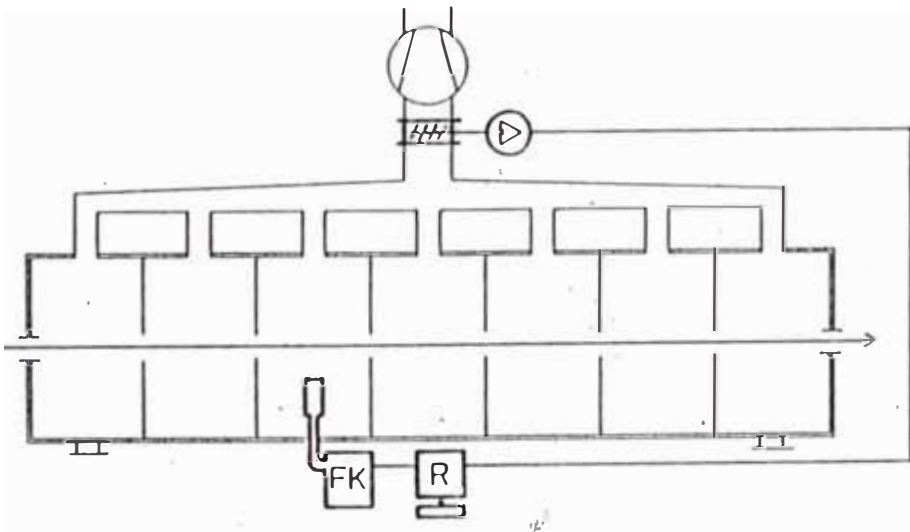
temperatura, los que registran tanto la temperatura de entrada como la de la salida de aire húmedo al cual se quiere medir su humedad. Parte del aire húmedo del cual se esta midiendo la humedad condensara durante su paso a través del tubo. El calor de condensación producido continuamente es medido por un medidor de calor adaptado ajustadamente alrededor del tubo de acero inoxidable.

Un computador evalua las señales de los sensores y realiza un balance de energía en la cual determina la humedad del aire.

### 3.6 Técnica de aplicación de control de humedad en el secador

El patron de control es mostrado en la figura No. 4. El aire circulando dentro del primer tercio del secador esta medido empezando en el canal de entrada. Debido a razones tecnologicas del secado, esta es la posición donde el gran volumen de agua es evaporada, donde el mas alto grado de humedad será producido. El instrumento de medición transmite el grado de humedad actual para el controlador. Para obtener el grado de humedad deseado, el sistema regula el volumen de aire consumido por medio de la apertura o cierre de las compuertas de extracción.

Fig. No. 4



Sistema de Control de humedad, en el aire de circulacion



4.

## BALANCE TERMICO

### 3.1 Metodología a seguir

Un secador de tela es una máquina secadora operando sobre el principio de convección, la energía es transferida a la tela por un medio de transporte, en este caso el aire seco. El consumo de energía puede ser estimado directa o indirectamente. Directamente la medición consiste en medir la energía de entrada salida durante un cierto período de tiempo. El método de la medición indirecta se realiza a través de un balance de masa y energía y es el método que vamos a seguir; de acuerdo a los figuras No. 5 y No. 6. Por simplicación de cálculos se ha considerado que el aire que del ingreso esta completamente seco; y el de salida se ha dividido en dos flujos uno el de aire seco y el otro de vapor de agua. En forma similar el flujo de tela húmeda en la entrada salida del secador se ha dividido en dos flujos, el primero correspondiente a un flujo de agua y el otro al de tela seca.

La máquina tiene control automatico de temperatura con sensor PT-100 con el cual se fija la temperatura de cada campo de secado; un control de humedad residual de la tela, por resistencia ohmica, la salida del secador marca Mahlo type Textometer RMS y, ademas de un control de regulación de humedad del aire de salida de los campos de secado marca Mahlo type Ecomat, que basa su principio de medición en la velocidad del sonido.

Los datos que se conocen son: peso del género de tela, ancho del género de tela, temperatura de secado, humedad del aire a la salida de los campos, humedad residual de la tela y la variación de temperatura entre la entrada y salida del caldero. Los parametros a calcular son: flujo de masa de tela, flujo de masa de aire, flujo de masa de agua evaporada, el calor útil para secar la tela, el calor entregado al aire, el flujo de energía entregado a los ventiladores de circulación, las perdidas de calor, el calor total y el consumo específico de energía del secador y el global.

### 3.2 Diagnostico energético.

El aire caliente, de uso para el secador se obtiene por intercambio térmico entre aire y aceite térmico Mobil therm 603 en intercambiadores indirectos de tubos y aletas elípticas. El aceite se calienta en un caldero (ver plano No. 2). El sistema caldero-secador estan unidos por tuberias de alimentacion y retorno de 150mm de diametro y 25m de longitud por cada uno, aisladas por medias cañas de lana de vidrio con un espesor de 150mm. En la base, el secador tiene un aislamiento de 300mm y en la parte superior y laterales de 100mm.

El caldero es de tipo vertical de 3 pasos, y usa petroleo diesel No.2.

El aire como fluido de aporte de calor tiene el inconveniente que su densidad es baja, su calor específico es reducido y tiene una limitada capacidad de transporte de vapor de agua a temperaturas que no perjudiquen la fibra. En el secador se mueve

una gran masa de aire y una vez caliente y humedo es lanzado al exterior es decir poco rendimiento en cuanto a calor empleado; por lo que merece la debida atención para lograr mejores rendimientos.

En las actuales condiciones, hay perdidas de energía por deficiencia del sistema de escurrido, a traves del aire caliente de salida de los campos, por una defiente operación de la máquina y por el aislamiento termico tanto en las tuberias como en la máquina. La factibilidad de recuperación de cada uno de ellos se es analizado en el siguiente capitulo.

### 3.3 Base de cálculos energía

Cuando se seca un sólido, no es un proceso continuo y uniforme en el cual domine un solo mecanismo. Para efectos de cálculos que el secado es esencialmente equivalente a la intensidad de evaporación desde la superficie de una capa de agua sin ningún sólido presente por que la tela se puede considerar como un sólido de espesor delgado, típico para un proceso a regimen de intensidad de evaporación constante.

Cuadros a elaborar de balance de masa y energía estan basados en los datos de los cuadros No.3 y No.4. En el cuadro No. 3 se detalla las características de las telas usadas para las pruebas. El cuadro **No. 4** muestra los valores experimentales de temperaturas que se obtuvieron en las mediciones efectuadas. La disposición se muestra en el plano No. 2

### 3.4 Balance de masa y energía

De la fig. No. 5

balance de masa

$\Sigma$  Masas que ingresan -  $\Sigma$  Masas que salen

$M_{agi} + M_{ti} + M_{ai} + M_{oi} - M_{ags} + M_{ts} + M_{as} + M_{os} + M_e$

pero:  $M_{ti} = M_{ts}$

$M_{oi} = M_{os}$

$M_{ai} = M_{as}$

Simplificando:

$M_e - M_{agi} - M_{ags}$

$$M_t = \frac{3 * W_s * V * H}{5000} \quad (1)$$

$$M_{agi} = \frac{M_t * F_1}{100} \quad (2)$$

$$M_{ags} = \frac{M_t * F_2}{100} \quad (3)$$

Combinando las ecuaciones (2) y (3)

Obtenemos:

$$M_e = \frac{M_t * (F_1 - F_2)}{100} \quad (4)$$

$$M_a = \frac{M_t * (F_1 - F_2) * 10}{X_p} \quad (5)$$

Xp Se obtiene del cuadro No. 2

De la fig. No. 6

Aplicando la primera ley de la termodinamica para un proceso de fluio estable y estado estable.

$\sum$  energía que entra =  $\sum$  energía que sale.

$$Q_T = (Q_s - Q_i)_{aq} + Q_v + (Q_s - Q_i)_t + (Q_s - Q_i)_a + Q_{pm} - W$$

Como:

$$Q_{aq} = (Q_s - Q_i)_{aq}$$

$$Q_t = (Q_s - Q_i)_t$$

$$Q_a = (Q_s - Q_i)_a$$

Obtenemos:

$$Q_{TM} = Q_{aq} + Q_v + Q_t + Q_a + Q_{pm} - W \quad (6)$$

Si hay recuperación de calor:

$$Q_{TM} = Q_{aq} + Q_v + Q_t + Q_a + Q_{pm} - W - W_r \quad (7)$$

Cálculo de  $Q_{aq}$

Es la energía que absorbe el agua que entra al secador para elevar su temperatura hasta la de ampolla húmeda.(calor sensible)

$$Q_{aq} = M_{aq} * C_{paq} * (T_F - 20) \quad (8)$$

Cálculo de  $Q_v$

$$Q_v = Q_e + Q_s \quad (9)$$

Calculo de  $Q_e$

Es la energía **que absorbe el** agua del género para evaporarse. (calor latente)

$$Q_e = M_e * A_h \quad (10)$$

Calculo de  $Q_s$

Es la energía que absorbe el vapor de agua debido al al sobrecalentamiento.

$$Q_s = M_e * C_{pv} * (T_D - T_F) \quad (11)$$

Cálculo de  $Q_t$

Es la energía que absorbe la tela para elevar su temperatura hasta un poco más de la bulbo húmeda. Se considera <sup>o</sup>30 C.

