

## MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, PARA EL PROCESO DE SECADO USADO EN LA PLANTA "PROFILAC. S.A

### RESUMEN

En este artículo se realiza un estudio sobre uso racional y eficiente de la energía, en la planta Profilac S.A. El estudio comprende un diagnóstico inicial del sistema de distribución de vapor, mediciones de las condiciones de operación de la planta, desarrollo de una propuesta de mejoramiento, implementación de las mejoras y la evaluación de resultados.

**PALABRAS CLAVES:** Energía, eficiencia, ahorro, vapor.

### ABSTRACT

*This paper includes different studies about rational and efficient energy use, initial distributional analysis of steam system, operational conditions measurements, development of an improvement proposal, applications improvements and results evaluation. This study was made at the Profilac S.A.*

**KEYWORDS:** Energy, steam, efficient, saving.

### AGUSTÍN VALVERDE GRANJA

Ingeniero Mecánico  
Profesor Auxiliar  
Director  
Grupo de estudio en eficiencia energética y medio ambiente (GEMA)  
Universidad de Ibagué  
avalverde@nevado.cui.edu.co

## 1. INTRODUCCIÓN

PROFILAC S.A. es una empresa del sector textil dedicada a la producción de algodón profiláctico, el cual distribuye en los hospitales, droguerías, centros de salud entre otros.

Como resultado de un diagnóstico preliminar, efectuado al sistema de distribución de vapor, en la planta de producción de PROFILAC S.A., se identificaron problemas en la eficiencia energética, asociados con pérdidas de energía térmica, mal funcionamiento en el sistema de distribución de vapor y mal funcionamiento en las máquinas de secado. Esta situación, repercute negativamente en los costos de operación de la planta, el mantenimiento de los equipos, el ambiente de trabajo y en general en la eficiencia del sistema productivo.

A partir de este primer diagnóstico, se identificaron oportunidades de ahorro para la empresa que, al ser aprovechadas, incrementarían la eficiencia del sistema y disminuirían significativamente los costos de operación. La proyección inicial del impacto que tendrían las mejoras sobre el sistema, hace prever un retorno de la inversión a corto plazo.

En consecuencia, se presentó una propuesta concreta de trabajo que, a través de un mejoramiento tecnológico en la red de suministro de vapor, permitiera a la empresa obtener ahorros significativos y una mejora sustancial en la producción.

Este trabajo tiene como objetivo general "Diseñar e implementar mejoras en el sistema de aislamiento para la red de distribución de vapor, utilizado en el proceso de secado". Para el logro de este objetivo se desarrollaron las siguientes actividades:

1. Diagnóstico preliminar del estado de los equipos.
2. Medición de las condiciones de operación antes de la mejora
3. Diseño de la mejora.
4. Participación en el proceso de Implementación de la Mejora, en funciones como: asesoraría a la empresa en la compra de materiales y supervisión del proceso de montaje.
5. Evaluación de resultados y presentación del informe correspondiente.

## 2. DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIÓN INICIAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

En relación con la condición operativa inicial del sistema de distribución de vapor para los secadores, se detectaron algunos problemas de montaje y mantenimiento que, inciden directamente sobre la eficiencia del conjunto, tal como se describe a continuación:

- Tubería de la red de suministro de vapor, sin el aislamiento térmico requerido y recomendado para obtener buenos niveles de eficiencia.
- Carencia de aislamiento térmico en la tubería de la red de retorno de condensado. A esto se suma, la exposición al contacto directo con agua, en un tramo de la misma.
- Tubería de retorno de condensado a nivel de piso, lo cual contradice las recomendaciones de diseño.
- Problemas de funcionamiento por deterioro en algunas trampas de vapor, en los secadores de algodón profiláctico.

- Desgaste excesivo en algunos tramos de la tubería de vapor, lo cual se manifiesta con picadura superficial y fugas de vapor.

- Problemas de eficiencia en los secadores, debido a que las tomas de aire se hacen directamente del interior de la planta. Esta situación reduce la efectividad del sistema, por cuanto el aire suministrado a los secadores posee alta humedad relativa.

- Deterioro de la tubería y las aletas de algunos secadores de algodón.

- Obstrucción excesiva en los paneles de calentamiento del aire requeridos en los secadores.

