

T  
333.7917  
C.957  
c.2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

"AHORRO ENERGETICO EN INDUSTRIAS TEXTILES"

TESIS DE GRADO PREVIA A LA  
OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

REALIZADA POR:

CARLOS CRUZ ARAGUNDI

GUAYAQUIL-ECUADOR

1985

## AGRADECIMIENTO

*Al Dr. Alfredo Barriga, quien como Maestro y Director de esta Tesis , sirvió de guía para hacer posible la realización de este trabajo.*

*Al Personal Docente de la ESPOL.*

## DEDICATORIA


A la memoria de mi Padre,  
cuyos consejos he tenido  
presentes y me han señalado  
el camino correcto hacia -  
las metas por mí propuestas.

A mi Madre, por su amor  
y dedicación.

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tesis, me corresponden exclusivamente y, el Patrimonio Intelectual de de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).



CARLOS IVAN CRUZ ARAQUINDI

*Eduardo Orcés P.*

---

Ina. Eduardo Orcés P.  
DECANO

*Alfredo Barrios R.*

---

Dr. Alfredo Barrios R.  
DIRECTOR DE TESTS

*Rodolfo Paz M.*

---

Ina. Rodolfo Paz M.  
MIEMBRO PRINCIPAL DEL  
TRIBUNAL

*Eduardo Rivadeneira P.*

---

Ina. Eduardo Rivadeneira P.  
MIEMBRO PRINCIPAL DEL  
TRIBUNAL

## RESUMEN

En el capítulo Primero se da una justificación del estudio resaltando la importancia y las condiciones en que se encuentra la industria textil en el país.

El capítulo Segundo, sirve para explicar y describir los procesos más importantes que existen en la industria textil, a la vez que se indica la incidencia de éstos en el consumo de energía.

En el capítulo Tercero, se explica la metodología que se debe seguir para desarrollar un programa de conservación de energía.

El capítulo Cuarto, sirve para explicar los cálculos que se deben hacer para determinar los ahorros de energía en los procesos de generación y distribución energética, mientras que en el capítulo Cinco se explican los mismos cálculos, pero para los procesos relacionados a las industrias textiles.

Finalmente en el capítulo Seis se exponen los datos obtenidos en la auditoría energética de una industria y se calculan los ahorros que se obtendrían al implementar ciertas medidas sugeridas.

## INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE GRAFICOS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	XI
INTRODUCCION.....	12
CAPITULO I	
LA INDUSTRIA TEXTIL EN EL ECUADOR.....	15
1.1 <u>Antecedentes</u> .....	15
1.2 <u>La Industria Textil en el Ecuador</u> .....	17
1.3 <u>Conclusiones</u> .....	22
CAPITULO II	
PROCESOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL.....	23
2.1 <u>Características generales</u> .....	23
2.2 <u>Engomado de hilos</u> .....	26
2.3 <u>Procesos primarios</u> .....	28
2.4 <u>Teñido, estampado y acabado</u> .....	35
2.5 <u>Factores que influyen en el consumo energético</u> .....	41
CAPITULO III	
DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE CONSERVACION DE ENERGIA.....	46
3.1 <u>Formación de un equipo de trabajo</u> .....	47
3.2 <u>Auditoría energética</u> .....	47
3.3 <u>Identificación de medidas</u> .....	54
3.4 <u>Análisis económico</u> .....	56
3.5 <u>Ejecución de las medidas factibles</u> .....	63
3.6 <u>Continuidad del programa</u> .....	65

.../...

CAPITULO IV	
<u>GENERACION Y DISTRIBUCION ENERGETICA.....</u>	66
4.1 <u>Generación de vapor, calentadores de aceite térmico..</u>	66
4.1.1 <u>Optimización de la combustión.....</u>	66
4.1.2 <u>Factor de carga en calderos.....</u>	75
4.1.3 <u>Control de la operación del caldero.....</u>	79
4.1.4 <u>Elevación de la temperatura de alimentación..</u>	82
4.1.5 <u>Precalentamiento del aire de combustión.....</u>	84
4.1.6 <u>Tratamiento de agua.....</u>	86
4.1.7 <u>Aislamiento térmico.....</u>	89
4.1.8 <u>Mantenimiento del caldero.....</u>	93
4.2 <u>Distribución de vapor y aire comprimido.....</u>	94
4.2.1 <u>Control de fugas de vapor.....</u>	94
4.2.2 <u>Mantenimiento de purgadores (trampas).....</u>	97
4.2.3 <u>Aislamiento térmico.....</u>	101
4.2.4 <u>Control de fugas de aire comprimido.....</u>	103
CAPITULO V	
<u>MEDIDAS PARA REDUCIR EL CONSUMO ENERGETICO.....</u>	105
5.1 <u>Mejoras en la operación y mantenimiento de procesos y equipos.....</u>	105
5.1.1 <u>Organización de la producción.....</u>	105
5.1.2 <u>Reducción de evaporación en equipos.....</u>	107
5.1.3 <u>Control de operación en secadores.....</u>	109
5.1.4 <u>Reducción en la relación de baño.....</u>	116
5.2 <u>Recuperación de calor.....</u>	118
5.2.1 <u>Recuperación de condensado.....</u>	118
5.2.2 <u>Recuperación de calor de aguas residuales.....</u>	120
CAPITULO VI	
<u>EVALUACION INDUSTRIAL.....</u>	129
6.1 <u>Características de la industria visitada.....</u>	129
6.2 <u>Datos obtenidos.....</u>	131
6.3 <u>Evaluación de datos obtenidos.....</u>	143
6.4 <u>Resultados.....</u>	178
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	180
APENDICES.....	183
BIBLIOGRAFIA.....	207

INDICE DE GRAFICOS

	<u>Página</u>
1.1 Consumo de fibras.....	21
2.1 Esquema de una engomadora.....	26
2.2 Esquema de un Jigger.....	36
2.3 Esquema de una Barca.....	36
2.4 Esquema de un turbostato horizontal.....	37
2.5 Esquema de un jet.....	38
2.6 Esquema de un armario.....	38
3.1 Factor de carga de equilibrio.....	63
4.1 Determinación del exceso de aire en función del % de $\phi$ 2.....	68
4.2 % $CO_2$ vrs. % $O_2$ para varios combustibles.....	69
4.3 Pérdidas en los gases de escape vrs. %EA a varias temperaturas.....	71
4.4 Reducción en las pérdidas de calor en el sistema de distribución en función de la reducción de presión..	81
4.5 Mejora en la eficiencia del caldero en función del precalentamiento del agua de alimentación.....	84
4.6 Mejora en la eficiencia del caldero vrs. precalenta- miento del aire de combustión.....	85
4.7 Ahorros de combustibles vrs. temperatura del aire de combustión.....	85
4.8 Pérdidas de calor en un caldero, en función del es- pesor para diferentes incrustaciones.....	87
4.9 Coeficiente superficial de pérdidas para superficies planas.....	91
4.10 Pérdidas de vapor a través de escapes descargados a la atmósfera.....	95
5.1 Pérdidas de calor en la superficie del agua.....	108
5.2 Efectos cualitativos en las chimeneas de secadores - debido a variables operacionales.....	113
5.3 Reductor de volumen en una Barca.....	117

	<u>Página</u>
5.4 Reductor de volumen en un Turbo horizontal.....	117
5.5 Diagrama de energía para un jet.....	120
5.6 Diagrama de energía para un turbo vertical.....	121
5.7 Diagrama de energía para una tarea.....	121
5.8 Esquema de una lavadora continua.....	123
5.9 Esquema de una Barca con recuperación de calor.....	123
5.10 Esquema de flujos de masa y energía.....	125
5.11 Esquema de flujos de masas y energía con recircula - ción del agua de enfriamiento en una tinturadora.....	126
5.12 Esquema de recuperación de calor de los efluentes....	127
6.1 Diagrama de flujo en la sección de hilandería.....	130
6.2 Diagrama de flujo en la sección de tejeduría.....	130
6.3 Diagrama de flujo en la sección de tintorería y aca- bado.....	131
6.4 Balance de masas de agua en una secadora.....	155
6.5 Esquema de recirculación de aire caliente en el seca- dor termofijador.....	159



INDICE DE TABLAS

	<u>Página</u>
2.1 Influencia de la tasa de utilización en el consumo de energía de varios equipos.....	42
2.2 Consumo de agua en distintos procesos de la industria textil.....	44
3.1 Tiempo de amortización de capital.....	62
4.1 Análisis de la combustión en función del porcentaje de CO <sub>2</sub> .....	70
4.2 Variación de la eficiencia en calderos Cleaver Brooks en función del % de carga.....	76
4.3 Pérdidas de radiación a la capacidad nominal.....	77
4.4 Coeficiente superficial de pérdidas para cilindros desnudos.....	92
4.5 Pérdidas de calor en tuberías horizontales desnudas..	102
5.1 Humedad absorbida por el tejido en aire a 65% de humedad.....	114
5.2 Humedad de fibras textiles a diferentes condiciones ambientales.....	115

## INTRODUCCION

El consumo de energía en América Latina, tuvo un incremento acelerado a partir del año 1970. Así es como entre este año y 1980, la región tuvo un incremento anual acumulativo del 3.4% y a partir de 1980, a pesar del desaceleramiento del consumo, tal incremento ha sido del 2% anual. Estas tasas de incremento exceden holgadamente al promedio mundial y a la de países desarrollados.

Sin embargo, el consumo de energía por habitante es menor a la quinta parte de lo que se consume en países desarrollados, y la industria tiene una menor participación en el consumo, con relación a estos países.

En el caso específico de Ecuador, el consumo del sector industrial en 1978 fue sólo el 18% de la demanda total de energía comercial en el país y en 1982 fue el 20.2% de una demanda total de 3'622.000 toneladas equivalentes de petróleo, existiendo una tasa de incremento anual de consumo del 12.53%.

Es por esto, que al hablar de un programa de ahorro o conservación energética en un país en desarrollo como el nuestro, debe entenderse como un proceso mediante el cual se organizan los procesos productivos para obtener una mejor eficiencia y desarrollar una infraestructura que nos permita conocer el consumo actual de energía, su potencial de

ahorro y la manera racional de su uso, para lograr un más eficiente de desarrollo industrial y conservación de nuestros recursos.

Por otro lado, en nuestro país, los precios de los combustibles siguen siendo relativamente bajos y no representan un gran porcentaje en los costos de producción como ocurre en otros países, esto ha determinado una ineficiente utilización de la energía en la industria y demás sectores de la economía.

Por lo tanto, el desarrollo de tales programas de conservación energética, son importantes y pueden lograr un gran impacto en el desarrollo de nuestras industrias.

El objeto de este estudio es determinar las posibilidades de conservación de energía que existen en la industria textil ecuatoriana.

Para establecer la importancia que tiene este estudio, se hace necesario identificar la importancia que tiene la industria textil en el sector industrial.

Además es importante que se realicen pruebas en ciertas fábricas para determinar los potenciales de conservación energética y se establezca una metodología para que se pueda llevar a cabo un programa de conservación energética en cualquier planta textil.

Es así como se recopiló información disponible en estudios realizados por algunas organizaciones y aprovechando la visita realizada por técnicos extranjeros contratados por la "AID", se realizó una auditoría

energética a una planta textil de la localidad.

Adicionalmente se realizaron dos visitas a otras fábricas.

En una de ellas, se tomaron datos para su análisis, pero lamentablemente no se pudo hacer un análisis completo, ya que, por problemas laborales, la misma paralizó sus actividades.

La otra planta tenía una pequeña capacidad productiva por lo que no se consideró necesario tomar datos.

Finalmente, en base a las pruebas y cálculos realizados, en el estudio se ponen a consideración ciertas medidas que permitirán ahorrar el consumo de energía y mejorar la eficiencia energética de cada planta.

CAPITULO I  
LA INDUSTRIA TEXTIL EN EL ECUADOR

1.1 ANTECEDENTES

Según el balance energético realizado por el Instituto Nacional de Energía en el año de 1978, las industrias textil, del papel y la madera, consumen el 15.3% del total de la energía consumida por la industria, y el 20,8% de los derivados del petróleo consumidos por el mismo sector.

Esto significa que consumieron 86.000 TEP de las 388.000 TEP consumidas por la industria en ese año.

Tomando en cuenta las cifras mencionadas anteriormente, en el estudio "Energy Conservation In Ecuadorian Industry", realizado por Jan Jasewicks para el INE en 1981, se hace un análisis sobre el consumo de energía en las principales industrias textiles del país.

En este estudio, se estima que en estas industrias se podría ahorrar entre el 30 al 40% de la energía consumida, encontrándose incluso una industria en la que el potencial de ahorro es del 50%.

Se determinó que la utilización de la energía se la hace de una manera ineficiente y que esto se debe en gran parte a la falta de capital y al bajo nivel empresarial. Además se concluye que grandes ahorros se pueden lograr en la industria textil ecuatoriana sin necesidad de hacer grandes inversiones.

Tales medidas incluyen entre otras:

Una mejora en la eficiencia de secadoras y tinturadoras, con lo que podría disminuirse el consumo de vapor para estas actividades hasta en un 50%.

Esta medida tendría gran importancia, ya que estas actividades son las que mayor vapor consumen en la fábrica y para lo cual tendría que aumentarse el exprimido mecánico, controlar el exceso de secado y evitar el tinturado en tanques abiertos.

También se considera una mejora en la operación de los calderos, utilización de fuentes de calor residual (vapores, aire de secado, agua caliente, etc.), incremento en la recuperación de condensado, eliminación de pérdidas por malos aislamientos, eliminar fugas de aire y vapor, mejorar el factor de carga, ya que fueron encontradas plantas con factores de carga entre 0.48 a 0.82, etc.

Se menciona también, que en ninguna de las empresas que se visitó, se llevan a cabo programas de conservación energética, con el que se lleve un control del uso de la energía y se desarrollen medidas que tiendan a disminuir el consumo energético.

Por último en un estudio presentado por el INE en el año de 1982, se menciona que la industria textil consume aproximadamente 6'500.000 galones de combustible al año de los cuales el 40% es Diesel y el 60% es bunker C.