$$Q_t = M_t * C_{pt} * (T_F + 30 - 20) \quad (12)$$

Cálculo de  $Q_a$

Es la energía que absorbe el aire al servir como medio de transporte para secar la tela.

$$Q_a = M_a * C_{pa} * (T_D - 20) \quad (13)$$

Cálculo de  $W$

Es el trabajo necesario para recircular el aire dentro de los campos de sécado. Se calcula según las relaciones dadas por la

Cía Monforts.

$$R = 0.005 * X + (1 - X/100) * \frac{353}{(TD + 353)} \quad (14)$$

$$W = 109022.4 * R \quad (15)$$

Cálculo de QT

Es el calor total que se requiere para secar un determinado género. Incluye las pérdidas de calor en el secador y en las tuberías.

$$QT = M_o * C_{pmo} * \Delta T_o \quad (16)$$

El calor específico del aceite C<sub>po</sub> es una función lineal de la temperatura (gráfico No.7). La ecuación de la recta es:

$$C_{po} = (7/15000) * T + (5/12) \quad (17)$$

C<sub>pmo</sub> esta definido por:

$$C_{pmo} = \int_{T_2 - T_1} C_{po} * dT \quad (18)$$

Combinado las ecuaciones (17) y (18) y integrando obtenemos:

$$C_{pmo} = (7/30000) * (T_1 + T_2) + (5/12) \quad (19)$$

Cálculo de  $C_{pmo}$ :

Para:

$$T_1 = 145 \text{ C} = 293 \text{ F}$$

$$T_2 = 160 \text{ C} = 320 \text{ F}$$

Reemplazando en la fórmula (18)

$$C_{pmo} = (7/30000) * (293 + 320) + (5/12)$$

$$C_{pmo} = 0.56$$

Cálculo del flujo de masa del aceite:

$$V_o = 160 \text{ M}^3/\text{h} \text{ (dato del fabricante del caldero)}$$

$$\rho_o = 870 \text{ Kg}/\text{m}^3 \text{ (Cuadro No.31)}$$

$$M_o = V_o * \rho_o \tag{20}$$

Reemplazando datos en la ecuación (19)

$$M_o = 139200 \text{ Kg}/\text{h}$$

Cálculo de  $Q_{pm}$

Son las pérdidas de calor en el secador.

$$Q_{pm} = Q_p + Q_{pt} \tag{21}$$

Cálculo de  $Q_p$

Son las pérdidas de calor total; tanto en el secador como en las tuberías de alimentación y retorno de aceite térmico.

$$Q_p = Q_T = (Q_{aq} + Q_v + Q_t + Q_a - W) \tag{22}$$

Cálculo de  $Q_{pt}$

Son las pérdidas de calor de calor en las tuberías de alimentación y retorno.



Entonces:

$$q_p = \frac{T_e - T_i}{R_{ci} + R_{kt} + R_s + R_{ka} + R_{ce}}$$

Calculo del número de Reynold.

$$Re = V * D / \nu$$

Fluido aceite Mobiltherm 603 (cuadro No. 31)

$$\nu = 19.96 * 10^{-6}$$

Cálculo de la velocidad de flujo por las tuberías.

Datos de las tuberías:

$$D_1 = 168.3 \text{ mm}$$

Espesor de pared - 4.5 mm

$$D_o = 159.3 \text{ mm}$$

Dato de flujo:

$$V = 160 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cálculo del area de flujo:

$$A_o = \pi D_o$$

$$A_o = \pi * .1593 / 4 = 19.93 * 10^{-3}$$

$$V = 160 / 19.93 * 10^{-3}$$

$$V = 2.229 \text{ m/s}$$

$$Re = 2.229 * 19.93 * 10^{-3} / 19.96 * 10^{-6}$$

$$Re = 2225$$

Flujo Láminar:  $Re < 2300$  (Referencia James R. Welty)

Para efectos de simplificación de cálculos consideramos que

$$T_i = T_o \text{ y } T_e = T_2$$

Cálculo de  $R_{kt}$  (fig. No. 7)

$$D_1 = 168.3 \text{ mm}$$

$$D_2 = 168.3 - 2 \cdot 4.5 = 159.3 \text{ mm}$$

$$L = 25 \text{ M}$$

Del Cuadro No. 30

$$K_t = 26.2 \text{ BTU-pie/pie}^2\text{-h-F} = 17.47 \text{ Kcal-m/m}^2\text{-h-C}$$

$$R_{kt} = \frac{\ln(168.3/159.3)}{2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 17.47}$$

$$R_{kt} = 5.007 \cdot 10^{-4} \text{ Kcal h C}^{-1}$$

Cálculo de  $R_{ka}$

Del gráfico No.8

Aislante Térmico Lana de vidrio:

$$K_a = 0.28 \text{ BTU/h-pie}^2\text{-(F/pulg)} = 2.257 \text{ Kcal-m/m}^2\text{-h-C}$$

$$D_2 = 168.3 + 150 \cdot 2 = 468.3 \text{ mm}$$

$$D_1 = 168.3 \text{ mm}$$

$$L = 25 \text{ m}$$

$$R_{ka} = \frac{\ln(468.3/168.3)}{2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 2.257}$$

$$R_{ka} = 2.88 \cdot 10^{-3} \text{ Kcal h C}^{-1}$$

Para efectos de simplificación:

$$R_{ci} = 0 \quad R_s = 0 \quad R_{ce} = 0$$

$$q_{pt} = \frac{T_e - T_i}{R_{kt} + R_{ka}} \quad (23)$$

Luego:

$$Q_{pt} = q_{pta} + q_{ptr} \quad (24)$$

Cálculo del consumo específico de energía

Es la energía total consumida por unidad de peso.

$$C_e = Q_T / M_t \quad (25)$$

Cálculo del calor útil  $Q_u$

Es el calor que realmente se usa para el secado.

$$Q_u = Q_{ag} + Q_v + Q_t \quad (26)$$

Cálculo de la temperatura de bulbo húmedo (TF)

Cuando el calor para la evaporación del período de intensidad constante es suministrado por gases caliente, se establece un equilibrio dinámico entre el flujo de transmisión de calor al material y la intensidad con que se elimina el vapor de la superficie. Este equilibrio cuando la transmisión de calor es solamente por convección es la temperatura de bulbo húmedo. Esta temperatura puede calcularse por la ecuación de la Cía Mahlo.

$$TF = \left[ 83.3 - (75 - X) \right]^{1/2} + \frac{(TD - 160) * 0.16}{\sqrt{X}} \quad (27)$$

#### 4.5 Resultados

Los resultados obtenidos del balance de masa energía son mostrados en los cuadros del 5 al 19. El ejemplo de cálculo se muestra en uno de los apendices. Los valores que se tomarón para realizar estos cálculos son:

$$A_h = 563 \text{ Kcal/Kg}$$

$$C_{pv} = 0.46 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$C_{pt} = 0.32 \text{ Kcal/Kg}$$

HU = 10854 Kcal/Kg

P = 1.25 \$/gal.

$\rho$  = 865 Kg/M

Y = 2444 h/año/turno.