La suma de todos estos problemas, ocasiona baja eficiencia del sistema por: Pérdidas de energía en forma de calor al ambiente, alteración de la humedad relativa al interior de la planta, alteración del ambiente de trabajo, pérdida de capacidad en el secado y deterioro prematuro en la red de vapor

### 3. MEDICIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN ANTES DE LA MEJORA

Además de las deficiencias asociadas a la condición operativa de los equipos, se realizó un diagnóstico a partir de la comparación directa entre variables de entrada y salida, como son el consumo de combustible y la cantidad de producción. Para el logro de este propósito, se llevo a cabo un monitoreo constante de estas variables, tal como se describe en la tabla No.1. La información más relevante de la condición inicial, se sintetiza en el cuadro que se relaciona a continuación:

Mes	Consumo de Gas [m <sup>3</sup> ]	Producción [kg]	Índice de Consumo [m <sup>3</sup> / kg]
Junio	22.100	16.142	1.37

Tabla 1. Condiciones iniciales de la planta

Es de anotar que durante el mes de Junio, se registró un consumo de combustible promedio de 31 m<sup>3</sup>/ h. Estas cifras son el resultado del seguimiento que se hizo en la planta durante dicho mes.

### 4. DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

El mejoramiento del sistema es el resultado de un trabajo del análisis de los problemas, cálculo de la carga térmica, definición de la mejora y selección de componentes necesarios para mejorar la eficiencia en la red de distribución de vapor.

A partir de la información recopilada y cuantificada en variables fundamentales como la Presión de vapor (120 psig promedio), temperatura y dimensiones de la tubería, se calculó la eficiencia, el calor retenido, el calor perdido y el calor ahorrado, tal como se describe en la tabla 2 y 3.

Diámetro tubería [pulg]	Longitud tubería [Pie]	Espesor del Aislamiento [pulg]	Temperatura Superficial [°F]
2"	72.2	2½"	92.08 °F
1½"	72.2	2½"	95.14 °F
1¼"	4.6	2.0"	92.37 °F
1"	157.5	2.0"	91.50 °F
¾"	49.2	2.0"	90.49 °F
½"	92.0	2.0"	88.02 °F

Tabla 2. Temperatura superficial de la tubería con aislamiento térmico.

Diámetro tubería [pulg]	Eficiencia. %	Calor Retenido [Btu/h*Pie]	Calor Perdido [Btu/h*Pie]	Calor Ahorrado [Btu/h]
2"	94.15	523.96	37.72	37830
1½"	92.81	419.17	33.05	30264
1¼"	92.37	366.22	30.66	1681
1"	91.50	290.11	27.03	45692
¾"	90.49	231.65	27.24	11414

Tabla 3. Calor ahorrado mediante la utilización del aislamiento térmico.

**NOTA:** El balance térmico se apoyó con el programa computacional especializado ECOWIM diseñado especialmente para productos FIBER GLASS y recomendado por las normas técnicas de los fabricantes.

A partir de los cálculos realizados, se deduce la siguiente información:

Calor ahorrado por hora: 143.930 Btu / h  
 Calor ahorrado por día: 3.454.320 Btu/día  
 Poder calórico Superior del gas natural: 35.315 Btu / m<sup>3</sup>  
 Consumo diario estimado: 97.8 m<sup>3</sup> / día  
 Consumo anual de combustible (estimado a 300 días): 29.344,4 m<sup>3</sup> / año.  
 Ahorro Anual (Estimado): \$21.691.347

La información obtenida, es la base para el cálculo, dimensionamiento y la selección de los componentes requeridos en el aislamiento térmico. El resultado de este análisis se presenta a continuación:

Descripción del Elemento	Unida de Medida	Cantidad
Aislamiento para tubería fiberglass tipo cañuela de 2" de Diámetro exterior por 2½" de espesor	Metros	22
Aislamiento para tubería fiberglass tipo cañuela de 1½" de Diámetro Exterior por 2½" de espesor	Metros	22
Aislamiento tipo cañuela para Tubería de 1¼" de diámetro Exterior	Metros	1.4
Aislamiento para tubería fiberglass tipo cañuela de 1" de Diámetro exterior por 2½" de espesor	Metros	48
Aislamiento para tubería fiberglass tipo cañuela de ¾" de Diámetro Exterior por 2" de espesor	Metros	15
Aislamiento para tubería fiberglass tipo cañuela de ½" de Diámetro Exterior por 2" de espesor	Metros	28

Tabla 4. Material requerido para el mejoramiento del sistema térmico.