Adicionalmente, se dice que debido a la gran concentración de la producción, una auditoría energética y un programa de conservación podrían dar muy buenos resultados en corto tiempo, si se centran los esfuerzos en las grandes industrias textiles.

## 1.2 LA INDUSTRIA TEXTIL EN EL ECUADOR

La industria textil es uno de los más grandes y tradicionales sectores de la industria ecuatoriana.

El número de industrias contabilizan cerca del 20% del total de plantas industriales del país y dan trabajo a por lo menos el 20% de la fuerza laboral industrial.

La mayor parte de fábricas textiles están concentradas en las Provincias de Pichincha y Guayas, y se estima que casi el 80% de la producción textil está concentrada en aproximadamente 10 de las más de 200 plantas que constituyen el sector textil.

Los equipos existentes tanto en el sistema lanero como algodonero, tienen en general un grado de modernismo aceptable; sin embargo existen algunas industrias con casi la totalidad de sus equipos obsoletos, que no podrán subsistir en un mercado de competencia

y cuyo equipamiento con modernos equipos sólo sería recomendable en las plantas que exista capacidad empresarial.

El grado aceptable de modernización, se ve afectado en cambio, por el bajo índice de utilización de la capacidad productiva instalada en unas fábricas.

Este bajo índice es más crítico en las secciones de tintorería y acabado y desfavorece a los costos productivos por la baja utilización de costosas instalaciones.

#### 1.2.1 Materia Prima

La materia prima consumida por el sector es lana, algodón y fibras sintéticas.

Hasta el año 1973 la producción de algodón no alcanzó a abastecer el consumo. Desde el año 1974 la producción sobrepasó la demanda, quedando saldos exportables e importándose un tipo de fibra extra larga, que no se produce localmente, y que es esencial para hilos de títulos superiores.

Con el Invierno del año 82 y el Invierno un tanto anormal que se presentó en el año 85, se redujo la producción de algodón, de tal manera que para el año 85 se estima se importarán 180.000 quintales de algodón para suplir las necesidades de la industria textil. De la producción de 40 quintales por Hectárea que se venía obteniendo en los últi

mos años, en el 85 se está produciendo menos del 50%.

La lana consumida es nacional e importada, pero hay que aclarar que la lana local es de baja calidad.

La totalidad de las fibras sintéticas y celulósicas es importada y su uso es creciente, como sucede en todos los países desarrollados y en desarrollo.

En la Figura 1.1 se aprecia el consumo de las diferentes fibras desde el año 1965 a 1974.

#### 1.2.2 Recursos Humanos

Ecuador dispone de mano de obra abundante cuyo costo en salarios es el común para la mayoría de los países en desarrollo del área.

La productividad laboral es muy baja, por lo que la mano de obra utilizada es superior a la necesaria.

Estos bajos rendimientos, son atribuibles a la imperfecta organización y a la falta de capacitación en la supervisión y mano de obra de algunas industrias, ya que sí existen en el país algunas industrias que tienen mayor productividad.

### 1.2.3 Consumo y producción de tejidos

En un estudio presentado por CENDES, se logró determinar - en forma estimativa que para el año 1975 la producción de tejidos fue de aproximadamente 16.751 toneladas.

Para el mismo año las importaciones fueron de aproximadamente 3.418 toneladas.

Es decir, la producción nacional de tejidos abastece en condiciones normales, casi la totalidad del consumo, dejando en el año 75 para las importaciones menos del 10% del consumo.

Con los datos obtenidos para el año 75, se calcula que existió un consumo promedio de 2.8 Kg. por habitante.

Habiendo sido el consumo para el año 65 de 1.77 Kg/habitante, significa que en diez años hubo un incremento del 62%, incremento nada común para este insumo en latinoamérica, que da cuenta del vigoroso crecimiento de la industria textil en la década de los años 70.

En base a las estadísticas hechas entre el año 65 al 75, se determinó en este estudio que para el año 1979, considerando un crecimiento anual acumulativo de 8.3%, el consumo probable sería de 25.100 TM, que equivalen a 3 Kg/habitante.

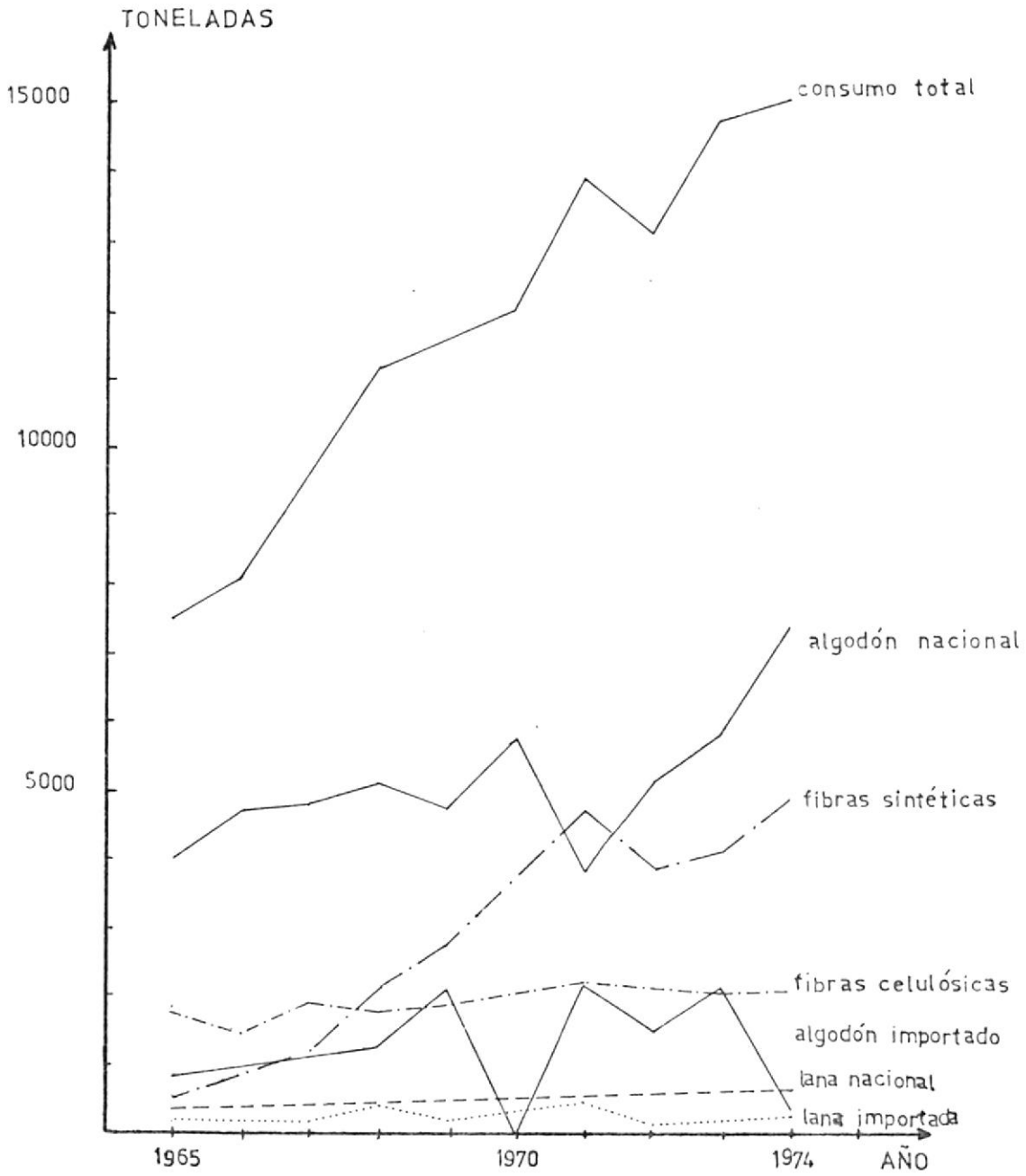


Fig. CONSUMO DE FIBRAS NACIONAL

En los últimos años, debido al gran endeudamiento en dólares que adquirieron ciertas industrias, el sector textil se ha visto afectado en el campo financiero, lo que ha determinado que su producción no se haya incrementado mayormente.

### 1.3 CONCLUSIONES

Conociendo la importancia que tiene la industria textil en el país, tanto como consumidora de gran cantidad de derivados del petróleo, como generadora de fuentes de trabajo. Creemos necesario y justificable un estudio, en el cual se den los lineamientos necesarios para desarrollar un programa de conservación energética, y en el que se haga una auditoría energética a una planta, para que esta a su vez sirva de modelo a la metodología que se debe seguir para llevar a cabo un estudio de este tipo a cualquier planta textil.

Si bien es cierto que anteriormente ya se habían realizado estudios en industrias textiles, en los cuales se mencionan las posibilidades de conservación energética, en ninguno de ellos se tomaron datos para evaluar y determinar exactamente cuánta energía se puede ahorrar con cada medida y concluir cuáles son las medidas prioritarias para aumentar la eficiencia energética de la industria analizada.

CAPITULO II  
PROCESOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL

2.1 CARACTERISTICAS GENERALES

La producción textil ocurre en un conjunto de procesos que transforman las materias primas (fibras naturales o sintéticas) en productos textiles tales como: hilos, telas o mallas.

Para la producción del hilo se desarrollan una serie de operaciones como: limpieza, paralelización, estirados, tensión de fibras.

Es común que los hilos obtenidos sean retorcidos en mezcladoras con hilos de otra calidad para obtener hilos más gruesos y con características especiales.

Entre los equipos que se usan para las operaciones mencionadas tenemos mezcladoras, peñadoras, cardas, husadoras, hiladoras, re-torcedoras, etc.

Los productos obtenidos en la sección de hilandería pueden ser - destinados directamente a la sección de tejeduría, o a la sección de beneficiamiento textil.

En la sección de tejeduría se procesa el hilo para obtener el tejido. Hablaremos del tejido de punto por ser este el más común - en nuestro medio.

Se denomina así a los tejidos que se caracterizan por la posición curvilínea de los hilos que los constituyen. Existen dos grupos de tejidos de punto: tejidos por trama y tejidos por urdimbre. Para hacer los primeros se emplea al mismo tiempo sólo un hilo - que se teje siempre sobre sí mismo. Los segundos se hacen em - pleando una serie de hilos paralelos que se entrelazan entre sí.

Las máquinas tejedoras o telares están provistas de agujas que ha cen pasar los hilos a través de las mallas anteriormente tejidas. Las primeras máquinas que se inventaron fueron los telares rectilíneos, que sólo producían tejidos planos.

Los telares circulares hacen pasar el hilo sólo por un pequeño nú mero de agujas al mismo tiempo y la malla queda inmediatamente - formada sobre dichas agujas. En los telares rectilíneos se mueve el hilo de un lado a otro.

Los hilos de urdimbre, debido a que en el proceso de tejeduría - son sometidos a rigurosos esfuerzos mecánicos en los telares, necesitan de un tratamiento que los envuelvan con finas películas - de goma, de modo que los proteja de la fricción.

En las secciones de hilandería y tejeduría como podemos deducir , el mayor consumo energético es del tipo eléctrico. Puede haber - consumo de energía térmica como vapor para el acondicionamiento - ambiental y en las operaciones de engomado de hilos de urdimbre.

Los productos elaborados en las secciones de hilandería y tejeduría deben ser tratados en un conjunto de procesos para que puedan cumplir con las especificaciones necesarias, según el uso que se les vaya a dar.

Por ejemplo, un tejido destinado a prendas de vestir debe ser tratado para eliminar las impurezas naturales o las que se produzcan en los procesos de hilandería y tejeduría. Además ciertos tratamientos deben hacerse para que el tejido adquiriera características agradables a los sentidos de la visión y el tacto (color, brillo, suavidad, etc.). También el tejido debe adquirir ciertas propiedades que faciliten el mantenimiento y alarguen la vida del mismo (resistencia a la formación de arrugas, repelencia a las manchas, flexibilidad para mantener dimensiones originales).

Otros tejidos, tendrán que tener características de impermeabilización, resistencia a la propagación de llamas, etc.

La gran mayoría de las operaciones realizadas para obtener las características mencionadas anteriormente, aparte del consumo de energía eléctrica consumen grandes cantidades de energía calórica, provenientes de la quema de combustibles.

Por lo general el mayor consumo energético proviene de estas secciones que necesitan calor, y es por esto que daremos importancia a los procesos que en ellas se realizan.

## 2.2 ENGOMADO DE HILOS

El engomado es una operación que se efectúa a los hilos de urdimbre para aumentar su resistencia a los esfuerzos mecánicos a que son sometidos en la sección de tejeduría mediante la adición de gomas a las superficies interiores de los hilos.

Este proceso se aplica normalmente a fibras celulósicas naturales o regeneradores y a mezclas de fibras sintéticas con celulósicas.

En la Fig. 2.1 se aprecia el esquema de una engomadora con cubos de impregnación.

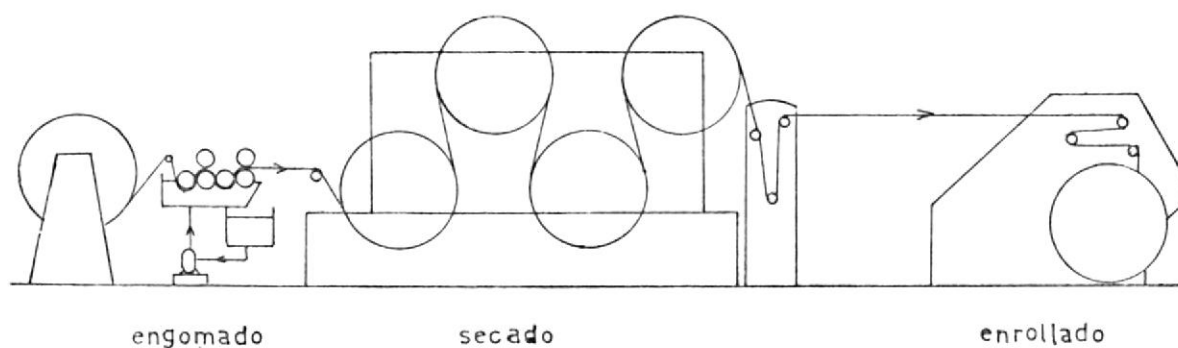


Fig. 2.1 ESQUEMA DE UNA ENGOMADORA



BIBLIOTECA

El engomado de hilos consume energía en forma de calor en las siguientes operaciones:

- Para la preparación de las gomas, principalmente las de amidos, se consume vapor en las autoclaves donde se coce la goma hasta el punto de ebullición, antes de ser aplicada a los hilos.
- En los cubos de impregnación, para mantener la temperatura de la goma.
- En los cilindros secadores, donde se evapora el agua contenida en la goma y el hilo.