CUADRO No.1

FOULARD CONVENCIONAL

FIBRA	% DE ESCURRIDO
ALGODON	50-70
POLIESTER	20-30

FUENTE:  
CENERGIA:CURSO DE AHORRO EN EL  
SECTOR TEXTIL

CUADRO No. 2

X	!gH2O/Kg DE AIRE!
0	0
5	32.7
10	69.1
15	109.8
20	155.5
25	207.3
30	266.6
40	414.7
50	622.0

FUENTE: CATALOGO MAHLO GmbH

fig. No. 5

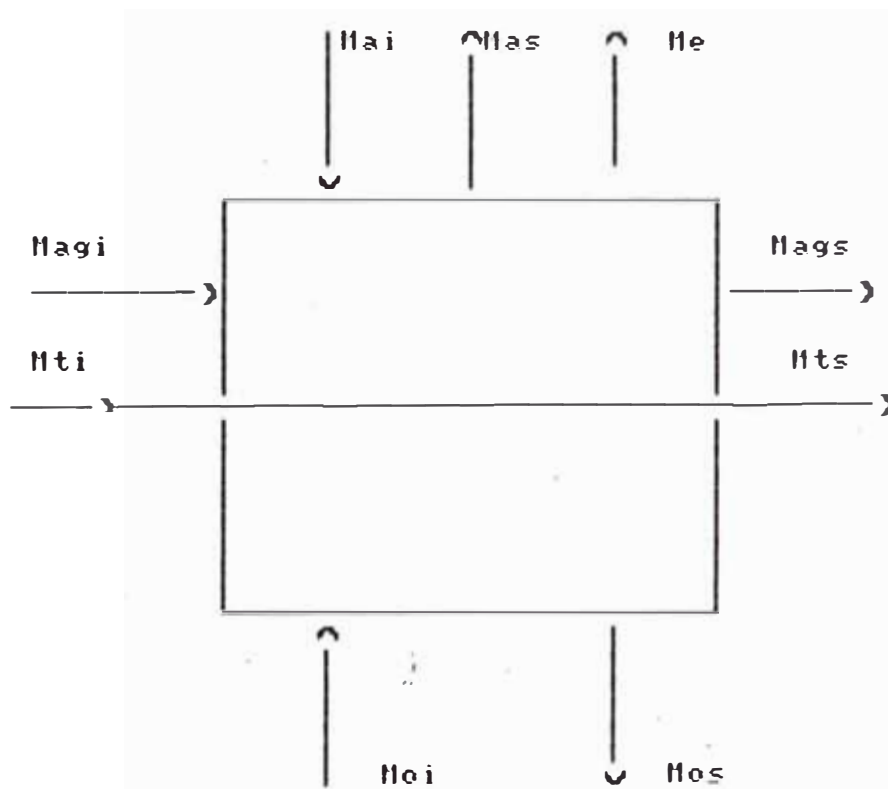


fig. No. 6

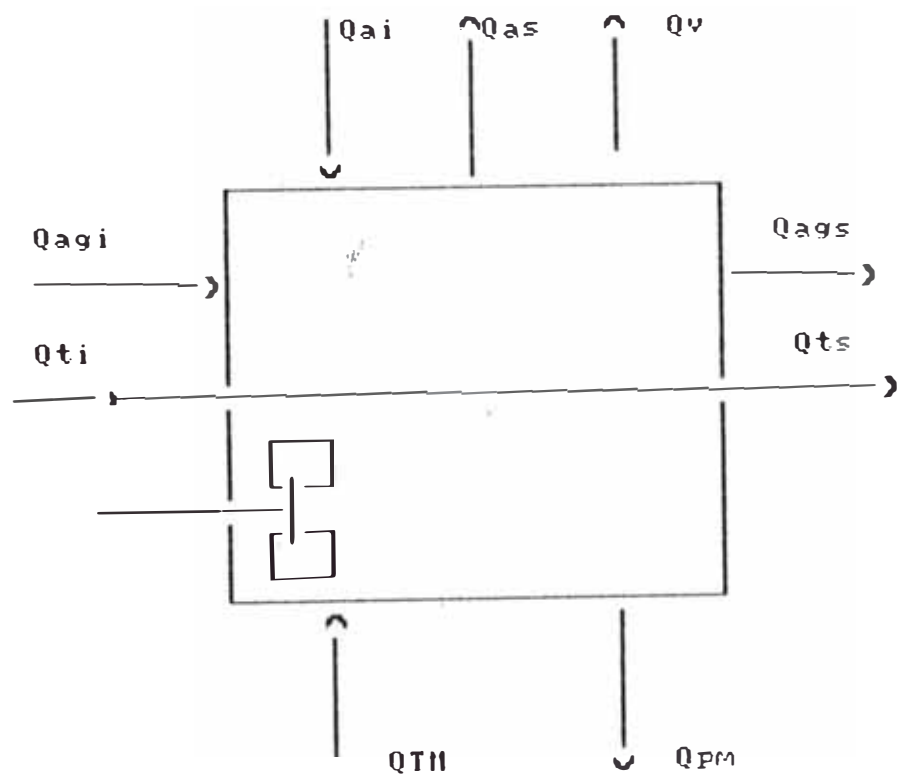
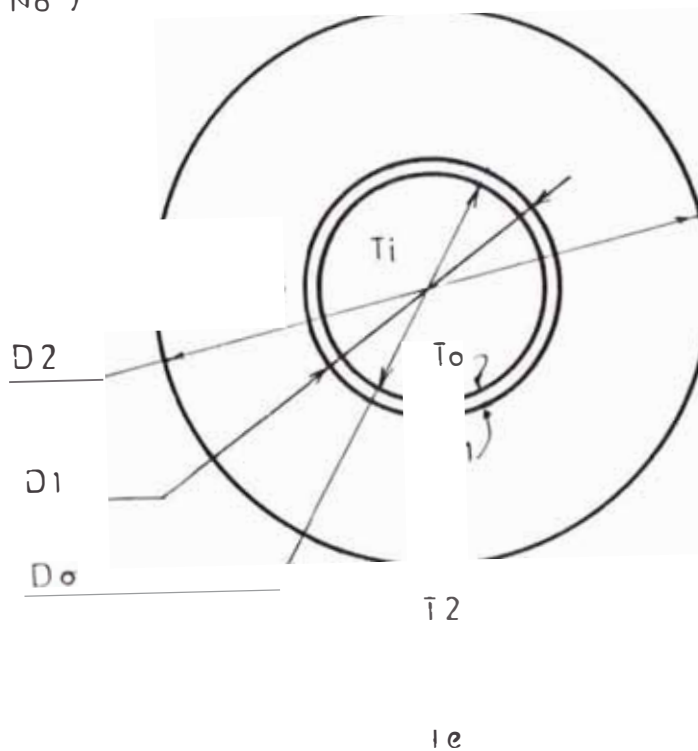
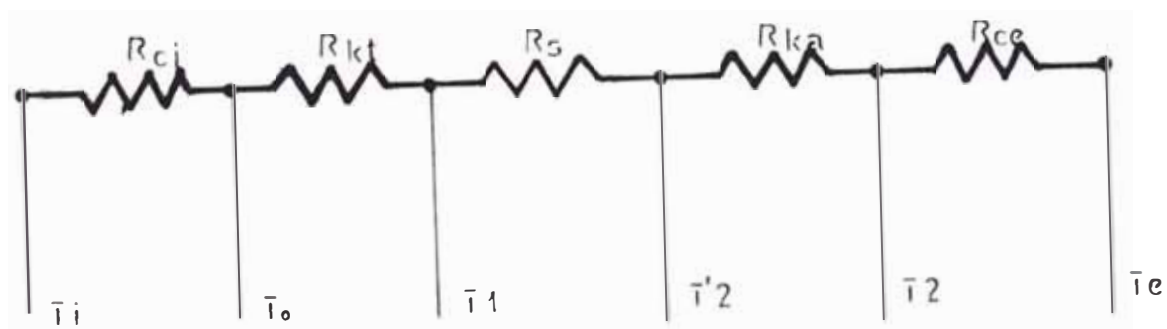


FIG. No 7



CIRCUITO EQUIVALENTE





CUADRO No. 3

DATOS DE LOS GENEROS PARA EL BALANCE TERMICO

TITULO	CONSTRUCCION	PESO(q/M2)	ANCHO(cm)
30/1x30/1	1/1 FLAIN WEAVE	115	160
40/1x40/1	1/1 FLAIN WEAVE	126	155
40/1x30/1	3/1 TWILL	147	160
40/2x40/2	1/1 FLAIN WEAVE	177	150
40/1x16/1	2/1 TWILL	197	160
30/1x16/1	DBY BROKEN TWILL	226	161
40/2x16/1	3/1 TWILL	239	161

CUADRO No.4

TEMPERATURAS DE ALIMENTACION DEL CALDERO DE ACEITE

F2	V	115.0	V	126.0	V	147.0	V	177.0	V	197.0	V	226.0	V	239.0
10.0	165.0	162.0	143.0	160.9	113.0	160.2	86.0	158.2	74.0	158.5	61.0	158.1	56.0	157.8
9.0	160.0	162.0	139.0	160.8	110.0	160.0	83.0	158.1	71.0	158.5	59.0	158.1	54.0	157.7
8.0	155.0	161.0	134.0	160.8	106.0	159.2	80.0	158.1	69.0	158.4	57.0	158.1	52.0	157.6
7.0	150.0	161.5	130.0	160.7	103.0	159.4	78.0	158.0	67.0	158.4	55.0	157.9	50.0	157.6
6.0	145.0	161.2	125.0	160.6	99.0	159.5	75.0	158.0	65.0	158.3	53.0	157.9	49.0	157.6
5.0	140.0	161.0	121.0	160.6	96.0	159.5	73.0	158.0	63.0	158.3	51.0	157.8	47.0	157.5
4.0	136.0	161.0	118.0	160.4	93.0	159.4	70.0	157.8	61.0	158.0	49.0	157.7	46.0	157.5
3.0	131.0	160.7	114.0	160.3	90.0	159.3	68.0	157.8	59.0	157.9	48.0	157.6	44.0	157.5
2.0	127.0	160.5	110.0	160.3	87.0	159.3	66.0	157.6	57.0	157.8	47.0	157.5	43.0	157.4
1.0	122.0	160.2	106.0	160.3	84.0	159.2	64.0	157.5	55.0	157.8	45.0	157.4	41.0	157.1
0.0	119.0	160.2	103.0	160.2	81.0	159.2	62.0	157.5	53.0	157.7	43.0	157.0	40.0	157.0

GENERO :100CO  
 TEMPERATURA DE LOS CAMPOS DE SECADO :150 C  
 TEMPERATURA DEL AMBIENTE :20 C  
 HUMEDAD DEL AIRE EN LOS CAMPOS DE SECADO :109.8 gH2O/M3 DE AIRE  
 HUMEDAD INICIAL :70%  
 TEMPERATURA DE RETORNO :145 C