### 5. SUPERVISIÓN AL PROCESO DE MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA.

El grupo consultor, en cabeza del Ingeniero Agustín Valverde, acompañó a la empresa en el proceso de adquisición de materiales y en el proceso de implementación de la mejora propuesta. Este acompañamiento, tuvo como objetivos, velar por la buena calidad del trabajo y asesorar el trabajo técnico.

El proceso de mejora en la red de distribución de vapor, se desarrolló en las siguientes fases:

La primera fase fue de alistamiento y adecuación de la tubería. En esta etapa se realizaron labores de limpieza e inspección de la tubería y la aplicación de la pintura térmica o pintura de Aluminio. Esta pintura se caracteriza por su capacidad de protección a altas Temperaturas, acorde con las condiciones de operación normal (resistente a temperaturas de 450 °C).

En la segunda fase, se procedió a montar el aislamiento térmico, partiendo desde la zona de salida de vapor de la caldera hasta los secadores y la zona de blanqueo, protegiéndola con cinta foil de Aluminio.

En la tercera Fase, se levantó la tubería de retorno de condensado, hasta una altura apropiada ( 0.50 m ), con el fin de proteger el sistema de la humedad a nivel de piso.

En la Cuarta fase del montaje, se aisló la tubería de condensado. En la quinta y última fase se colocó la protección externa a la tubería con cinta Foil de Aluminio un tramo y el tramo expuesto con lámina galvanizada calibre 24.

### 6. EVALUACIÓN DE RESULTADOS.

Con el fin de visualizar, de una forma objetiva, el resultado del trabajo desarrollado, se hizo un monitoreo de las condiciones de operación de la planta, con base en las mismas variables anotadas en la fase inicial de diagnóstico (Mes de Junio). Esta información se recopiló y analizó, lo cual permite obtener unos indicadores que relacionan variables básicas de entrada y salida, como son, el consumo de combustible y la producción.

Mes	Consumo de Gas [m³]	Producción [kg]	Índice de Consumo [m³ / kg]
Junio	22.100	16.142	1.36
Julio	21800	17.830	1.22
Agosto	21198	18.460	1.15
Septiembre	20.796	19.800	1.05
Octubre	21.575	19.700	1.09
Noviembre	21.150	18.700	1.13
Diciembre	19.377	17.160	1.12

Tabla. 5 Índice de Consumo después de las mejoras.

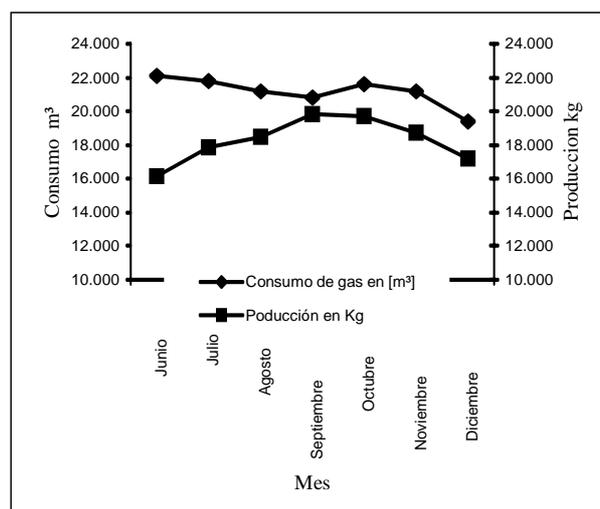


Figura 1. Consumo de gas y producción antes y después de implementación de la mejora.