Para reducir el consumo energético en los anteriores procesos existen algunas alternativas que mencionamos a continuación y un estudio más detallado se hará en capítulos posteriores.

En los cubos de impregnación puede reducirse el consumo energético, utilizando gomas aplicables en frío, eliminando de esta manera el calor necesario para mantener la temperatura de los cubos.

También pueden utilizarse gomas que requieran menor cantidad de agua (sistema de engomado por espuma), lográndose así una disminución del consumo de vapor tanto en los cubos de impregnación como en el secado.

Cantidades insospechables de energía se pueden ahorrar, cubriendo

los cubos de impregnación, dejando pequeñas aberturas para la entrada y salida de los hilos.

Otra alternativa sería la utilización de cilindros exprimidores - que operen a altas presiones, para disminuir la humedad de la tela antes de que entren a los cilindros secadores.

### 2.3 PROCESOS PRIMARIOS

Los procesos de beneficiamiento primarios tienen por objeto la - eliminación de impurezas e imperfecciones de los materiales textiles a través de operaciones de desengomado, chamuscado, navajado, cocimiento y blanqueamiento o mejorar sus propiedades mediante - el mercerizado o termofijado, con el objeto de preparar los materiales para los procesos de teñido, estampado y acabado final.

Los procesos pueden ser contínuos, discontínuos o semicontínuos.

Los procesos contínuos son aplicados secuencialmente y de un modo contínuo en una línea de equipos sincronizados.

Los procesos discontínuos son aplicados a cantidades definidas - de material, en períodos determinados de tiempo, siendo cada operación realizada en una única máquina. En general estos procesos trabajan con relaciones de baño mayores que los procesos contí-nuos.

Los procesos semicontínuos son aquellos en que los materiales textiles son impregnados con los reactivos necesarios de un modo contínuo y luego son almacenados en cámaras o recipientes adecuados durante el tiempo necesario para completar las reacciones de los productos químicos aplicados. Después el material es lavado, frecuentemente en equipos contínuos y dirigido a otros tratamientos.

A continuación se describirán las principales características, los insumos utilizados, las temperaturas de operación, los campos de aplicación de los principales procesos primarios.

### Termofijado

El termofijado es un tratamiento térmico aplicado a hilos, tejidos y mallas que contienen fibras sintéticas, y tiene como objetivo dar una estabilidad dimensional, fijar los pigmentos y demás sustancias orgánicas en los materiales textiles.

El termofijado puede ser aplicado según el proceso, antes de los procesos de beneficiamiento (termofijado previo) o después de los procesos de beneficiamiento (termofijado posterior).

El termofijado puede ser realizado por 3 procesos diferentes: termofijado a seco, hidrofijado y por vaporización.

El termofijado en seco es efectuado con aire que es calentado en intercambiadores de calor por vapor o aceite térmico. En este proceso puede ocurrir el control de las dimensiones del material mediante un control de las tensiones a que es sometido el tejido

durante el termofijado. En el caso de tejidos y mallas, un termofijado con control dimensional es efectuado en "ramas" con pinzas o agujas.

El hidrofijado, es realizado con agua caliente y es usado en ciertos tipos de hilos, mallas y tejidos texturizados y para la obtención del efecto "High Bulk" en hilos de acrílico.

La vaporización es una fijación por medio de vapor. Se utiliza para estabilizar las dimensiones de los materiales textiles y para mejorar sus cualidades táctiles.

En el caso de fibras acrílicas, la vaporización es efectuada en reactores especiales para la obtención del efecto "High Bulk" ; en tejidos de malla la vaporización es hecha en prensas o en moldes con inyección de vapor.

En el proceso de termofijado, es posible ahorrar energía utilizando una dosis correcta de aire caliente, recuperando al aire caliente y recuperando el condensado.

### Cocimiento

El proceso de cocimiento se utiliza para eliminar las cáscaras, materias pécticas, ceras, grasas, aceites presentes en los materiales textiles.

Este proceso se aplica a hilos y tejidos de fibras celulósicas y sus mezclas con fibras sintéticas.

Para la eliminación de las impurezas se usan la emulsificación, vaporización y disolución.

La emulsificación consiste en dispersar los aceites en agua con ayuda de productos tenso-activos.

Con la vaporización se transforman los ésteres de ácidos grasos en jabones solubles, mediante la reacción con bases de metales alcalinos (hidróxido de sodio).

En la disolución, se disuelven las materias solubles con agua caliente.

Los materiales utilizados según las fibras y las temperaturas de operación se resumen en el siguiente cuadro.

FIBRAS	MATERIALES	TEMPERATURA
Celulósicas naturales	Hidróxido de Sodio, detergente.	100 a 120°C
Sintéticas	Carbonato de Sodio o Fosfato trisódico, detergente.	60 a 70°C
Acetato de celulosa y lana.	Hidróxido de Amonia, detergente.	60°C

El consumo de energía en este proceso es: vapor como energía calórica y electricidad.

### Chamuscado

Este proceso consiste en pasar el tejido por encima de llamas, utilizando rodillos y tiene como fin eliminar las fibras sobresalientes, para obtener una superficie lisa mejorando así su tacto y apariencia, a la vez que se disminuye la formación de "Pilling". Para evitar que el chamuscado sea excesivo, se enfrían los quemadores y se extraen los gases de combustión, al tiempo que se desplaza el tejido a una velocidad adecuada.

El chamuscado es aplicado a hilos y tejidos de fibras celulósicas, poliéster y sus combinaciones.

La energía consumida en este proceso es en forma de gas y electricidad.

Se puede obtener ahorros de energía adaptando dispositivos de regulación en los quemadores en función del tamaño de los tejidos.

### Blanqueado

El blanqueado es un tratamiento químico empleado para destruir las coloraciones de los materiales textiles de modo de prepararlos para los procesos de tinturado y estampado.

Este proceso es aplicado a los materiales textiles de todos los orígenes, ya sea a hilos, mallas o tejidos.

Existen dos tipos de blanqueamiento: por oxidación y por reducción.

Por oxidación se realiza con oxidantes cloratos (hipoclorito de sodio a 20°- 25°C o clorito de sodio a 90-110°C) o con peróxido de hidrógeno a 40°- 110°C.

Por reducción se realiza con: hidrosulfato de sodio, formal deido sulfoxilato de sodio o bisulfato de sodio.

La forma de energía consumida es de electricidad y vapor.

### Navajado

El objeto de este proceso es de cortar las puntas de las fibras protuberantes en la superficie de los tejidos, dando mayor homogeneidad al material textil e impidiendo la formación de defectos - en los procesos subsecuentes.

El navajado es aplicado a tejidos de fibras celulósicas (algodón), lana y mezclas de poliéster-algodón y poliéster-lana.

El equipo de navajado está compuesto de un conjunto de escobas - que levantan las fibras ocultas y un cilindro con láminas dispuestas en forma helicoidal que giran en sentido opuesto al sentido - de paso del tejido.

El consumo de energía en este proceso es de electricidad.

### Desengomado

Mediante este proceso se eliminan las gomas aplicadas durante las operaciones de preparación de los hilos de urdimbre para tejeduría.

Para la extracción de gomas derivadas de amido se utilizan tres métodos de desengomado:

La extracción enzimática, que consiste en aplicación de amilos y tensoactivos a 25-70°C.

Por hidrólisis ácida, se aplican ácidos minerales a 20-50°C.

La extracción por oxidación puede ser hecha simultáneamente con el blanqueado utilizando peróxido de hidrógeno, hipoclorito de sodio o clorito de sodio.

Para la extracción de gomas hidrosolubles, el desengomado se hace lavando con agua ebullendo, utilizando productos tenso activos.

### Mercerizado

El mercerizado es un tratamiento físico-químico en el cual el material es impregnado, bajo tensión, con soluciones alcalinas en condiciones de temperatura y concentración rigurosamente controlados, con el objeto de aumentar el brillo, la absorción de agua, la absorción de colorantes, mejorar la resistencia a la tracción, mejorar la estabilidad dimensional.

El mercerizado es aplicado a hilos y tejidos de fibras celulósicas, principalmente algodón. La forma de energía consumida es la eléctrica y el vapor.

## 2.4 TENIDO, ESTAMPADO Y ACABADO

### 2.4.1 Procesos de teñido

Son los procesos mediante los cuales se da coloración a los productos textiles de una forma homogénea. El teñido ocurre en tres etapas de naturaleza física-química: migración, absorción y difusión-fijación del colorante.

En la primera etapa el colorante migra del medio en el que se encuentra diluido en dirección a la superficie de la fibra. Una vez que entra en contacto el colorante con las fibras, empieza a ocurrir una absorción por las capas superficiales del substrato textil. Luego de ser absorbido el colorante, se difunde al interior de la fibra, fijándose en ella por medio de ligaciones salinas, puentes de hidrógeno, fuerzas de Van Der Weels o ligaciones covalentes, dependiendo de la naturaleza del material y del colorante.

Los procesos de teñido pueden ser discontinuos o por agotamiento del baño, semicontínuos o contínuos.

#### Procesos Discontínuos

En estos, se procesan cantidades definidas de material y se caracterizan por relaciones de baño entre 1:1 a 1:50.

Los equipos más utilizados en los procesos discontinuos, se describen a continuación.



### Jigger

Los Jigger pueden ser del tipo abierto o tapado. Tiene como principio básico la circulación del tejido y trabaja con relaciones de baño entre 1:1 a 1:5, con temperaturas operacionales máximas de  $98^{\circ}\text{C}$  (Fig. 2.2).

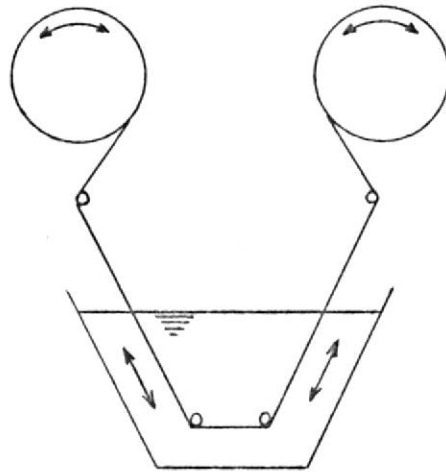


Fig. 2.2 ESQUEMA DE UN JIGGER

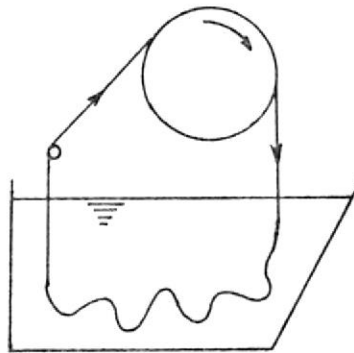


Fig. 2.3 ESQUEMA DE UNA BARCA

### Barca

Trabaja con tejidos en cuerdas y puede ser abierta o cerrada. La relación de baño varía entre 1:10 a 1:50 y la temperatura operacional máxima es de 98°C. (Fig.2.3).

### Turbostato

Puede ser vertical (para hilos en bobinas) u horizontal para tejidos. Estos equipos trabajan a presión y a altas temperaturas, donde el material textil permanece estacionario y el baño circula. Trabaja con relaciones de baño que varían entre 1:5 a 1:12 (Fig. 2.4).

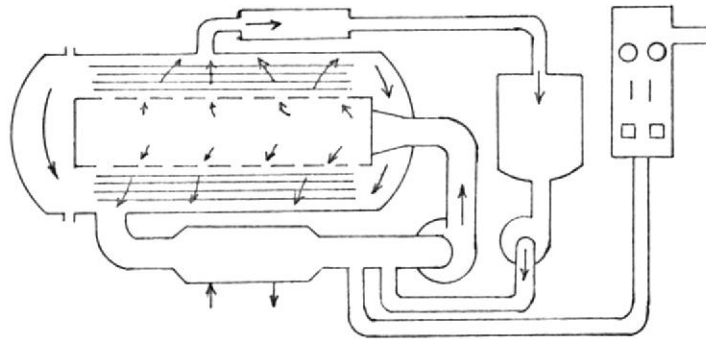


Fig. 2.4 ESQUEMA DE UN TURBOSTATO HORIZONTAL

### Jet

Generalmente trabaja a presión y es utilizado con tejidos en cuerda. Tienen como principio de operación la circula

ción tanto del material como del baño. La relación de baño varía entre 1:5 a 1:10 y la temperatura operacional puede alcanzar los  $130^{\circ}\text{C}$  (Fig. 2.5).

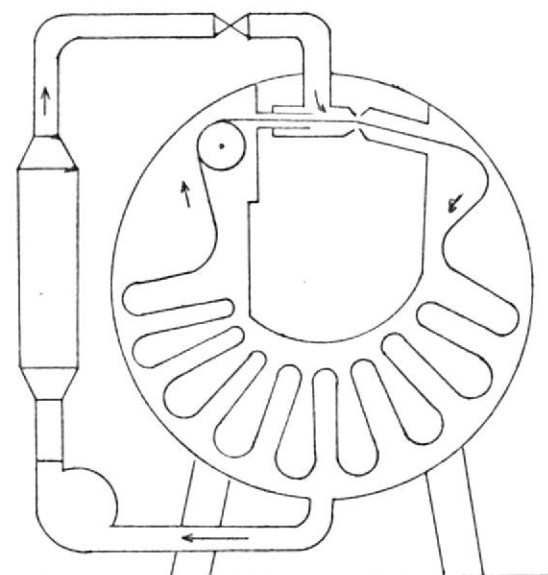


Fig. 2.5 ESQUEMA DE UN "JET"

### Armario

Es un equipo específico para hilos en madeja, pudiendo trabajar con o sin presión. La relación de baño varía entre 1:10 a 1:30 y tiene como principio de operación la circulación del baño. (Fig. 2.6).