CUADRO No.6  
BALANCE DE ENERGIA

F2	V	Bag1	Qe	Qt	Qs	Qu	Qd	W	Qpt	Qpa	Qp	QTA	QT	QTM/MT
10	165	47651.23	515336.4	39270.78	46570.88	748029.3	310567.07	73210.817	78977.72	268019.92	338997.65	1246286.2	1323184.68	1694.13
9	168	46207.25	506634.7	38880.75	45912.22	736834.9	386176.88	73210.817	78977.72	274406.89	355383.82	1246286.2	1323184.68	1765.51
8	155	44763.28	597314.4	36890.73	45286.61	724172.8	381470.43	73210.817	78918.56	278243.33	357161.89	1236675.8	1389593.68	1719.19
7	158	43319.38	587366.6	35780.71	44453.95	710840.6	296451.15	73210.817	78829.82	273297.24	352127.86	1207378.1	1286288.80	1729.89
6	145	41875.32	576880.2	34510.68	43654.25	696840.5	291119.16	73210.817	78741.88	269333.44	348874.53	1184881.3	1262822.48	1739.68
5	148	48431.35	565612.3	33320.66	42887.58	682171.8	285471.48	73210.817	78681.92	274117.57	352799.58	1168550.8	1247232.88	1756.85
4	136	39276.16	557985.8	32368.64	42224.19	671774.8	281581.53	73210.817	78681.92	288405.27	367887.28	1168550.8	1247232.88	1778.29
3	131	37832.19	545536.1	31170.62	41288.87	65835.8	275338.81	73210.817	78593.19	287290.14	365883.33	1145253.2	1223846.48	1791.88
2	127	36677.81	536772.3	30226.68	40624.79	644388.7	270915.57	73210.817	78534.83	287716.58	366258.53	1129721.9	1288256.88	1885.75
1	122	35233.83	523222.4	29836.57	39599.29	627891.3	264876.88	73210.817	78445.29	288467.74	366913.83	1186425.1	1184878.48	1921.47
8	119	34366.64	517752.8	28322.56	39185.33	619627.3	261316.28	73210.817	78445.29	298692.37	377137.66	1186425.1	1184878.48	1942.18

GENERO : 186CO  
PESO : 115 g/M2

GENERO : 188CO  
PESO : 115 g/M2

CUADRO No.7

BALANCE DE MASA

F2	V	Mt	Magi	Mags	Me	Ma
10	143	1675.67	1172.97	167.57	1005.40	9156.69
9	139	1628.80	1140.16	146.59	993.57	9048.90
8	134	1570.21	1099.15	125.62	973.53	8866.41
7	130	1523.34	1066.34	106.63	959.70	8740.48
6	125	1464.75	1025.33	87.89	937.44	8537.70
5	121	1417.88	992.51	70.89	921.62	8393.63
4	118	1382.72	967.91	55.31	912.60	8311.46
3	114	1335.85	935.10	40.08	895.02	8151.37
2	110	1288.98	902.29	25.78	876.51	7982.75
1	106	1242.11	869.48	12.42	857.05	7805.60
0	103	1206.95	844.87	0.00	844.87	7694.61

-----

GENERO : 100CO  
PESO : 126 g/M2

CUADRO No. 9

BALANCE DE ENERGIA

F2	Y	Qa	Qi	Qs	Qu	Qd	W	Qpt	Qpa	Qp	QTM	QI	QTM/MT	
10	143	43833.95	566842.6	36124.85	42848.88	688841.5	285888.68	73218.917	78652.35	259465.82	338117.37	1168784.44	1239436.88	692.73
9	139	42687.83	559379.4	35114.36	42335.78	679437.4	282325.68	73218.817	78622.77	264466.51	343889.28	1153618.82	1231641.68	787.99
8	134	41875.17	548898.2	33851.25	41481.97	664386.6	276631.88	73218.817	78622.77	285891.15	363713.92	1153818.82	1231641.68	734.31
7	130	39849.85	540313.4	32848.77	40892.88	653896.8	272782.83	73218.817	78593.19	291865.18	378458.29	1145253.28	1223846.48	751.98
6	125	38316.39	527778.7	31577.66	39944.13	637616.9	266376.39	73218.817	78563.61	386785.18	385268.71	1137487.58	1216851.28	776.57
5	121	37896.27	518872.4	30567.18	39278.87	625799.9	261881.29	73218.817	78563.61	323817.14	481588.75	1137487.58	1216851.28	802.25
4	118	36178.67	513792.5	29889.31	38885.61	618658.1	259317.42	73218.817	78584.45	317191.56	395696.81	1121956.34	12288468.88	811.41
3	114	34944.55	503896.7	28798.83	38136.65	605776.7	254322.86	73218.817	78474.87	327361.91	485776.78	1114198.72	1192665.68	834.87
2	110	33718.42	493473.1	27788.34	37347.76	592327.6	249861.93	73218.817	78474.87	346811.98	424486.85	1114198.72	1192665.68	865.48
1	106	32492.38	482521.6	26777.86	36518.92	578318.7	243534.62	73218.817	78474.87	365556.15	444831.82	1114198.72	1192665.68	897.82
0	103	31572.78	475668.5	26019.99	35999.64	569252.9	240871.72	73218.817	78445.29	378311.27	448756.57	1186425.18	1186878.48	916.71

GENERO : 1980

PESO : 126 g/MT

CUADRO No.9

BALANCE DE MASAS

F2	V	Mt	Maqi	Mags	Me	Ma
10	113	1594.66	1116.26	159.47	956.79	8713.97
9	110	1552.32	1086.62	139.71	946.92	8624.00
8	106	1495.87	1047.11	119.67	927.44	8446.64
7	103	1453.54	1017.48	101.75	915.73	8339.96
6	99	1397.09	977.96	83.83	894.14	8143.32
5	96	1354.75	948.33	67.74	880.59	8019.93
4	93	1312.42	918.69	52.50	866.19	7888.84
3	90	1270.08	889.06	38.10	850.95	7750.03
2	87	1227.74	859.42	24.55	834.87	7603.51
1	84	1185.41	829.79	11.85	817.93	7449.29
0	81	1143.07	800.15	0.00	800.15	7287.34

GENERO : 100CO  
PESO : 147 g/M2

CUADRO No.18

BALANCE DE ENERGIA

F2	V	Qaj	Qe	Qt	Qs	Qu	Qa	W	Qpt	Qpe	Qp	QTA	QT	QIM/RT
18	113	41714.68	538674.79	34378.23	40768.78	655536.41	271875.78	73218.817	78445.29	244428.53	322873.82	1898629.9	11177875.28	688.94
9	118	48687.13	533113.25	33465.53	48347.86	647533.79	269868.88	73218.817	78386.13	247582.89	325288.22	1898893.8	11182288.88	782.75
8	186	39138.51	522149.88	32248.68	39518.86	533846.26	263535.85	73218.817	78326.97	251992.14	338319.11	1875332.6	11153689.58	718.89
7	183	39823.84	515554.68	31335.91	39818.97	523932.61	268286.77	73218.817	78257.81	248982.81	327178.63	1859831.3	11138899.28	729.14
6	99	36546.42	583398.74	30118.98	38898.96	688163.12	254871.52	73218.817	78238.23	263841.94	341288.17	1852865.7	11138384.88	753.84
5	96	35438.95	495771.49	29286.28	37521.71	597938.45	258221.95	73218.817	78238.23	277116.18	355354.41	1852865.7	11138384.88	776.57
4	93	34331.49	487667.53	28293.58	36988.37	587288.99	246131.79	73218.817	78288.65	284178.18	362386.84	1844388.1	11122588.88	795.71
3	98	33224.82	479886.87	27388.89	36258.96	575958.75	241881.82	73218.817	78179.87	291993.56	378172.64	1835534.5	11114713.68	816.12
2	87	32116.55	478829.51	26468.19	35573.46	564187.73	237229.66	73218.817	78179.87	388327.95	386587.82	1836534.5	11114713.68	844.26
1	84	31889.88	468495.44	25555.49	34851.89	551911.93	232417.78	73218.817	78149.49	317638.89	395799.39	1828768.9	11186918.48	967.86
8	81	29981.62	458484.67	24642.88	34894.24	539123.34	227365.14	73218.817	78149.49	335491.23	413648.73	1828768.9	11186918.48	988.88

GENERO : 1880

PESO : 147 g/M2

CUADRO No.11

BALANCE DE MASA

E2	V	Mt	Magi	Mags	Me	Ma
10	86	1369.98	958.99	137.00	821.99	7486.23
9	83	1322.19	925.53	119.00	806.54	7345.50
8	80	1274.40	892.08	101.95	790.13	7196.07
7	78	1242.54	869.78	86.98	782.80	7129.33
6	75	1194.75	836.33	71.69	764.64	6963.93
5	73	1162.89	814.02	58.14	755.88	6884.14
4	70	1115.10	780.57	44.60	735.97	6702.79
3	68	1083.24	758.27	32.50	725.77	6609.93
2	66	1051.38	735.97	21.03	714.94	6511.28
1	64	1019.52	713.66	10.20	703.47	6406.82
0	62	987.66	691.36	0.00	691.36	6296.56

GENERO : 10000  
PESO : 177 g/M2

GRAFICO NO. 1  
CONSUMO ESPECIFICO GLOBAL

— 115 g/M2      — 126 g/M2      \* 147 g/M2      = 177 g/M2  
\* 197 g/M2      226 g/M2      239 g/M2