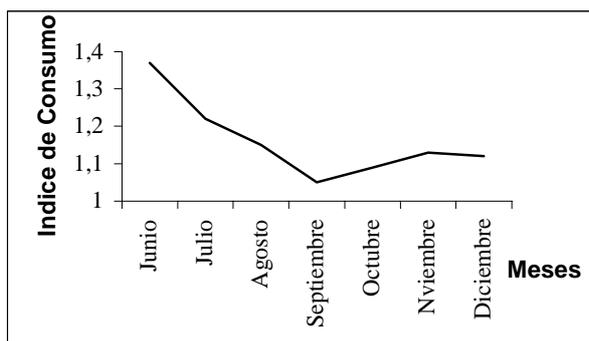


Figura 2. Índice de consumo antes y después de la mejora

En la figura 2 se puede observar que durante el mes de junio el índice de consumo estaba en 1.37 (antes de la mejora) y después de la mejora en el mes de Septiembre logramos reducirlo hasta 1.05 presentando un incremento hasta 1.09 para el mes de Octubre, pero en el mes de Noviembre y Diciembre dicho incremento obedece a la fisura de la tubería de la caldera.

A manera de comparación y con el fin de visualizar el ahorro potencial con la implementación de la mejora, se confronta el índice de consumo y los costos de combustible, entre los meses de Junio (Antes del montaje) y los meses de Agosto a Diciembre (Después del montaje), para una producción equivalente a la registrada en el último mes, obteniendo los siguientes resultados:

Mes	Índice de Consumo m <sup>3</sup> / kg	Producción kg	Consumo de Gas m <sup>3</sup>	Valor Actual Miles de pesos
Agosto	1.15	18.460	21229	9.808
Septiembre	1.05	19.800	20.790	9.605
Octubre	1.09	19.700	21.473	9.920
Noviembre	1.13	18.700	21.131	9.762
Diciembre	1.12	17.160	19.219	8.879
<b>Total</b>		<b>93.820</b>		<b>47.974</b>
<b>Junio</b>	<b>1.37</b>	<b>93.820</b>	<b>128.533</b>	<b>59.382</b>
<b>Diferencia</b>				<b>11.408</b>

Tabla. 6 Ahorro en miles de pesos en los cinco meses de seguimiento del proyecto.

Como se puede observar en la tabla 6, para producir 93.820 kg. de algodón profiláctico con el mismo índice de consumo evaluado en el mes de Junio, se necesita una inversión en combustible de \$ 59.382.000 pero el consumo registrado después de la mejora fue de \$47.974.000 la cual generó un ahorro de \$ 11.408.000 que si se mantiene el mismo comportamiento el ahorro anual estaría alrededor de \$ 27.379.200 Para ello se tomó el valor del m<sup>3</sup> del gas natural en \$ 462.

Además del impacto que tiene este proyecto, desde el punto de vista del ahorro directo, vale mencionar que la

mejora tiene un impacto significativo en otros aspectos de importancia como son:

Mejora la eficiencia energética de la planta.

Reducción en la temperatura ambiente en la zona aledaña a la tubería de vapor.

Mejora la presentación de la planta, lo cual repercute en el clima laboral.

Mejora en la conservación de los activos, particularmente en los elementos que pertenecen a la red de vapor.

Se favorece la cultura de la empresa hacia el mejoramiento continuo y se gana credibilidad en el criterio de Ingeniería.

Aumento en la capacidad de producción de la planta, en el área de secado

**7. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**

Aunque en el mes de julio se observa reducción en el consumo de gas, no se tuvo en cuenta esta información en la evaluación final, dado que durante este mes, la caldera presentó problemas por tubería fisurada. Esto afectó las condiciones operación e hizo que la información recopilada no fuera comparable para efectos de evaluación.

Es posible avanzar en el proceso de mejoramiento de la eficiencia del sistema de vapor, mediante el mejoramiento al sistema de secadoras y mediante mejoras al sistema de la caldera.

Se recomienda adoptar una tecnología para la gestión de los recursos energéticos de la empresa, a partir de la cual la empresa identifique los elementos críticos y obtenga los indicadores que le han de permitir administrar de forma más eficiente su energía.

Se recomienda implementar un sistema organizado y detallado de administración de los activos de la empresa, a través de una mejor organización del mantenimiento, la adopción de planes de trabajo con medición de resultados y la administración del mantenimiento con base en indicadores.

**8. BIBLIOGRAFÍA**

[1] Incropera frank P. Fundamentos de transferencia de calor, cuarta edición. México. Prentice may.1999.

[2] Holman J.P. Transferencia de calor, octava edición. España. McGraw Hill.1998.

[3] Eskel nordell. Tratamientos de agua para la industria y otros usos. Guías para el uso racional de energía por procesos en la industria. Medellín. Noviembre de 1997.