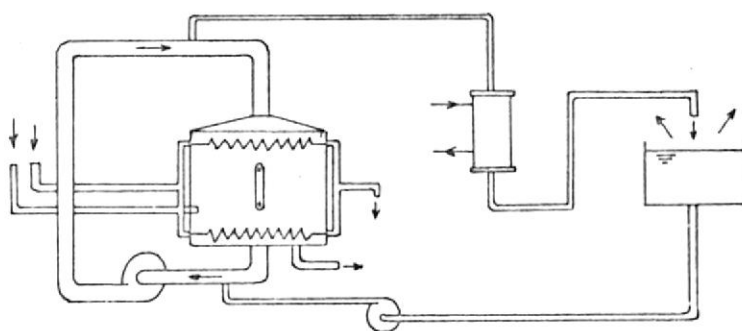


Fig. 2.6 ESQUEMA DE UN ARMARIO

### Procesos Continuos

Son procesos aplicados secuencialmente y de un modo continuo a un flujo de productos, a través de baños cortos y renovables, para luego ser exprimidos y fijados. Estos procesos son más indicados para grandes cantidades de material, teniendo como principal ventaja la alta productividad y como desventaja el alto costo de inversión.

Los tipos de procesos continuos son el "Pad Dry", en el cual se fija el calor en cámaras de aire caliente y el "Pad Steam" donde se realiza la fijación en cámaras de vapor.

#### 2.4.2 Procesos de Estampado

En los procesos de estampado se aplican colorantes en áreas definidas de los tejidos mediante matrices cilíndricas o planas.

En términos generales el estampado comprende las siguientes etapas: impresión, secado, fijación del color y lavado.

La impresión puede realizarse manualmente con cuadros de telas gravadas o mecánicamente en máquinas estampadoras que pueden utilizar como matrices cuadros planos macizos de metal o cilindros metálicos perforados. En esta etapa del proceso, solamente se consume energía eléctrica.

El secado tanto en el proceso manual como mecánico es realizado por aire caliente, que es calentado en intercambiadores de calor ya sea por vapor o por aceite térmico.

La fijación puede ser hecha con aire caliente o con vapor, dependiendo del material colorante aplicado. La gran mayoría de los colorantes exige fijación por vaporización; los colorantes reactivos y pigmentos pueden ser fijados por termi-fijado con aire caliente.

El lavado después del fijado es necesario para remover los productos auxiliares del estampado que son fijados como los espesantes hidrosolubles, disolventes, sales, bases, etc. En el estampado con pigmentos, el lavado no es necesario ya que los componentes no fijados en el tejido, son volatilizados durante el calentamiento.

#### 2.4.3 Procesos de acabado

Los procesos de acabado son de naturaleza física-química y tienen como objeto dotar al material textil de propiedades íntimamente relacionadas al uso que se les va a dar.

Los procesos de acabado más importantes son los siguientes:

- Sanforizado: es aplicado generalmente a tejidos de algodón, que tienden a encoger cuando sus tensiones laterales se relajan durante un lavado.

El sanforizado comprende una humidificación del tejido, un ajuste de sus dimensiones (en una rama), encogimiento en una unidad de compresión y secado.

- Alizamiento
- Calandrado: En este proceso se somete al tejido a la acción de presión y calor entre cilindros rígidos, con el objeto de aumentar el brillo.
- Hidrofugación: convierte al tejido repelente al agua.
- Impermeabilización
- Tratamientos anti-moho
- Tratamientos anti-estáticos.

## 2.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO ENERGETICO

A continuación se presentan algunos de los factores que influyen en el consumo de energía.

### Tiempos muertos de equipos

La no utilización de los equipos por causa de paradas en el flujo de producción para cargar y descargar material, para regulaciones de la maquinaria cuando ocurren modificaciones del proceso, para mantenimiento de equipos, o por falta de material a ser procesado debido a una mala articulación entre los sectores de la -

industria o entre máquinas, implica una disminución de la eficiencia del uso energético. Desde el punto de vista energético, tener tiempos muertos en equipos, significa tener líneas de vapor y aceite térmico en circulación sin aprovechamiento productivo; tener equipos con grandes áreas de intercambio de calor a altas temperaturas sin aprovechamiento productivo; tener equipos que se enfrían y calientan alternativamente, etc.

Todo esto lleva a un mayor número de transitorios y hace más difícil encontrar la opción más racional para el uso de los equipos.

La Tabla 2.1 compara el consumo de vapor entre equipos que trabajan sin interrupciones, con equipos que producen un 80% del tiempo que se mantienen prendidos.

<u>EQUIPO</u>	<u>Kg. de Vapor/Kg. tejido PROCESO SIN INTERRUPCIONES</u>	<u>PROCESO FACTOR CARGA 80%</u>
Jigger	1.5	1.58
Cilindros secadores	1.45	1.55
Secadora	1.0 a 2.5	4.0
Rama: termofijado	1.6	1.75

TABLA 2.1 INFLUENCIA DE LA TASA DE UTILIZACION EN EL CONSUMO DE ENERGIA

Por lo indicado anteriormente es importante que se tengan elementos indicativos sobre la influencia de los tiempos muertos en el consumo específico de energía, para lo cual es necesario estudiar mes a mes las curvas de producción y consumo de las fábricas.

#### Consumo específico de agua

La industria textil es gran consumidora de agua. Aproximadamente el 69% del consumo, se utiliza en el proceso de fabricación. Se pierde el 6%, utilizándose el 25% restante de la siguiente forma: suministro de energía, 15%; agua para beber 9% y diversos, 1%.

Las necesidades de agua varían ampliamente en las diferentes secciones de la industria textil, siendo utilizada principalmente en los procesos de lavado, blanqueado, teñido, etc.

En la Tabla 2.2 se aprecia la amplitud de la unidad de consumo de agua en varias operaciones.

Como la mayoría de las veces el agua es utilizada caliente, cuanto mayor es su consumo, mayor será el consumo de combustible.

Es por esto que debe establecerse el consumo específico de agua de cada planta (si es posible, de cada sección); para compararlo con los estándares y en caso que sea elevado, deben tomarse iniciativas para reducir el consumo de agua.

#### Procesos y Equipos

La industria textil es bastante compleja en cuanto a la variedad

	Consumo de agua	Observaciones
<i>Industria del algodón</i>		
Blanqueado del hilo	110-220 Litro/kg.	Depende del método
Blanqueado de las telas	1.500-3.700 lt./100	Depende del método
Mercerizado	700-1.500 lt/100	Depende del método
<i>Teñido de las telas:</i>		
procedimiento continuo	1.200-1.250 lt/100	Depende del método y de los tintes utilizados.
procedimiento periódico	1.200-5.000 lt/100	
Lavado después del Estampado.	1.500-2.500 lt/100	
En general	50 litro/m	Por 1 metro lineal de tela.
<i>Industria del rayón y de la seda.</i>		
Teñido del hilo	240 litro/Kg.	
Blanqueado de las telas	275 litro/Kg.	
Teñido de las telas en máquinas con aspadera	175 litro/Kg.	
Teñido en cubas	1.000 lt/100 m	
Blanqueado en cubas	1.250 lt/100 m	
En general	60-70 litro/m	Por 1 metro lineal de tela.

Tabla 2.2 CONSUMO DE AGUA EN DISTINTOS PROCESOS DE LA INDUSTRIA TEXTIL

de equipos, productos, procesos y sus diferentes combinaciones, por lo que muchos factores influyen en el consumo de energía, tales como: la relación de baños de los equipos, el tipo de colorantes, la tasa de exprimido, el secado, la eficiencia en la producción de calor, etc.

No se puede decir de una manera general cuáles son los procedimientos y equipos más adecuados, porque por ejemplo, los equipos adecuados para una instalación dada, pueden no serlo para otra. Por lo tanto un análisis de los procesos, procedimientos y equipos utilizados, debe ser hecho caso a caso, considerando las características específicas de cada instalación.

En los Capítulos IV y V se analiza cómo influyen en el consumo energético ciertos factores relacionados a los equipos y procesos de la industria textil.

CAPITULO III  
FORMACION DE UN PROGRAMA DE CONSERVACION ENERGETICA

En la industria existen muchas oportunidades de conservar energía. Por la variedad de los procesos y factores que influyen en el consumo energético, cada fábrica debe identificar estos factores y tomar medidas - para conservar la energía tomando en cuenta las características de la planta.

Sin embargo en nuestras fábricas, el número de técnicos no es el suficiente, como para que dediquen el tiempo necesario a las labores energéticas. Además no se puede limitar a simples medidas de conservación, sino que deben analizarse todos los factores que influyen en el consumo energético.

Por lo tanto es indudable la necesidad de una sistematización de trabajo de conservación de energía para mejorar la eficiencia de la planta. Esta sistematización se logra con la elaboración de un programa de conservación de energía, que si bien es cierto debe ser específico para - cada planta, la experiencia ha demostrado que todo programa se lleva - bajo ciertos lineamientos generales que son:

- la conformación de un equipo de trabajo
- auditoría energética
- identificación de medidas



- análisis económicos
- ejecución de medidas factibles
- continuidad del programa

### 3.1 CONFORMACION DE UN EQUIPO DE TRABAJO

Este equipo de trabajo tendrá las funciones de planificar, poner en práctica y velar por la continuidad del programa de conservación energética y estará formado por un coordinador y representantes de todos los sectores o áreas de la planta que consumen energía.

Es importante que todos los miembros del grupo sean capacitados en la labor energética y a la vez éstos capaciten y motiven al personal de la planta para aumentar el empeño de éstos en esta área.

### 3.2 AUDITORIA ENERGETICA

La auditoría energética de una planta, es talvés la etapa más importante de un programa de conservación de energía y su objetivo es el de determinar cómo, dónde, cuándo y cuánta energía se emplea en la planta ayudando a establecer el potencial de ahorro y a desarrollar estrategias para eliminar las pérdidas de energía.

Dentro de una auditoría energética hay varias etapas que se deben seguir y son:

1. Desarrollo de una auditoría energética preliminar AEP
2. Desarrollo de un plan de acción y selección de alcances de la auditoría detallada.
3. Desarrollo de una auditoría energética detallada AED

### 3.2.1 Auditoría energética preliminar

La auditoría preliminar consiste en acumular y analizar datos que están disponibles sin necesidad de hacer mediciones con instrumentos sofisticados.

La auditoría preliminar se hace en un período corto de tiempo, durante el cual se debe coger toda la información disponible que permita un rápido diagnóstico de la situación energética de la planta y la identificación de fuentes obvias de energía residual.

La AEP generalmente consta de las siguientes etapas:

- organización de los recursos
- identificar datos requeridos
- colección de datos
- análisis de datos: desarrollo de base de datos y la evaluación de la misma.

Antes de empezar una auditoría preliminar deben conocerse qué datos se necesitan para desarrollar un plan de acción, y en general la información que se debe obtener es la si-

guiente:

- condiciones generales de la planta
- consumo de todos los tipos de energía y sus costos
- horarios de trabajo
- datos de producción
- productos o función de la fábrica
- propiedades físicas de la planta
- localización
- equipos consumidores de energía
- flujos de material y energía
- mayores departamentos funcionales
- propiedades físicas de materiales y energía que entran y salen.
- condiciones de operación de cualquier sistema (tiempo de operación, temperatura, presión, tiempo de servicio, etc.).
- metas de operación

Una vez obtenida toda la información en la auditoría preliminar, ésta debe ser ordenada para ser analizada.

La etapa de análisis de datos incluye el desarrollo de una base de datos y la evaluación de la misma.

La base de datos es usada a lo largo de todo el programa y debe ser lo más completa y exacta posible, aunque continuamente es mejorada a medida que el programa continúa.

A continuación deben evaluarse los datos colectados de tal manera que se puedan dar conclusiones y recomendaciones para mejorar la eficiencia energética.

En cuanto al uso de la energía, se pueden determinar las cantidades relativas de energía utilizada y sus costos relativos (porcentajes) durante el período de la base de datos.

Los índices pueden ser usados para determinar la eficiencia energética de las operaciones y de la planta y por lo tanto el potencial de conservación de energía.

Pueden usarse índices globales de la planta o índices para ciertas maquinarias o procesos, aunque es común que en esta etapa del programa con la información obtenida tan sólo se puedan determinar los índices globales de la planta.

Al evaluar los índices de consumo energético, la presencia de variaciones grandes del valor medio pueden representar oportunidades de mejorar el consumo.

Estas desviaciones no necesariamente están relacionadas a las condiciones de operación. Si suficiente información -

es disponible, el auditor debe ser capaz de identificar - las razones para esta variación.

Potenciales de ahorro exactos no son posibles de dar en es ta etapa del programa, pero dependiendo de la experiencia del auditor, se pueden dar potenciales de ahorros en oportu- nidades típicas.

Usualmente la AEP debe permitir identificar potenciales de ahorro entre el 5 y el 10% del consumo total para una fá - brica pobremente mantenida.

Si no es posible estimar los potenciales de ahorro, debe - hacerse una lista de las oportunidades de ahorro que requ erirán un estudio detallado en la auditoría detallada.

### 3.2.2 Desarrollo de un plan de acción y selección de alcances de la auditoría detallada.

En base a la auditoría preliminar debe desarrollarse un - plan de acción que debe tomar en cuenta los siguientes as- pectos:

- La administración de los asuntos relacionados con la - energía dentro de la fábrica.
- Las condiciones de monitoreo y reporte
- Relaciones con los representantes de la fábrica

- La disponibilidad de recursos para implementar el plan de acción como: dinero y personal interno o externo.