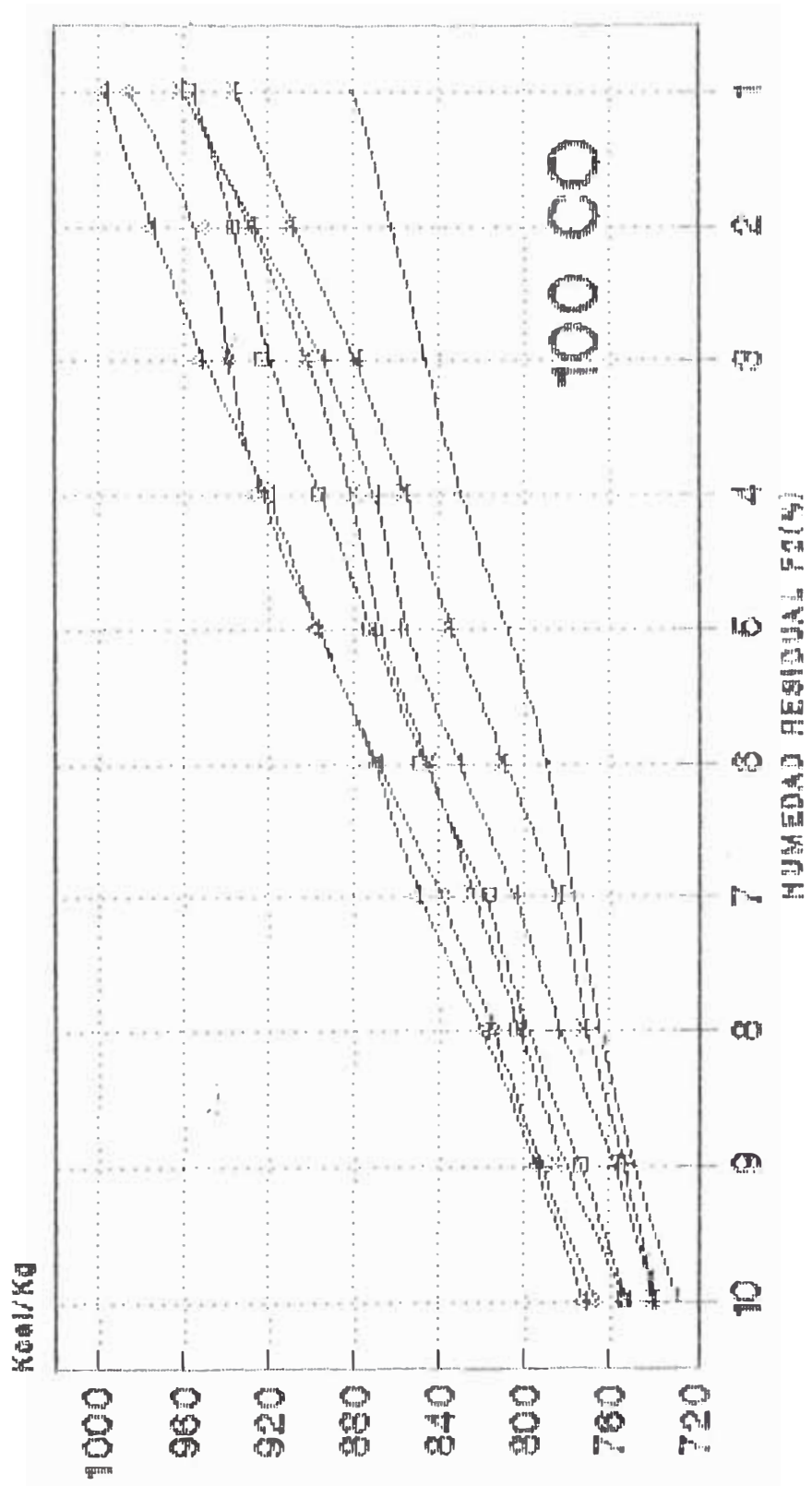
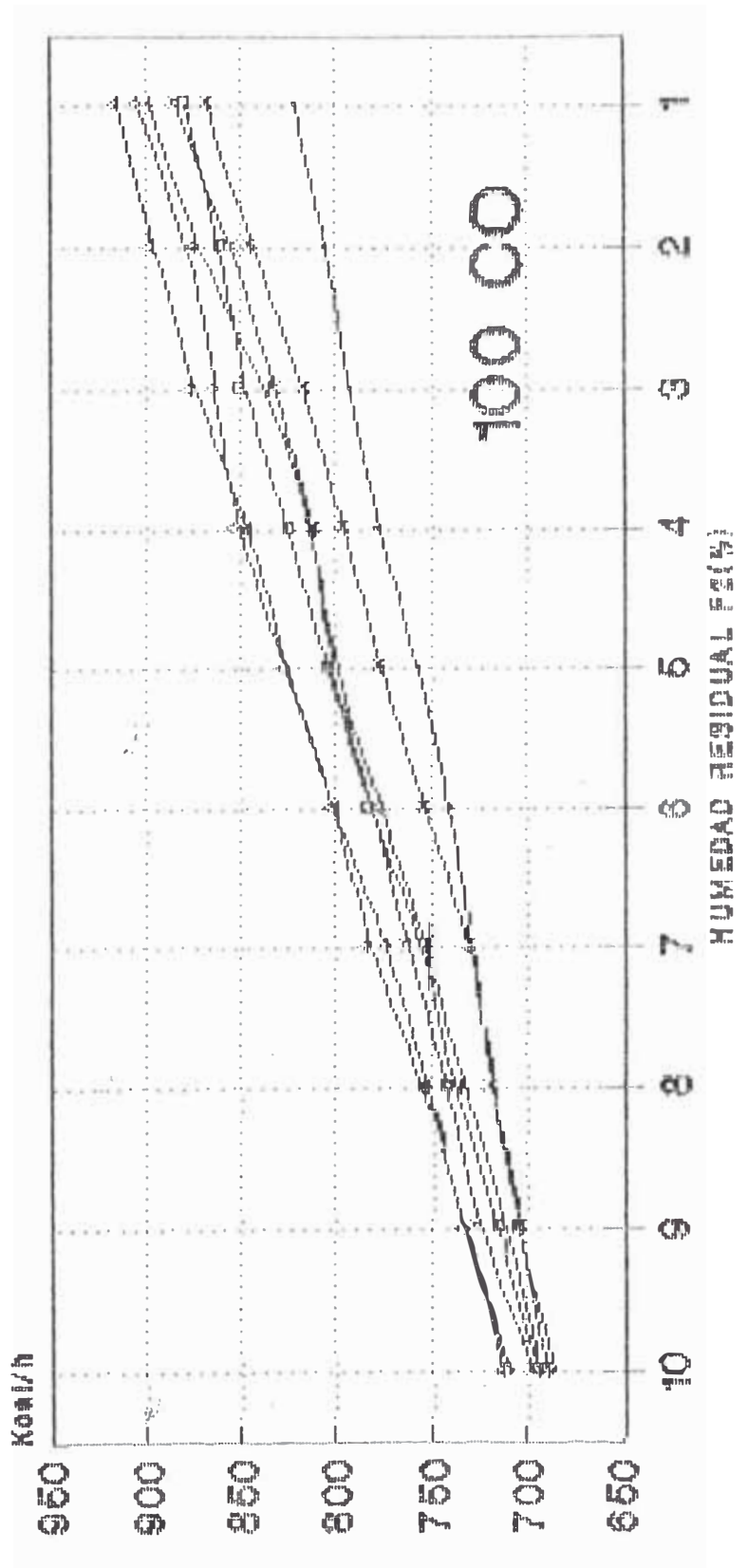




GRAFICO No.2  
CONSUMO ESPECIFICO DEL SEODOR

115 g/M2    —    128 g/M2    \*    147 g/M2    +    177 g/M2  
197 g/M2    —    226 g/M2    —    239 g/M2



## CRITERIOS DE AHORRO DE ENERGIA

### 4.1 Cambio o mejora del sistema de escurrido

El consumo del secador depende en buena parte, de un adecuado escurrido ya que es el método de secado más económico que se conoce. La máquina de nuestro análisis tiene un sistema de escurrido convencional, la alternativa para bajar el consumo térmico es el de cambiar el foulard de escurrido convencional por otro de alto escurrido, con lo cual se podría rebajar la humedad inicial del género hasta 30-35%.

En cuadro No.20 se muestran los porcentajes de reducción de calor útil y de calor del aire que se obtendría al cambiar el sistema de escurrido convencional por el del alto escurrido, para un género de 239g/M2 y una jornada de trabajo de un turno. En el cuadro No.25 se muestran los ahorros económicos correspondientes. La inversión que se necesita es de \$200000 y el tiempo de recuperación para el caso especificado está comprendido entre 3.6 a 6.3 años para un turno, entre 1.56 a 2.32 años para el caso de 2 turnos y entre 1 a 1.44 años para 3 turnos, tiempos de recuperación que corresponden entre 10 a 0% de humedad residual del género.

Actualmente la planta de acabados cubre en un solo turno la los 3 turnos de producción de la planta de tejeduría, por lo que la decisión de la inversión estará sujeta a una mayor capacidad de producción de la planta de tejeduría. En todo caso, la tomara

Los datos que se conocen son: peso del género de tela, ancho del género de tela, temperatura de secado, humedad del aire a la salida de los campos, humedad residual de la tela y la variación de temperatura entre la entrada y salida del caldero. Los parametros a calcular son: flujo de masa de tela, flujo de masa de aire, flujo de masa de agua evaporada, el calor útil para secar la tela, el calor entregado al aire, el flujo de energía entregado a los ventiladores de circulación, las perdidas de calor, el calor total y el consumo específico de energía del secador y el global.

### 3.2 Diagnostico energético.

El aire caliente, de uso para el secador se obtiene por intercambio térmico entre aire y aceite térmico Mobil therm 603 en intercambiadores indirectos de tubos y aletas elípticas. El aceite se calienta en un caldero (ver plano No. 2). El sistema caldero-secador estan unidos por tuberias de alimentacion y retorno de 150mm de diametro y 25m de longitud por cada uno, aisladas por medias cañas de lana de vidrio con un espesor de 150mm. En la base, el secador tiene un aislamiento de 300mm y en la parte superior y laterales de 100mm.

El caldero es de tipo vertical de 3 pasos, y usa petroleo diesel No.2.

El aire como fluido de aporte de calor tiene el inconveniente que su densidad es baja, su calor específico es reducido y tiene una limitada capacidad de transporte de vapor de agua a temperaturas que no perjudiquen la fibra. En el secador se mueve

\$64.45/1000M (\$22.14/1000M corresponden a energía termica) comparada con el costo de considerar la humedad de secado de 0% cuyo costo es de \$82.41/1000M (\$27.41 corresponden a energía termica) se obtendría un ahorro de \$17.96/1000M (\$5.27/1000M corresponden a energía termica) de tela es decir \$136950.02 (\$40185.22 por energía termica) anuales. Lo que justificaria la inversión para construir las curvas de secado, ya que el tiempo de recuperación de capital estaría asegurado en 1.5 meses.

Los diferentes cuadros de costos muestran los ahorros que podrían lograrse, para diferentes pesos de telas; por este concepto.

#### 4.3 Recuperación de calor

El calor que se pierde a través de los conductos de salida de los campos de secado puede ser aprovechado para el precalentamiento del aire de entrada al secador. Cabe pensar pues en el uso de intercambiadores caloríficos de tipo construcción modular, de tal modo que sea fácil su limpieza con toda comunidad fuera del intercambiador; esto es muy importante ya que los secadores además de secar, termofijan, y si no son posibles limpiarlos con facilidad se tendrían problemas de mantenimiento creado por la frecuente limpieza de los recuperadores.

El modo de funcionamiento es el siguiente; el ventilador del aire de extracción de los campos aspira aire caliente de salida de los recintos de tratamiento y los dirige al exterior a través del intercambiador calorífico. El ventilador de aire de entrada impele el aire exterior de los alrededores de la máquina en corriente cruzada a través del intercambiador. durante esta

operación se calienta el aire exterior en los tubos previamente calentados por el aire de salida.

El cuadro No.21 muestra el porcentaje de reducción del calor total en función de diferentes porcentajes de ahorro del calor que se pierde en el aire.

Adquirir intercambiadores tipo modular con tubos de vidrio demanda una inversión de \$30,000. En el cuadro No.26 se muestran los ahorros potenciales que se obtendrían, para generos de 239q/M<sup>2</sup>. Los plazos de recuperación de la inversión, recuperando un 40% de la energía del aire que se pierde varía entre 2.3 a 2.9 años en un solo turno de trabajo, los cuales pueden ser reducidas entre 1.07 a 1.3 años si amplía la jornada de producción a dos turnos.

Adicionando un foulard de alto escurrido los requerimientos de flujo de aire disminuyen por lo que también disminuyen los ahorros potenciales a lograrse, el cuadro No. 27 ilustra este concepto. Para una humedad óptima de 8% y un 40% de recuperación de Q<sub>a</sub> la disminución del ahorro potencial es de 61% referida al recuperar solo el porcentaje de Q<sub>a</sub> mencionado, sin foulard de alto escurrido.

#### 4.4 Mejoramiento del aislamiento térmico.

Los cuadros del balance de energía muestran las pérdidas de calor tanto en las tuberías como en la máquina. En el cuadro No. 28 se puede observar los costos de las pérdidas de calor para un genero de 239q/M<sup>2</sup>. Las pérdidas económicas en la máquina varían entre 8.39% y 11.0% evidentemente son altas, pero no lo suficiente

para justificar su reemplazo. En todo caso habría que analizar estas pérdidas comparadas a otros secadores fabricados por distintas marcas.

Mejorar el aislamiento térmico, para recuperar la energía que se pierde a través del aislamiento solo se justifica si esta se encuentra deteriorada, o que no tenga el espesor óptimo económico de aislamiento; según recomendación de la firma Fiberqlass de Colombia es de 4" (100mm), (cuadro No.32) inferior de las 6" (150mm) que es el actual. Tomando esta consideración, no es recomendable pretender recuperar la energía que se pierde por el aislamiento de las tuberías, ya que es antieconómico.

CUADRO No.20

AHORRO DE ENERGIA TERMICA AL MEJORAR EL SISTEMA DE ESCURRIDO

F2	V	Mt	Ma			Qa			TOTAL				
			70%	35%	z	70%	35%	z	AHORRO	z			
10	56	1292.89	7065.00	2943.75	41.67	531487.2	240530.5	45.26	220427.90	91844.96	41.67	419539.68	42.05
9	54	1246.72	6926.22	2952.16	42.62	520055.8	239490.4	46.05	216098.06	92107.37	42.62	404556.12	40.86
8	52	1200.54	6779.03	2952.16	43.55	508065.1	237891.0	46.82	211505.82	92107.37	43.55	389572.56	39.66
7	50	1154.37	6623.43	2943.75	44.44	495515.1	235732.3	47.57	206651.15	91844.96	44.44	374589.00	38.14
6	49	1131.28	6594.00	2987.90	45.31	492455.9	237868.8	48.30	205732.70	93222.63	45.31	367097.22	37.38
5	47	1085.11	6423.68	2964.78	46.15	478927.2	234731.4	49.01	200418.82	92500.99	46.15	352113.66	36.14
4	46	1062.02	6383.73	2998.42	46.97	475169.0	236168.8	49.70	199172.35	93550.65	46.97	344621.08	35.37
3	44	1015.85	6198.69	2960.57	47.76	460661.5	232052.6	50.37	193399.24	92369.79	47.76	329638.32	34.10
2	43	992.76	6140.23	2983.70	48.53	456204.2	232791.0	51.03	191824.75	93091.42	48.53	322146.54	33.33
1	41	946.58	5948.47	2931.13	49.28	440718.0	227696.1	51.66	185592.42	91451.34	49.28	307162.98	32.57
0	40	923.50	5887.50	2943.75	50.00	435561.5	227735.3	52.29	183689.91	91844.96	50.00	299671.20	32.04

GENERO : 100CO

PESO : 239 q/M2

CUADRO No.21

REDUCCION DE QT PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE AHORRO DE QA.

F2	Wr									
	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %
10	1.10	2.21	3.31	4.42	5.52	6.63	7.73	8.84	9.94	11.05
9	1.09	2.18	3.27	4.37	5.46	6.55	7.64	8.73	9.82	10.91
8	1.08	2.15	3.23	4.31	5.38	6.46	7.54	8.61	9.69	10.77
9	1.05	2.10	3.16	4.21	5.26	6.31	7.36	8.42	9.47	10.52
6	1.05	2.09	3.14	4.19	5.24	6.28	7.33	8.38	9.43	10.47
5	1.03	2.06	3.09	4.11	5.14	6.17	7.20	8.23	9.26	10.28
4	1.02	2.04	3.07	4.09	5.11	6.13	7.15	8.18	9.20	10.22
3	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
2	0.99	1.98	2.98	3.97	4.96	5.95	6.95	7.94	8.93	9.92
1	0.98	1.97	2.95	3.94	4.92	5.90	6.89	7.87	8.85	9.84
0	0.98	1.96	2.95	3.93	4.91	5.89	6.87	7.85	8.84	9.82

GENERO : 100CO  
 PESO : 239 g/M2



6.

## ANALISIS DE COSTOS

El costo de secado esta compuesto por dos partes, el costo fijo y el costo variable. El costo fijo incluye el costo por sueldos, el costo por espacio, el costo de recuperación de capital, la depreciación del máquina y el costo por mantenimiento. El costo variable comprende el costo de la energía térmica y el costo de la energía eléctrica. El costo de la energía eléctrica no se considera en esta parte aunque hay que hacer notar que tiene una incidencia alta en el costo del secado. El costo total esta dado como costo anual y por cada 1000 metros de genero.

La eficiencia del caldero de aceite se estimo en aproximadamente 50% por lo que asumiremos constante.