El plan de acción debe incluir por lo menos:

- Oportunidades de conservación para inmediata implementación.
- Proyectos para futuro estudio
- Recomendaciones para auditoría detallada (AED)

### 3.2.3 Desarrollo de la auditoría energética detallada

La Auditoría Energética Detallada es el trabajo de campo - en el cual se utilizan instrumentos sofisticados para determinar los flujos de energía en el proceso y en general consiste en realizar dos tipos de trabajo:

1. Realizar las pruebas en equipos seleccionados para evaluar su eficiencia; como:
  - Pruebas de combustión de calderos y de otros equipos.
  - Medidas de T y flujos de aire en secadores y unidades manejadores de aire.
  - Examinación de las líneas de distribución de vapor y condiciones de operación de las trampas de vapor.
  - Verificación de flujos apropiados en sistemas manejadores de fluidos para determinar rendimientos de las bombas.

- Determinación del factor de potencia en las líneas de distribución y en equipos principales.
- Pruebas de procesos para determinar si las operaciones se están realizando dentro de las especificaciones.
- Examinación de las líneas de distribución de aire comprimido.

Y en general, pruebas necesarias que se hayan establecido previamente en el plan de acción de la auditoría preliminar.

Las pruebas deben realizarse sistemáticamente, siguiendo los procedimientos preparados en el plan de acción, que para muchos equipos están normalizados.

Sin embargo, no siempre es posible realizar mediciones directas y en estos casos será necesario recurrir a balances de masas y energía o en otras ocasiones, ciertos datos de placa, especificaciones y características de los equipos son suficientes para estimar, con suficiente exactitud, el flujo energético del equipo.

2. Encontrar los datos que permitan evaluar todos los aspectos energéticos dentro de la fábrica, para lo cual se realizará nuevamente entrevistas, examinarán los re co rd s, se observarán las condiciones de operación.

### 3.3 IDENTIFICACION DE MEDIDAS

Una vez realizada la auditoría energética, debemos identificar las oportunidades de conservación de energía que podemos clasificarlas en dos categorías:

- Medidas de ejecución inmediata
- Medidas que requieren inversiones considerables

Las medidas de ejecución inmediata son aquellas que no requieren inversión de capital o en todo caso aquellas en que la inversión no es considerable, de tal manera que su amortización es a corto plazo (1 ó 2 años).

Estas medidas de modo general corresponden a:

- Reducción de consumos innecesarios de energía
- Mejoras en la rutina de operación y mantenimiento de equipos y procesos.
- Ejecución de pequeños proyectos y pequeñas modificaciones en las instalaciones.

Las medidas que requieren considerables inversiones de capital - por lo general producen mayores ahorros de energía pero aparte de la inversión se requiere un trabajo de ingeniería más grande, pudiendo incluso alterar el propio proceso productivo.

Tales medidas corresponden generalmente a:

- Recuperación de calor
- Cambio a procesos o equipos de mayor eficiencia energética

Las oportunidades de conservación energética, las veremos en los próximos capítulos donde estudiaremos las técnicas para reducir el consumo energético. Para evaluar la factibilidad de estas medidas debemos evaluar los datos obtenidos en la auditoría energética para determinar:

- Los ahorros de energía y dinero obtenidos con cada alternativa.
- Establecer los costos iniciales y de operación de todas las alternativas.

La mejor manera de expresar los ahorros, es establecer la diferencia de consumo entre las condiciones iniciales y las condiciones que estimamos existan después de haber implementado la técnica de conservación, con esto y sabiendo los precios locales de energía podemos determinar los ahorros de dinero.

Para establecer los costos de inversión lo único que tenemos que saber es los nombres de representantes locales de fabricantes de equipos, y estar en contacto y conocer a personas especializadas en ciertos trabajos como: instaladores de aislamientos, técnicos en montajes de maquinaria, etc.

La conclusión final de las prioridades en los diferentes proyectos depende de: los análisis económicos, disponibilidad de recur

sos internos y externos, técnicos y humanos, capacidad de inversión, perspectiva de expansión, experiencia acumulada, restricciones legales y otras.

Sin embargo es recomendable siempre empezar por los proyectos más simples, no sólo por el problema de costos, sino también por la posibilidad de probar la estructura y método del programa, permitiendo así un perfeccionamiento para experiencias posteriores.

### 3.4 ANALISIS ECONOMICOS

La sofisticación del análisis económico, debe aumentar con el costo inicial de la medida examinada.

El análisis de las medidas de mediano y alto costo debe tomar en cuenta los siguientes factores: intereses, actualización de flujo de caja, depreciación, incremento del precio de la energía y otros insumos, impuestos, incentivos arancelarios y tributarios, monto del capital requerido y su financiamiento.

Para analizar medidas de bajo costo, considerándose éstas las que podrían amortizarse en 1 ó 2 años, es suficiente aplicar análisis más simples.

#### 3.4.1 Técnicas de análisis para medidas de bajo costo. Período de repago. (P).

En este análisis vamos a ignorar los costos de interés y los ahorros de energía, más allá del período de repago, lo

cual es aceptable si dicho período es corto (menor a dos - años).

A = costo inicial para poner en práctica la medida (incluído instalación).

B = costo (anual) de operación de las mismas

C = ahorro (anual) en energía estimado

P = período de repago

$$P = \frac{A}{C-B}$$

Retorno de la inversión (R)

Este índice lo definimos como:

$$R(\%) = 100 \frac{(C-B) - \text{depreciación}}{A}$$

La depreciación representa la pérdida de valor de los equipos a instalar, y se puede calcular dividiendo su costo inicial por la vida útil.

### 3.4.2 Técnicas de análisis para medidas de mediano y alto costo

Como se mencionó anteriormente, para hacer un análisis económico más exacto, debemos tener en cuenta los intereses, formas de amortización, variación de precios de energía e insumos, valor temporal del dinero, etc.

En el Anexo A se explican ciertos conceptos financieros como: interés compuesto, valor temporal del dinero y amortización.

A continuación se discutirán varias técnicas de análisis - económicos:

### Análisis beneficio/costo

El análisis beneficio costo puede ser utilizado para decidir si una inversión de capital es económicamente justificada, o puede servir de base para escoger entre varias alternativas.

Primero, todos los beneficios y costos se reducen a valores monetarios y la relación de beneficio a costo es tomada.

Si la relación es más grande que la unidad, el proyecto - puede ser económicamente justificable y debe ser más completamente examinado.

El beneficio es igual a  $C-B$  (los ahorros anuales menos los costos anuales de operación y mantenimiento).

El costo anual será el costo de amortización igual a  $FxV$  donde  $F$  es el factor de recuperación de capital y  $V$  el capital de inversión.

### Análisis del valor presente

Esta técnica contabiliza todos los ahorros y costos, expresados en valor descontado, que origine la medida analizada durante su vida útil.

A los ahorros se asigna un valor positivo y a los costos, incluida la inversión inicial, uno negativo.

La contabilización es una suma algebraica cuyo valor se denomina valor presente. Este debe ser siempre positivo, lo cual significará un beneficio final.

$$\sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t} - C = \text{Valor presente}$$

Lo dicho anteriormente se puede expresar de una manera más sencilla con la siguiente expresión:

$$\bar{B}.a_n - C \geq 0$$

donde  $\bar{B}$  es el beneficio anual promedio, tomando en cuenta el valor promedio estimado de los combustibles durante la vida útil del equipo, y  $C$  es la inversión inicial.

El análisis debe incluir en lo posible previsiones sobre elevación de precios de energía y otros insumos, así como impuestos e incentivos fiscales, si los hubiere.



### Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es aquella que aplicada a los ahorros y gastos producidos por la medida durante su vida útil, conduce a un ingreso neto (en valor descontado) igual a la inversión inicial.

$$\text{Inversión} = \sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t}$$

El valor de  $r$  para el cual se cumpla la igualdad es la TIR.

La TIR se determina por iteración, por lo que a veces se usan programas de computadora para obtener resultados rápidos y confiables. Mientras mayor sea la TIR, mejor es el uso de la inversión inicial.

#### 3.4.3 Evaluación de riesgo

La incertidumbre de acontecimientos futuros, hace que ciertas medidas se vuelvan contraproducentes y la evaluación del riesgo consiste en determinar el efecto de variaciones supuestas en los cálculos de rentabilidad.

Se pueden analizar los efectos con la variación de: precios, de la energía, de los ahorros estimados, en la tasa de descuento, en el factor de carga de la instalación propuesta.

#### Análisis de sensibilidad

Este análisis evalúa cuan sensible son el valor presente y

la tasa interna de retorno, frente a cambios de aquellas hipótesis de cálculo que presenten mayores probabilidades y/o rango de variación. Una alta fluctuación del valor presente y de la TIR, ante variaciones menores de una o más hipótesis, indica que la aplicación de la medida examinada es riesgosa.

#### Período de amortización

El período de repago estudiado anteriormente, sirve también para evaluar el riesgo. La medida de largos períodos de amortización son más riesgosos, ya que aumentan las probabilidades de cambios no previstos.

A continuación se aplica el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión, tomando en cuenta ahora los intereses.

Se asume que los ahorros anuales son usados para pagar la inversión que se ha hecho con un préstamo a una tasa de interés dada. La siguiente tabla es usada para determinar el tiempo de amortización (recuperación de la inversión).

Razón COSTO/AHORROS	TIEMPO DE AMORTIZACION (ANOS) A LA TASA DE INTERES DE:			
	6%	8%	10%	12%
2	2.19	2.27	2.34	2.42
3	3.41	3.57	3.74	3.94
4	4.71	5.01	5.36	5.77
5	6.12	6.64	7.27	8.08
6	7.66	8.50	9.61	11.2
7	9.35	10.7	12.6	16.2
8	11.2	13.3	16.2	28.4

TABLA 3.1 TIEMPO DE AMORTIZACION DE CAPITAL

Punto de equilibrio

En muchas ocasiones, el factor de carga previsto es una hipótesis importante y para medir el riesgo producido por un factor de carga menor, se emplea una "tasa de seguridad", que se define:

$$T_s = \frac{\text{factor de carga previsto}}{\text{factor de carga de equilibrio}}$$

El factor de carga de equilibrio es aquel para el cual los ahorros son iguales a los costos totales (punto de equilibrio).

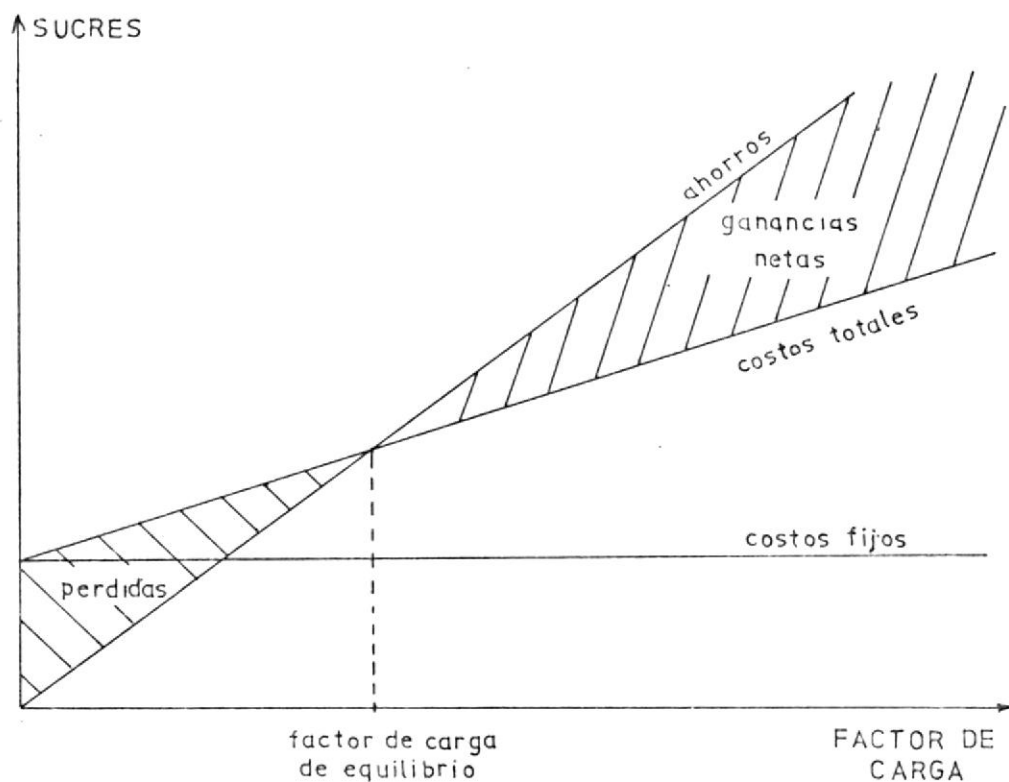


FIG. 3.1 FACTOR DE CARGA DE EQUILIBRIO

Mientras a la tasa de equilibrio  $T_s$  de una medida sea menor, mayor será su riesgo, una  $T_s$  menor a la unidad indica pérdidas económicas.

### 3.5 EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS FACTIBLES

Una vez realizado el análisis económico, se pueden determinar las medidas que son factibles en la práctica, y los que requieren de un estudio de factibilidad antes de su implementación.

Pero no todas las medidas factibles pueden ser ejecutadas al mismo tiempo, por lo que es necesario elaborar un plan de acción y programa de trabajo.

### 3.5.1 Elaboración del programa

Consiste en un programa de ejecución que establezca un orden de prioridad y una secuencia de implementación de las medidas, sujetándose a las limitaciones financieras de la empresa, a las características operativas de la planta y a la disponibilidad de ingeniería y mano de obra.

En caso que hayan medidas de mejoras de rutina de operación y mantenimiento deben incluirse programas de entrenamiento a operadores y técnicos, para lo cual deben existir colaboración a todos los niveles para lograr una concientización en los operadores y técnicos nombrados anteriormente.

### 3.5.2 Ejecución y evaluación

Las medidas de conservación pueden clasificarse en:

#### a. Temporales

Que consiste en modificaciones o instalaciones de nuevos equipos.

#### b. Permanentes

Como mejoras de operación y mantenimiento

Los temporales requieren una concentración transitoria de recursos, mientras que los permanentes necesitan una vigilancia constante para producir resultados.

Una vez ejecutada la primera medida, es recomendable establecer o añadir procedimientos de medición y reporte, para evaluar su efecto. Después de comprobar tales efectos, se puede continuar con la ejecución del programa teniendo en cuenta que las prioridades de las medidas pueden cambiar - si es que varía ciertos parámetros que influyen en la posibilidad de las medidas.