### Costo por sueldos (C1)

Es el costo por mano se obra que se necesita para operar la máquina, generalmente son 4 operarios. Asumiremos  $S = \$ 2/h$

$$C1 = 4 * S * Y \quad (28)$$

### Costo por espacio (C2)

Es el costo por espacio físico que ocupa la máquina. ( $E = \$ 2000/mes$ )

$$C2 = 12 * E \quad (29)$$

### Costo de recuperación de capital (C3)

Es la cuota anual para recuperar el capital invertido, en el tiempo

de vida útil de la máquina y a la tasa de interes del mercado. (i=8%)

$$C3 = M*i*(1+i) / ((i+1) - 1) \tag{30}$$

Costo por depreciación de máquina (C4)

Es el costo por pérdida de valor de la máquina a través del tiempo. Consideraremos una vida útil de 10 años con depreciación lineal. En el cálculo lineal, la cuantía de la inversión que corresponde a activos fijos renovables se divide por el número de años asignado.

$$C4 = M/n \tag{31}$$

Costo por mantenimiento (C5)

Se estima en 3% del precio de la máquina anualmente

$$C5 = 0.03*M \tag{32}$$

Costo por energía termica (C6)

Es el costo del calor total usado para el tratamiento del género en el secador.

$$C6 = \frac{264.18*F*QT*Y}{Ef*HU*\rho} \tag{33}$$

Costo total anual (CT)

$$CF = C1 + C2 + C3 + C4 + C5 \tag{34}$$

$$CV = C6$$

$$CT = C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 \tag{35}$$

Costo total por 1000 metros de tela.

$$C'T = \frac{CT}{2444*60*V} \tag{36}$$

CUADRO No.22

COSTO DE ENERGIA TERMICA

F2	V	C6						
		115	126	147	177	197	226	239
10	165	227830.26	213088.30	202366.88	176983.50	180924.03	175563.32	171542.78
9	160	227830.26	211748.12	201026.70	175563.32	180924.03	175563.32	170202.61
8	155	225149.90	211748.12	198346.34	175563.32	179583.85	174223.14	168862.43
7	150	221129.37	210407.95	195665.99	174223.14	179583.85	172882.96	168862.43
6	145	217108.84	209067.77	194325.81	174223.14	178243.67	172882.96	168862.43
5	140	214428.48	209067.77	194325.81	174223.14	178243.67	171542.78	167522.25
4	136	214428.48	206387.41	192985.63	171542.78	174223.14	170202.61	167522.25
3	131	210407.95	205047.23	191645.45	171542.78	172882.96	168862.43	166182.07
2	127	207727.59	205047.23	191645.45	168862.43	171542.78	167522.25	166182.07
1	122	203707.06	205047.23	190305.28	167522.25	171542.78	166182.07	162161.54
0	119	203707.06	203707.06	190305.28	167522.25	170202.61	160821.36	160821.36

CUADRO No.23

COSTO ANUAL DE SECADO

F2		CT						
V		115	126	147	177	197	226	239
10	165	550411.75	535669.79	524948.37	499484.98	503505.52	498144.81	494124.27
9	160	550411.75	534329.61	523608.19	498144.81	503505.52	498144.81	492784.09
8	155	547731.39	534329.61	520927.83	498144.81	502165.34	496804.63	491443.92
7	150	543710.86	532989.43	518247.48	496804.63	502165.34	495464.45	491443.92
6	145	539690.32	531649.26	516907.30	496804.63	500825.16	495464.45	491443.92
5	140	537009.97	531649.26	516907.30	496804.63	500825.16	494124.27	490103.74
4	136	537009.97	528968.90	515567.12	494124.27	496804.63	492784.09	490103.74
3	131	532989.43	527628.72	514226.94	494124.27	495464.45	491443.92	488763.56
2	127	530309.08	527628.72	514226.94	491443.92	494124.27	490103.74	488763.56
1	122	526288.54	527628.72	512886.76	490103.74	494124.27	488763.56	484743.03
0	119	526288.54	526288.54	512886.76	490103.74	492784.09	483402.85	483402.85

GRAFICO NO. 5  
COSTO POR OADA 1000 METROS DE TELA

— 116 g/M2      — 128 g/M2      \* 147 g/M2      = 177 g/M2  
197 g/M2      \* 228 g/M2      — 235 g/M2

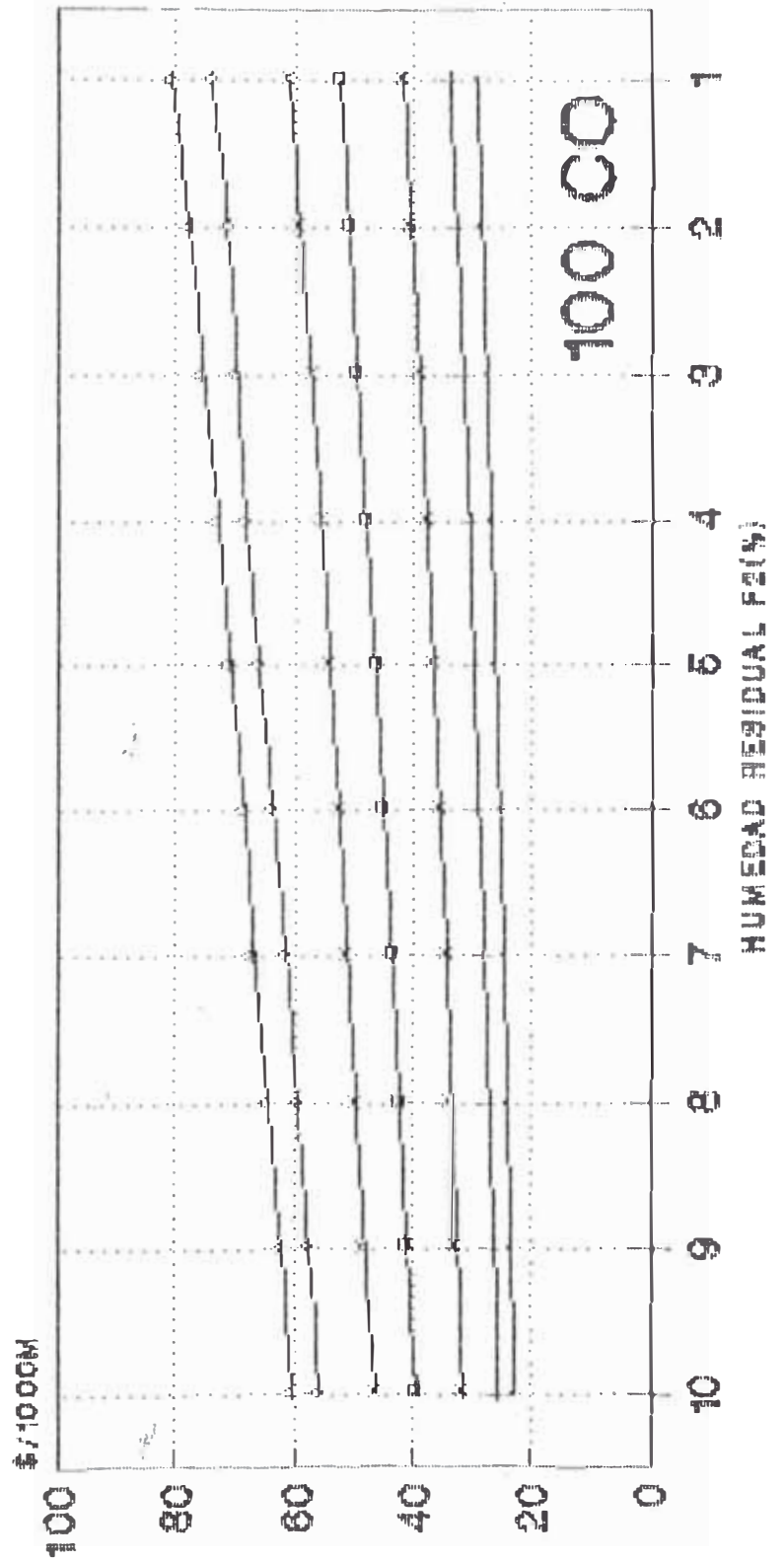


GRAFICO No. 4  
ANCHO AL CAMBIAR EL FOULARD

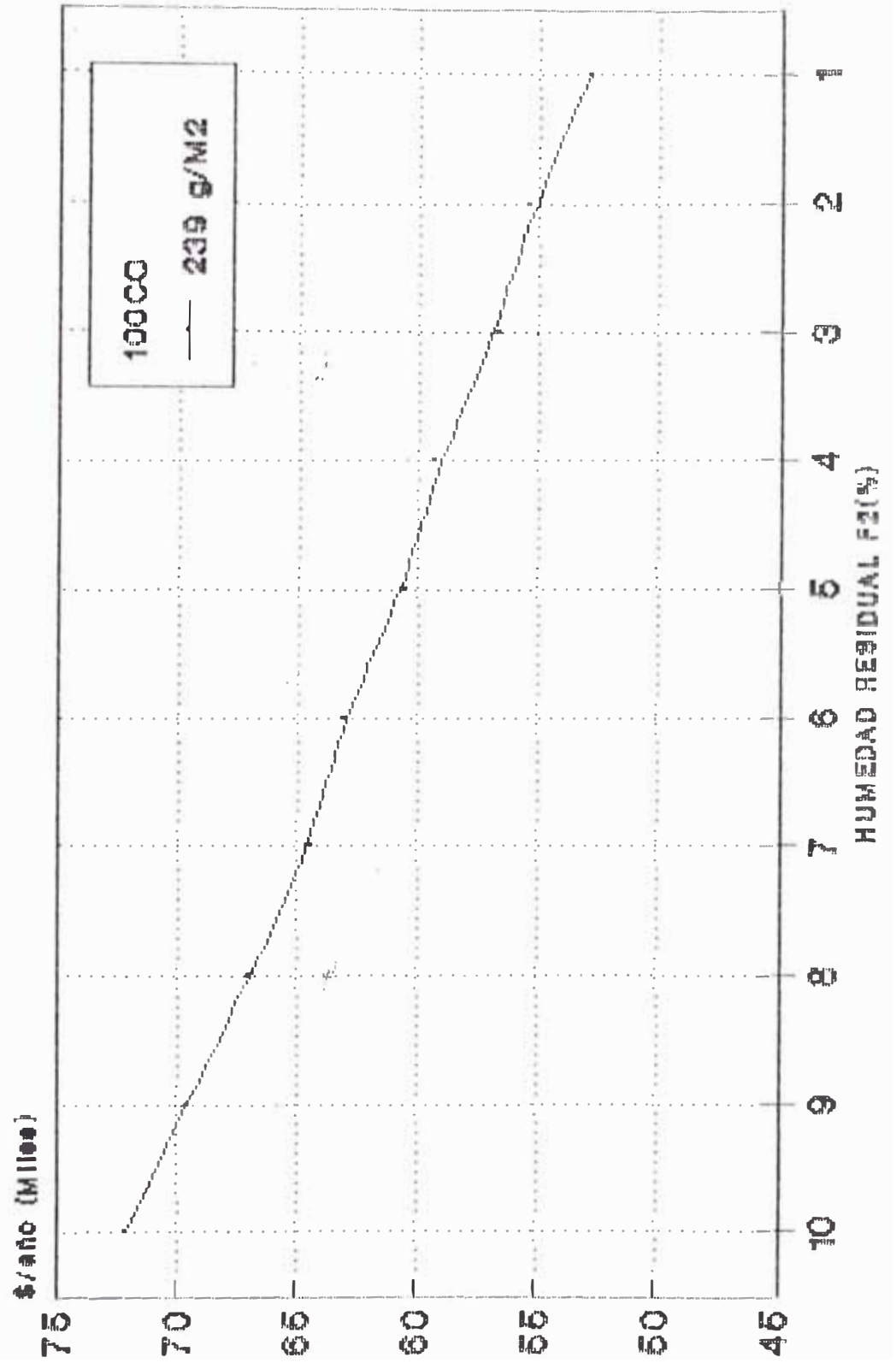
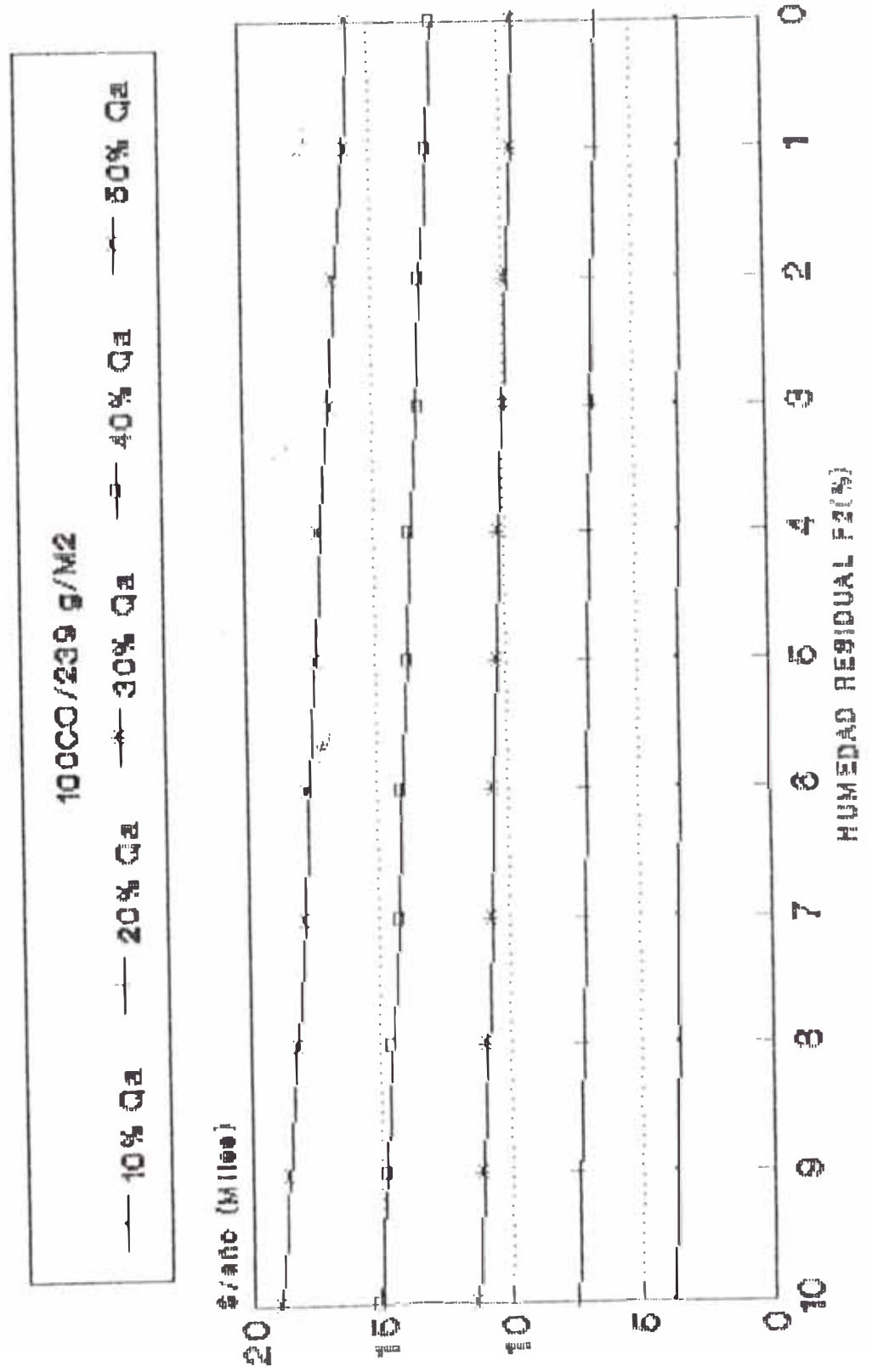


GRAFICO No. 5  
AHORRO AL RECUPERAR Qa



## CONCLUSIONES

a) La energía que se aprovecha durante el secado es aproximadamente el 50% de la energía total que se usa, por lo que se puede considerar secador como una máquina de baja eficiencia.

b) Recomendar recuperar la energía térmica que se pierde por operación inadecuada de la máquina, por pérdida de calor del calor y por el sistema de escurrido. Los ahorros potenciales a lograrse considerando una humedad residual óptima de secado de 8% y 40% de recuperación de Qa y para un turno de trabajo de 8 horas son:

Concepto	Inversión \$	Ahorro anual(\$)	Tiempo de recuperación
Operación adecuada.	50000	40185.20	1.5 meses
Sistema de escurrido	200000	66976.68	4 años
Calor del aire	30000	14545.13	2.5 años.
Sistema de escurrido+ calor del aire.	230000	73310.84	4.4 años.

c) Recomendar un plan de inversiones en 3 etapas:

La primera es inmediata para la recuperación de los costos de energía que se está perdiendo por operación inadecuada de la máquina. La segunda etapa es a corto plazo y es la referida a realizar la inversión para la adquisición de los recuperadores de calor.



La tercera a mediano-largo plazo y tiene como condición que la planta de acabados trabaje por lo menos 2 turnos de 8 horas por turno, para invertir en la adquisición de un nuevo foulard de escurrido.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ing. G. Schellenbereer: Problemas de medición y regulación en Ramas tensoras con aparatos Mahlo. Congreso VDI sobre Técnica Textil realizado el 29.3.63 en Augs Burgo, Artículo publicado en la revista "Mundo Textil Argentino", No.25 Pág.14
2. Firma Mahlo GMBH: Catalogo equipo Textometer, 1988  
  
Ing. Atilio Torriti, Ing Ricardo Dancuart: Hilatura de algodón, Universidad Nacional de Ingeniería, Asociación Peruana de técnicos Textiles, Curso de extensión.
3. Nordic and National Research Fund an The Textile Industry of the North Danish Textile Institute: Energy Optimimizatiön on Stenter, 1984.
4. Dip. Wirtsch, Ing. Ralf Pleva: Moisture Control in the Textile Industry, reprint from Textile praxis Internacional, issue 10, pages XXIIIXXIV, 1987, issue 6, pages VIIIXIX, this paper was, on march 6th, 1986 at the meeting of Boras Fargerit Tekniska, Forening, Boras Sweden, on march 14th.,1896, at a meeting of the cloth printers of the TVI Association in Bad Hamburg F.R.G
5. Juan Palomas Mandioli: Curso de ahorro de energía en el sector Textil, 1989.
6. Dip. Ing. K. Van Wersch: Economic Aspects of Drying and Thermosol Dyeing Operations, Paper Presented at the 35th. Congress of German Dyer, Berlin 1986.
7. Firma Mahlo GMBH: Catalogo Equipo Ecomat, 1988.
8. Robert E. Treybal: Operaciones de transferencia de Masa, Segunda Edición.
9. Revista Mundo Textil Argentino Perú, Mayo de 1989.
10. Robert H. Ferry, Cacil H.Hilton: Manual del Ingeniero Quimico, Quinta edición, Segunda edición en español.
11. Gottschalk, K.-H. Melliand Textilberichte 65(1984) 411-13
12. Gottschalk. K.-H. Chemiefasern/Textilindustrie 34/86(1984) 531-33
13. Hansen, J. Energibesparelser ved textilørring. Dansk Textil Institute 1983.

14. Schellenberger, G. Textil Praxis Internacional 35(1980) 833-35
15. Kneule Friedrich: El secado, Bilbao Urmo, 1966
16. Nonhebel G.:El secado de sólidos en la Industria Química, Ed. Reverte 1979.