### 3.6 CONTINUIDAD DEL PROGRAMA

Un programa de conservación de energía no acaba con la implementación de las medidas, sino que debe continuar con la búsqueda de - nuevas posibilidades de conservación, para lo cual la industria - debe evaluar continuamente el uso de la energía.

Algunas medidas pueden tomarse, para desarrollar una mejor evaluación, entre las que tenemos:

- mejorar la instrumentación existente
- introducción de procedimientos de reportes de energía
- desarrollo de índice de consumo
- desarrollo de modelos de energía

Estas medidas permitirán evaluar constantemente el desarrollo del programa de conservación energética, y ayudarán a decidir si es - necesario en cierto momento hacer una reprogramación de activida- des y a descubrir nuevas oportunidades de conservación energética.

CAPITULO IV  
GENERACION Y DISTRIBUCION ENERGETICA

En este capítulo se analizarán las medidas más importantes que existen para conservar la energía en una industria textil o en cualquier industria que involucre procesos de generación y distribución de vapor.

Para cada oportunidad de conservación, se explicará la técnica que se debe aplicar y la forma de calcular los ahorros de energía.

4.1 GENERACION DE VAPOR, CALENTADORES DE ACEITE TERMICO

En la industria textil, la mayor parte de la energía consumida es combustible para la generación de vapor. Por esto es importante lograr todas las economías posibles en su generación, a través de su control de los parámetros de operación de los calderos.

Prácticamente, las mismas oportunidades de conservación que existen en los calderos, se encuentran en los calentadores de aceite térmico, cambiando tan sólo los parámetros de operación y el flujo de trabajo.

4.1.1 Optimización de la combustión

El parámetro que más influye en la eficiencia de combustión y en las pérdidas en los gases de escape es el exceso de aire (EA). Las pérdidas de escape son menores cuando -

el aire de combustión es justo el estequiométrico, pero para garantizar una combustión completa, se hace necesario - una utilización de cierta cantidad de exceso de aire.

A partir de ciertos límites de exceso de aire, la temperatura de la llama baja y los productos de la combustión aumentan, por lo que mucha de la energía del combustible es usada para calentar el aire, aumentando de esta manera las pérdidas.

La combustión óptima ocurrirá cuando la suma de las pérdidas por combustión incompleta y las pérdidas de los gases es mínima. Es decir el EA debe ser mantenido en niveles mínimos, compatibles con la exigencia de combustión completa.

Los valores mínimos de EA dependen, entre otros factores, del tipo de quemador, del mecanismo de atomizado, del tipo de combustible, de la temperatura a la cual el combustible es atomizado, de la temperatura de la cámara de combustión, de si el aire es precalentado o no, etc.

Valores normales de exceso de aire en calderos flamotubulares son del 10 al 30% en caso que se quemé Fuel Oil y del 5 al 10% para gas.

Para determinar el exceso de aire debemos realizar análisis de los gases con un Orsat o con un Fyryte, para deter-

minar el porcentaje de oxígeno y  $\text{CO}_2$  de los gases, y por medio de fórmulas o curvas determinamos el EA.

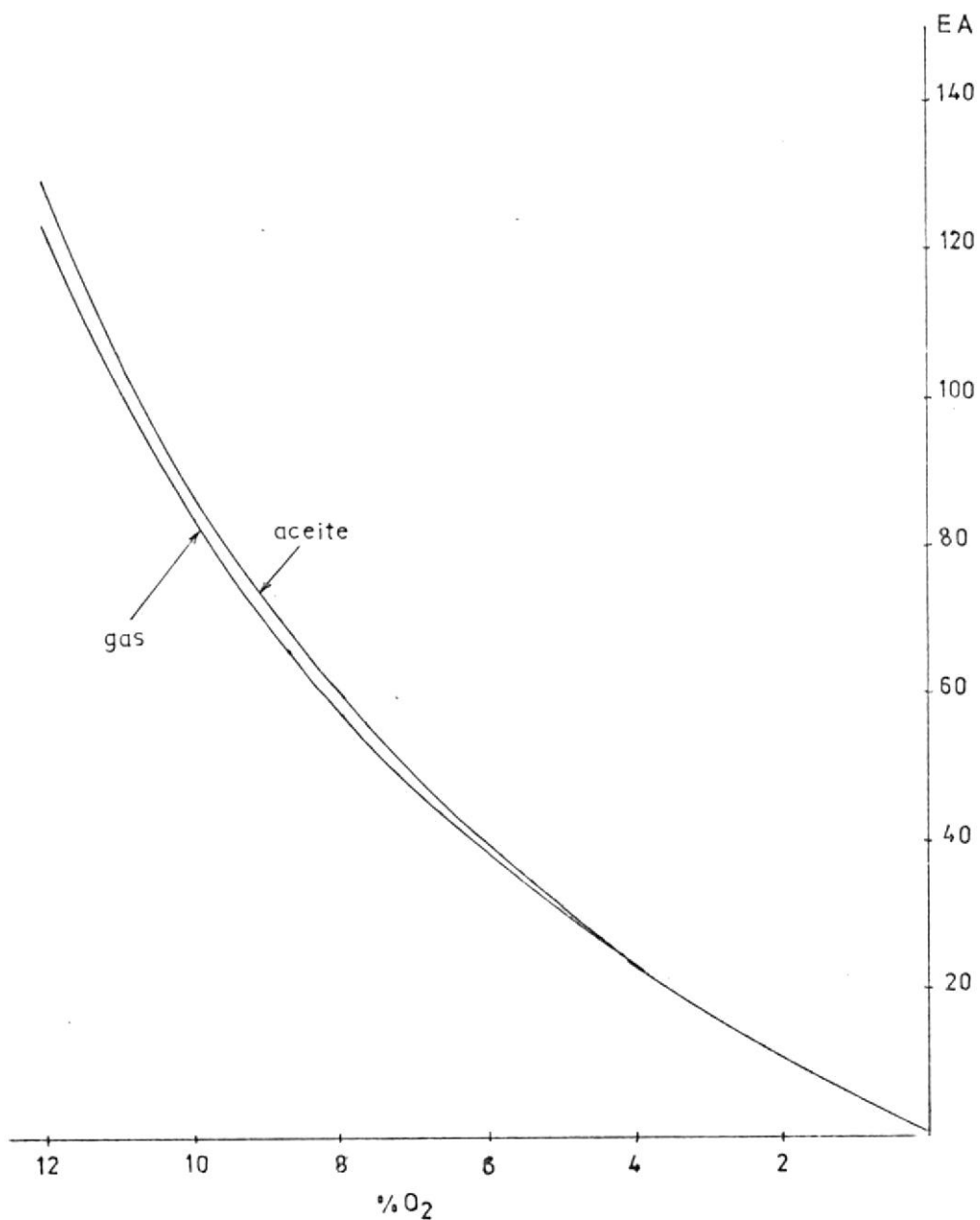


Fig. 4.1 DETERMINACION DEL EXCESO DE AIRE EN FUNCION DEL % DE O<sub>2</sub>.

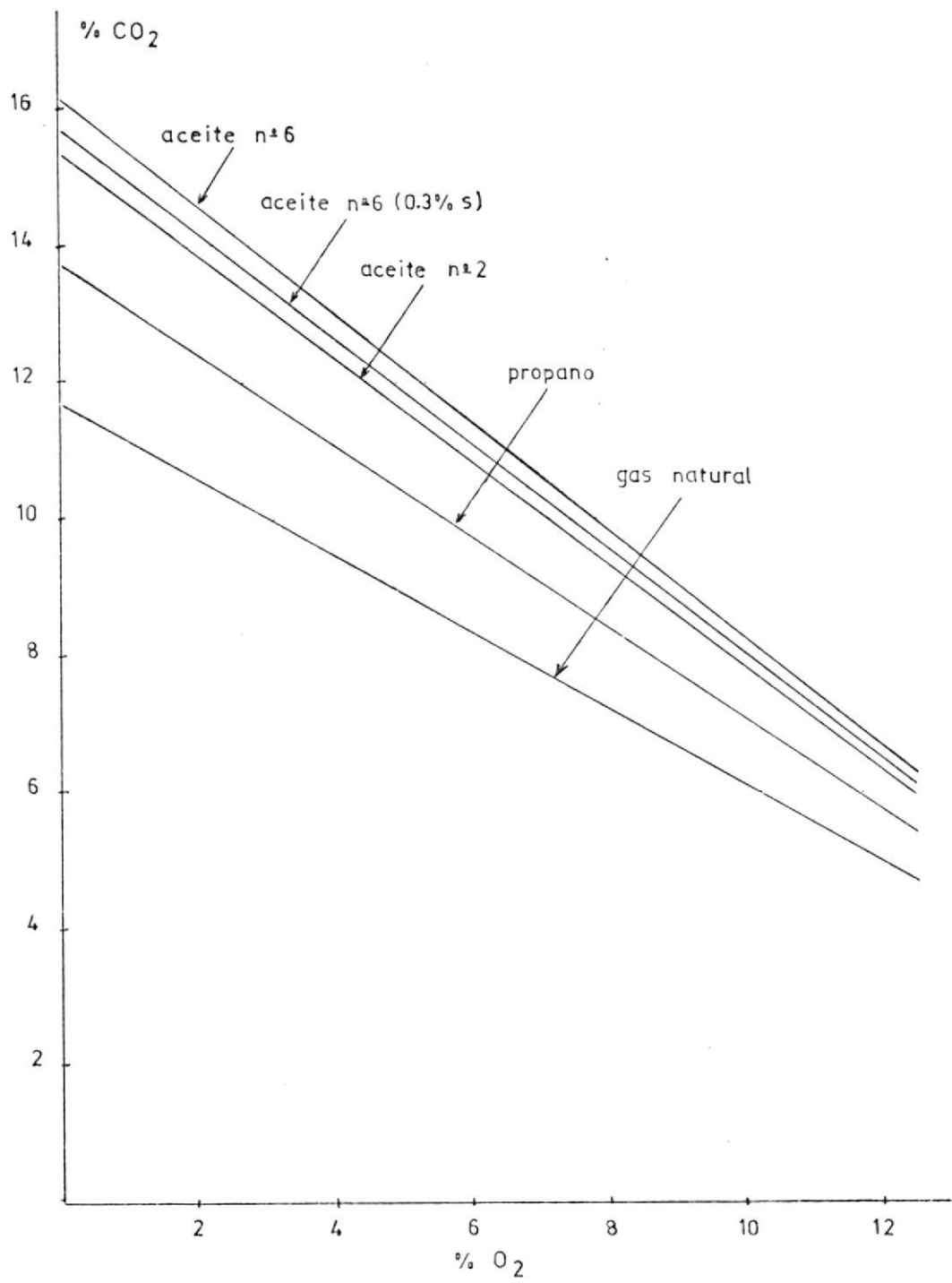


Fig. 4.2 % CO<sub>2</sub> vs. % O<sub>2</sub> PARA VARIOS COMBUSTIBLES

Algunos fabricantes de calderos entregan cartas en que indican los niveles óptimos de los análisis de gases para una combustión eficiente. Por ejemplo en la Tabla 4.1 se aprecian los valores que da Cleaver Brooks cuando se queman diferentes combustibles.

TABLA 4.1  
PORCENTAJES DE CO<sub>2</sub>

GRADO	GAS	ACEITE 2	ACEITE 6	
A	10%	12.8%	13.8%	A = excelente
B	9%	11.5%	13.0%	B = bueno
C	8.5%	10.0%	12.5%	C = regular
D	8% ó <u>me</u> nos.	9% ó me- nos.	12% ó me- nos.	D = pobre o malo

Las pérdidas en los gases de escape dependen del exceso de aire y de la temperatura de los mismos. La carta de la Figura 4.3 indica las pérdidas de escape en porcentaje de la energía suministrada con el combustible en función de la temperatura de escape y del exceso de aire.



BIBLIOTECA

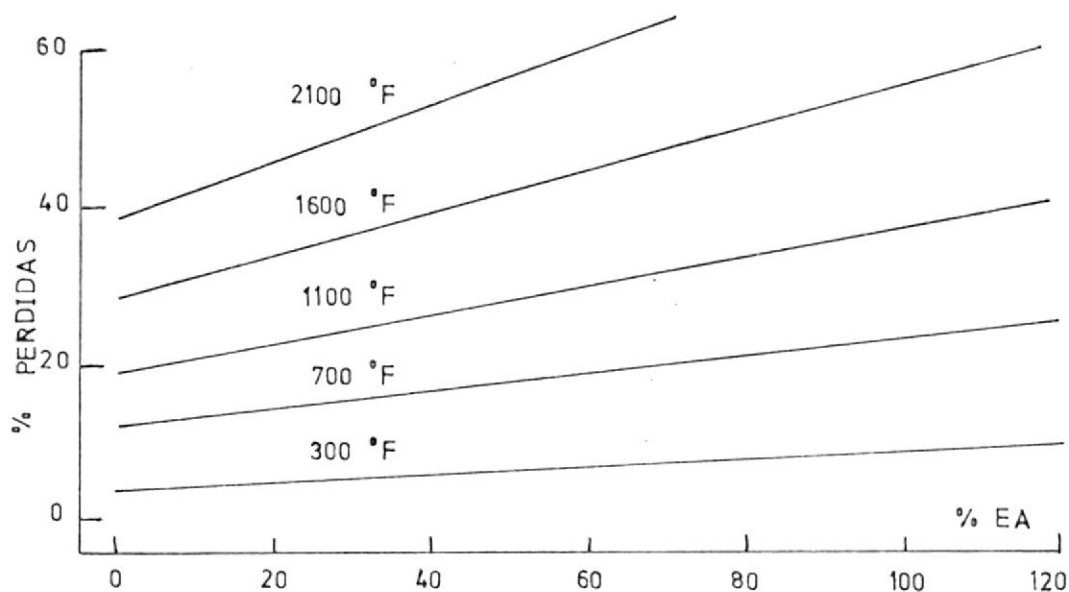


Fig. 4.3 PERDIDAS EN LOS GASES DE ESCAPE VRS % EA A VARIAS TEMPERATURAS

Una vez realizado el análisis de combustión puede regularse el EA ajustando los quemadores y los mecanismos de dosificación de aire. Pero si el EA es reducido en caso que esté elevado, y no el suministro de combustible, entonces aumentarán: la temperatura de la lláma, la velocidad de calentamiento y la temperatura de los gases, afectando de esta manera las pérdidas de escape.

Si se reducen el EA y el consumo de combustible, para mantener la misma temperatura de escape, entonces la velocidad de los gases y la turbulencia disminuirán, aumentando el tiempo de residencia en el caldero. El efecto exacto de estos dos cambios no es siempre evidente o estimado.

Por lo tanto una vez ajustado el exceso de aire es recomendable hacer un nuevo análisis de los gases para evaluar las nuevas pérdidas.

Para determinar el ahorro de combustible debido a la reducción del EA y de la temperatura de los gases de escape, debe asumirse, que la producción de vapor, las pérdidas superficiales y de purga se mantienen constantes.

Entonces si:

$E_1 = E_2 =$  Energía entregada al vapor + Pérdidas de superficie y purgas.

$M_1 =$  Consumo actual de combustible

$M_2 =$  Consumo de combustible, después del ajuste

$\dot{A} =$  Poder calorífico del combustible

$Pg_1 =$  Pérdidas en los gases en la condición inicial (% de la energía que entra).

$Pg_2 =$  Pérdidas en los gases en la condición final

Haciendo el balance de energía en las dos condiciones, tenemos que:

$$M_1 \dot{A} = E_1 + Pg_1 \cdot M_1 \cdot \dot{A} ; M_2 \dot{A} = E_2 + Pg_2 \cdot M_2 \cdot \dot{A}$$

$$E_1 = E_2$$

$$M_1 \dot{A} - M_1 \dot{A} \cdot Pg_1 = M_2 \dot{A} - M_2 \dot{A} \cdot Pg_2$$

$$M_2 = \frac{M_1 \cdot (1 - P_{g1})}{(1 - P_{g2})}$$

$$\frac{\Delta M}{M} = \frac{M_1 - M_2}{M_1}$$

$$\frac{\Delta M}{M} = \frac{P_{g1} - P_{g2}}{1 - P_{g2}} \quad (\text{ec. 4.1.1})$$

donde  $P_{g1}$  y  $P_{g2}$  se pueden encontrar usando la carta de la Figura 4.3.

También podemos expresar el ahorro en función de las eficiencias:

$$E_f = 1 - P_g$$

$$\frac{\Delta M}{M} = \frac{E_{f2} - E_{f1}}{E_{f2}} \quad (\text{ec. 4.1.2})$$

En ciertas ocasiones el EA utilizado es el normal y sin embargo los gases presentan cierta coloración. Los operadores al percatarse de esto, aumentan el EA hasta que desapareza aumentando de esta manera las pérdidas.

La causa de este inconveniente puede ser una mezcla inadecuada del aire con el combustible, que se puede mejorar siguiendo las siguientes normas:

- mantener adecuadamente el quemador
- hacer un tratamiento adecuado del combustible
- controlar la presión del combustible y del aire

- atomizar el combustible a la temperatura adecuada
- trabajar dentro de un buen rango de operación con el quemador.

Si el caldero es sobredimensionado, la atomización es deficiente bajando así la eficiencia de combustión.

Por lo mencionado anteriormente, concluimos que no es suficiente medir el porcentaje de  $O_2$  y  $CO_2$  en los gases de combustión, si no que debe medirse también: la coloración de los gases, el arrastre y si es posible, el porcentaje de monóxido de carbono.

La coloración de los gases se la mide con una bomba, que hace pasar los mismos por un filtro que adquiere una coloración a medida que aumenta el color de los gases. Así podemos determinar como se está quemando el combustible.

El arrastre nos indica la presión a la cual el sistema de combustión funciona, la razón a la cual los gases de combustión pasan a través del caldero y la cantidad de aire provisto para la combustión. Excesivo arrastre puede incrementar la temperatura de escape, mientras que insuficiente arrastre puede ocasionar combustión incompleta.

En general las medidas que se puedan tomar para mejorar la combustión y reducir las pérdidas de escape, no requieren

gran inversión y su factibilidad es inmediata.

#### 4.1.2 Factor de carga en calderos

La eficiencia de los calderos disminuye cuando funcionan a carga parcial, especialmente si el control de combustión no mantiene el exceso de aire constante.

Cuando el exceso de aire es mantenido constante, las pérdidas casi no varían hasta un 50% de la carga nominal y para cargas menores, aumentan bruscamente.

Entre los factores que influyen en esto tenemos:

- Para cargas menores, el quemador estará sobredimensionado y ocasionará que el combustible no se atomice correctamente.
- Las pérdidas de radiación se mantienen más o menos constantes en magnitud, pero porcentualmente aumentarán.

Algunos fabricantes de calderos aseguran que por medio de su control de combustión, con el que mantienen constante la relación aire combustible, logran mantener más o menos constante la eficiencia hasta un 50% de su carga nominal (Tabla 4.2).

TABLA 4.2  
 VARIACION DE LA EFICIENCIA EN CALDEROS CLEAVER BROOKS EN FUNCION  
 DEL ./. DE CARGA

Tamaño Caldero (hp)	GAS FUEL				ACEITE Nº 2				ACEITES Nº5 Y Nº6			
	15# Diseño 10 PSIG Operacion		15-# Diseño 125 PSIG Operacion		15# Diseño 10 PSIG Operacion		150# Diseño 125 PSIG Operacion		15# Diseño 10 PSIG Operacion		150# Diseño 125 PSIG Operacion	
	% de carga		% de carga		% de carga		% de carga		% de carga		% de carga	
	50%	100%	50%	100%	50%	100%	50%	100%	50%	100%	50%	100%
100	83.5	83.5	80.5	81.0	86.5	86.5	83.5	84.0	87.0	87.0	84.0	84.5
125	82.0	82.0	79.0	79.5	85.0	85.5	82.0	83.0	85.5	86.0	82.5	83.5
150	83.0	83.0	80.0	80.5	86.0	86.5	83.0	84.0	86.5	87.0	83.5	84.5
200	83.5	83.5	80.5	81.5	87.0	87.0	84.0	84.5	87.5	87.5	84.5	85.0
250	82.0	82.0	79.5	80.0	85.5	85.5	83.0	83.0	86.0	86.0	83.5	83.5
300	82.5	82.5	80.0	80.5	86.0	86.0	83.5	83.5	86.5	86.5	84.0	84.0
350	83.0	83.0	80.5	81.0	86.5	86.5	84.0	84.5	87.0	87.0	84.5	85.0
400	83.0	83.0	80.0	80.5	86.0	86.5	83.5	84.0	86.5	87.0	84.0	84.5
500	84.0	84.0	81.0	81.5	87.0	87.5	84.0	85.0	87.5	88.0	84.5	85.5
600	84.0	84.5	81.0	82.0	87.5	87.5	84.5	85.5	88.0	88.0	85.0	86.0
700	84.5	84.5	81.5	82.0	87.5	88.0	84.5	85.5	88.0	88.5	85.0	86.0
800	84.5	84.5	81.5	82.0	88.0	88.0	85.0	85.5	88.5	88.5	85.5	86.0

Cuando existen varios calderos en una instalación, es más eficiente usar un menor número de ellos a carga nominal - que todos a carga parcial.

El ahorro de energía que se obtiene es igual a las pérdidas de radiación del caldero que se ha apagado y para su cálculo podemos utilizar la Tabla 4.3

TABLA 4.3  
PERDIDAS DE RADIACION A LA CAPACIDAD NOMINAL

TIPO DE CALDERO	PERDIDAS DE RADIACION EN % DE SU MAX. CAPACIDAD NOMI- NAL (MCR).
Tubos de fuego (dry back)	2%
Tubos de fuego (wet back)	1.5%
Tubos de agua (package)	1.0%
Tubos de agua	3.0%
Lancashire	5.0%
Lancashire brick set	3.5%
Caldero vertical	5.0%

Los ahorros de energía serán:

$$\text{Ahorros de Energía} = \frac{\% \text{ de pérdidas de radiación} \times \text{MCR}}{\text{Eficiencia de combustión del caldero}}$$

(ec. 4.1.3)

Para el cálculo se utiliza la eficiencia del caldero que se apaga, a la carga con que estaba trabajando.

Además, existirá un ahorro adicional debido al aumento de la eficiencia del caldero que entra a funcionar a plena carga.

Existen ocasiones en que se mantiene prendido un caldero, a pesar de que no esté suministrando vapor. Los ahorros logrados al apagar un caldero durante las horas que no presta servicio se calculan así:

$$\text{Ahorros de Energía} = \frac{\text{Pérdidas de radiación} \times 0.65 \times \# \text{ de horas}}{\text{Eficiencia de combustión del caldero}}$$

(ec. 4.1.4)

Se considera que las pérdidas de radiación de un caldero en stand by son el 65% de las que ocurren en condiciones normales de operación y para el cálculo se usa la eficiencia de combustión del caldero cuando éste está en stand by.

Cuando un caldero está muy sobredimensionado, se pueden obtener ahorros de energía cambiando el caldero por uno más pequeño. La factibilidad de esta medida dependerá del costo del nuevo caldero y de los planes de expansión de la fábrica.

#### 4.1.3 Control de la presión del caldero

La presión de operación de un caldero, es un parámetro que influye en el consumo energético. Mantenerla en los valores más bajos posibles y controlarla adecuadamente, significarán ahorros en el consumo de combustible.

Al bajar la presión del caldero, es decir la del vapor, ocurren dos efectos positivos:

El calor latente, que es el que se aprovecha en los equipos de calentamiento con vapor, aumentará y por lo tanto para una misma transferencia de calor, el consumo de vapor disminuirá, disminuyendo así el de combustión.

La temperatura del vapor disminuirá y por tanto las pérdidas de calor en las líneas de distribución de vapor también lo harán.

Por lo mencionado anteriormente, se deduce que es aconsejable trabajar a presiones tan bajas como sea posible, o al menos a la presión de diseño de los equipos.

También se obtiene un efecto negativo y es que la transferencia de calor disminuye debido a la menor temperatura. Sin embargo, este efecto no siempre es perjudicial o intolerable para el proceso y una alternativa para contrarrestarlo es la de aumentar el área de transferencia, siempre

que sea rentable.

Es por esto que deben estudiarse cuidadosamente los efectos antes de recomendar bajar la presión. La presión debe ser reducida en etapas y no más que una reducción del 20% debe ser considerada.

Los ahorros logrados al disminuir el consumo de vapor se calculan de la siguiente manera:

Se asume que una misma cantidad de calor es transferida.

Si:

$M_{1v}$  = consumo de vapor a la presión más elevada

$h_{fg1}$  = calor latente a la presión elevada

$M_{2v}$  = consumo de vapor a la presión más baja

$h_{fg2}$  = calor latente a la presión más baja

Entonces:

$$Q_1 = Q_2$$

$$M_1 \cdot h_{fg1} = M_2 \cdot h_{fg2}$$

$$M_{2v} = M_{1v} \cdot \frac{h_{fg1}}{h_{fg2}}$$

el nuevo consumo de combustible será:

$$M_{2c} = M_{1c} \cdot \frac{h_{fg1}}{h_{fg2}}$$

el ahorro será:

$$\frac{\Delta Mc}{Mc} = \frac{hfg2 - hfg1}{hfg2} \quad (\text{ec. 4.1.6})$$

Los ahorros logrados al disminuir las pérdidas de distribución los calculamos de la siguiente manera:

$$\text{Ahorros de Energía} = \text{Reducción en las pérdidas de calor} \times \text{Pérdidas existentes} \times \text{Energía que le entra al caldero.}$$

$$(\text{ec. 4.1.7})$$

Las pérdidas de calor en el sistema de distribución, para un sistema bien aislado pueden considerarse en un 10% y para un sistema brevemente aislado un 20%.

La reducción en las pérdidas de calor al reducir la presión se encuentran en la Fig. 4.4.

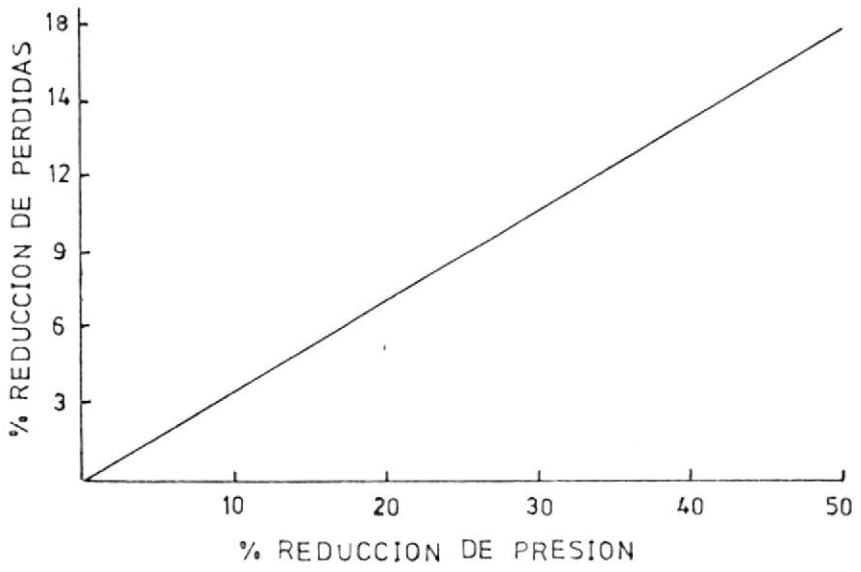


Fig. 4.4 REDUCCION EN LAS PERDIDAS DE CALOR EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION EN FUNCION DE LA REDUCCION DE PRESION.

En ocasiones tan sólo momentáneamente se puede reducir la presión del caldero porque durante cierto tiempo funcionan máquinas que sí necesitan mayor presión. En este caso la ec. 4.1.7 debe aplicarse para el número de horas a las cuales el sistema puede trabajar a menor presión.

#### 4.1.4 Elevación de la temperatura de alimentación

El precalentamiento del agua de alimentación de los calderos, realizado con un buen criterio, puede implicar significativos ahorros de energía.

Para este fin pueden utilizarse fuentes de energía tanto internas como externas al caldero.

Cuando se usan fuentes externas de energía para elevar la temperatura de alimentación, la eficiencia del caldero, prácticamente no varía, pero el consumo de combustible disminuye.

Mientras que si se usa una fuente interna de energía, recuperando la energía de los gases o de las purgas, el ahorro obtenido se debe al incremento de la eficiencia del caldero. Pero estos procedimientos tienen ciertas limitaciones y para su implementación deben ser analizadas las particularidades de cada caso.

Por lo general, la recuperación de energía de los gases y purgas se justifica en plantas con largos períodos de operación (tres turnos durante seis días a la semana).

El método más común de elevar la temperatura del agua de alimentación es aumentar la tasa de retorno de condensado a alta temperatura, lo cual se logra de la siguiente manera:

Aislando las líneas de condensado, instalando y manteniendo los purgadores, instalando líneas de retorno y disminuyendo la longitud de las líneas existentes.

El estudio detallado de las medidas mencionadas anteriormente, se lo realizará posteriormente.

La mejora en la eficiencia debido al precalentamiento del agua de alimentación, se puede determinar en la Fig. 4.5.

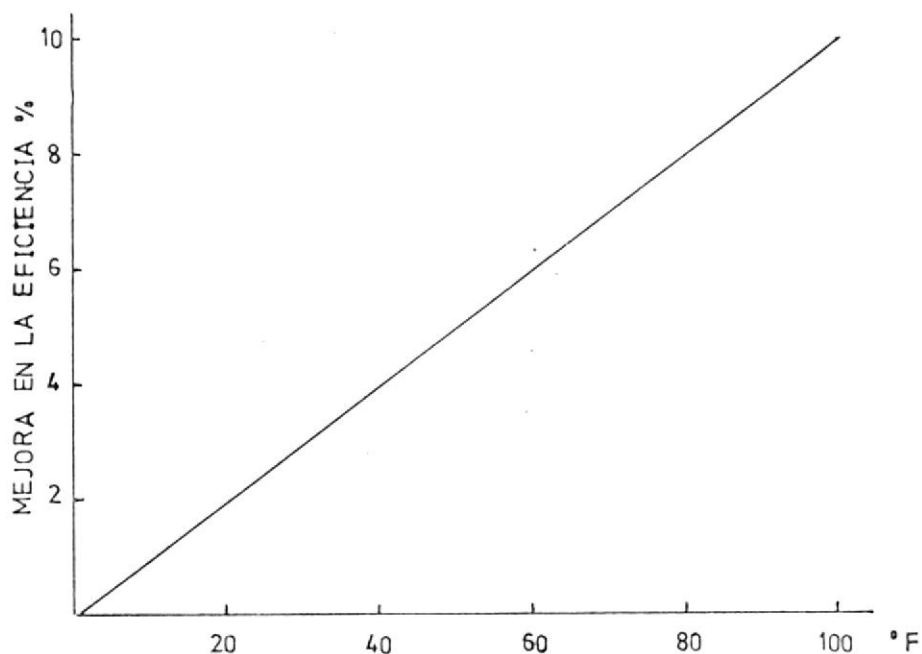


Fig. 4.5 PRECALENTAMIENTO DEL AGUA DE ALIMENTACION

Para cualquier método que se use debe considerarse que la temperatura del agua de alimentación, como medida de seguridad, debe ser por lo menos  $20^{\circ}\text{C}$  menor que la temperatura de vaporización a la presión existente.

Temperaturas superiores podrían ocasionar problemas de cavitación en las bombas de alimentación y erosión en los tu bos de los intercambiadores de calor que se instalen.

#### 4.1.5 Precalementamiento del aire de combustión

Otra fuente de ahorros es el precalementamiento del aire de combustión con los gases de escape.



Los ahorros alcanzados por precalentamiento del aire de com bustión pueden ser estimados con los gráficos de las Figu - ras 4.6 y 4.7.

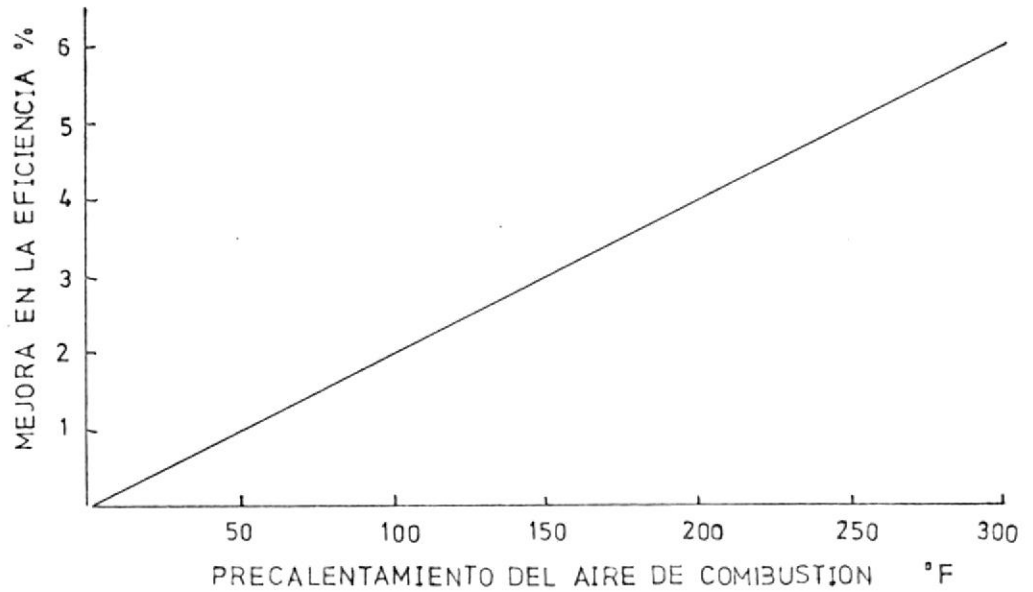


Fig. 4.6

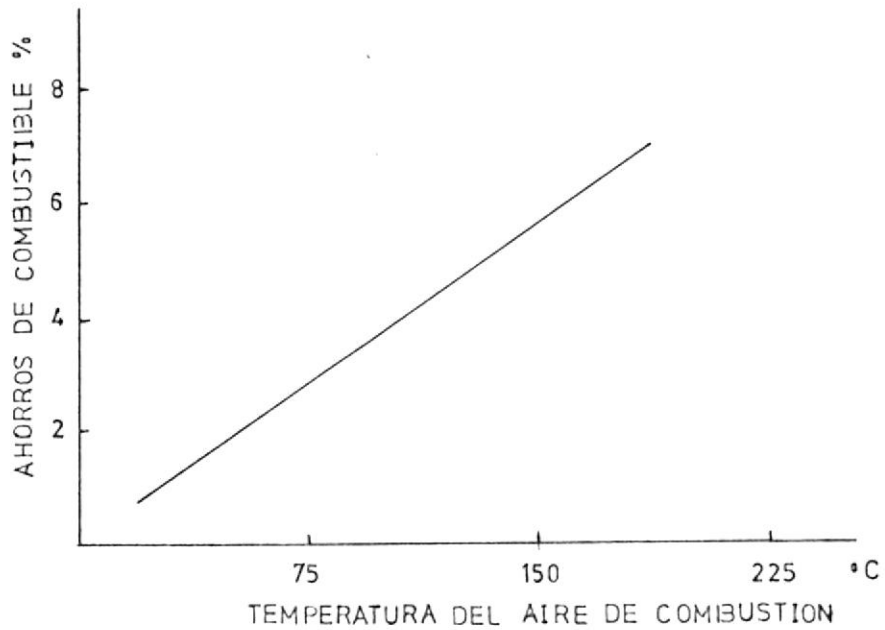


Fig. 4.7

Esta medida es recomendada para plantas que tienen largos períodos de operación, con relativamente altas temperaturas de escape. El factor que limita esta medida, es usualmente la temperatura del aire que el quemador es capaz de manejar, que por lo general no es mayor a  $175^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.1.6 Tratamiento de agua

El tratamiento de agua es importante en la prevención de cuatro problemas muy comunes en generadores de vapor: corrosión, incrustaciones, arrastre y purgas innecesarias, desde el punto de vista energético son importantes las tres últimas debido a que causan una reducción en la eficiencia del sistema.

##### Incrustaciones

Las incrustaciones se deben a la presencia de sales de calcio y magnesio (dureza del agua), sílica, sólidos en suspensión, hierro y materia orgánica.

Las incrustaciones son muy perjudiciales porque forman una costra muy difícil de remover de los tubos. Su baja conductividad térmica, disminuye el intercambio de calor y provoca un aumento en la temperatura de los gases de escape. Además se produce un supercalentamiento de los tubos que incluso puede provocar su rotura.

En la Figura 4.8 se aprecia el porcentaje de la pérdida de calor en un caldero, en función del espesor de las incrustaciones, para cuatro tipos de incrustaciones diferentes.

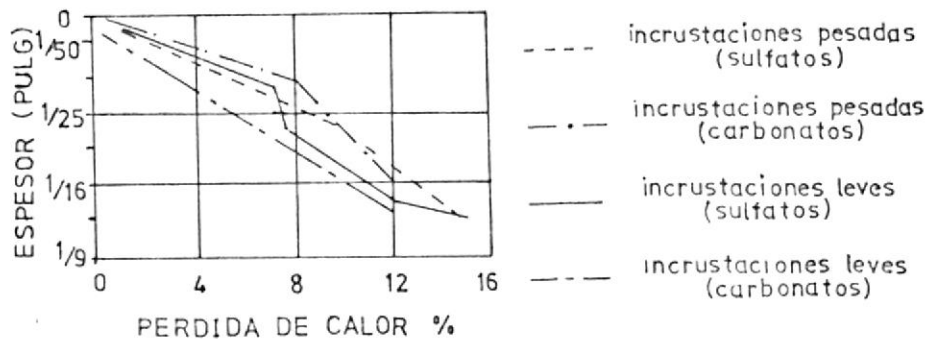


Fig. 4.8 PERDIDAS DE CALOR EN UN CALDERO, EN FUNCIÓN DEL ESPESOR PARA DIFERENTES INCRUSTACIONES.

### Arrastre

El arrastre es la conducción por el vapor de pequeñas gotas de agua o materias volátiles, especialmente sílice, en calderos de alta presión (arriba de los 5.9 MPa).

En el caso de arrastre de sílice, pueden haber serios problemas con su depósito en equipos servidos por vapor.

El arrastre puede ser provocado por fallas mecánicas (defecto del sistema de separación de vapor), problemas operacionales (variaciones bruscas de carga) o por problemas químicos como formación de espuma, exceso de concentración

de sílice o materias orgánicas, etc.

### Purgas

Purgas excesivas pueden ser el fruto de una operación poco racional del caldero o de un exceso de concentración de la lama (barro) provocado por un tratamiento de agua inadecuado.

Para una operación eficiente del sistema, las purgas deben ser reducidas a un mínimo necesario para evitar las pérdidas de calor. Un compromiso entre el ahorro de energía y la formación de incrustaciones se logra con una concentración total de sólidos disueltos TDS, de 3.000 ppm. El nivel máximo de TDS recomendado por la "American Boiler Manufacturers Association" es de 3.500 ppm para calderos operando a 150 PSI.

Hay dos tipos de purgas: las de superficie (continua) y las de fondo (intermitente). Las de superficie son hechas generalmente en calderos acuatubulares. Estas son importantes para la reducción de los niveles de sólidos disueltos y para la extracción de espuma o materias formadoras de la misma.

Las purgas de fondo son hechas en cualquier tipo de caldero y su función es la de retirar la lama no adherente que se deposita en el fondo del caldero.

Los ahorros obtenidos al reducir las purgas para mantener el nivel de sólidos disueltos en valores recomendables, se calculan de la siguiente manera:

Ahorro de Energía =  $(\% \text{ de purgas existente} - \% \text{ nuevo de purgas}) \times \text{Vapor producido} \times \text{calor contenido en las purgas.}$

$\% \text{ de purgas existente.} = \frac{\% \text{ de agua de reposición} \times \text{TDS de agua de reposición.}}{\text{TDS caldero} \times 100}$

$\% \text{ nuevo de purgas} =$  se calcula con un TDS en el caldero de 3.000 ppm.

Calor contenido en las purgas. =  $\text{Calor sensible en la purga.} - \text{Calor sensible del agua a temp. ambiente.}$

Es interesante aumentar al máximo la frecuencia de las purgas reduciéndose su tiempo de duración. Esto además de reducir los picos de concentración de lama en el caldero, reduce la cantidad de agua retirada y por tanto las pérdidas térmicas.

En las medidas mencionadas, las inversiones que se deben realizar no son significativas y no son otras que proveer las facilidades para medir el TDS de los calderos en tiempos regulares, gastos en tratamiento de agua y mantenimiento.

#### 4.1.7 Aislamiento térmico

La falta de aislamiento o aislamiento en malas condiciones, pueden ser causa de grandes pérdidas de energía.

Es más común encontrar superficies sin aislar en equipos - auxiliares del caldero como: tanques de alimentación de - agua, tanques de combustible, etc.

En cambio en el caldero es más común encontrar aislamientos deteriorados, ya que éstos vienen de fábrica con aislamiento propio. Una indicación de las pérdidas es la temperatura exterior de las paredes. Temperaturas entre 80 y 120°C indican que las pérdidas son aun razonables, temperaturas - arriba de los 250°C indican que las pérdidas son bastantes grandes.

Los ahorros logrados al aislar superficies desnudas o por aumentar la cantidad de aislamiento, pueden ser calculados de la siguiente manera:

Para los calderos:

Ahorro de Energía = Pérdida de calor x Reducción en las pérdidas por aislamiento x tiempo de operación.

(ec. 4.1.9)

Para equipos auxiliares:

Ahorro de Energía =  $\frac{\text{Pérdidas de calor} \times \text{Reducción en las pérdidas} \times \text{\# de horas}}{\text{Eficiencia del Caldero}}$

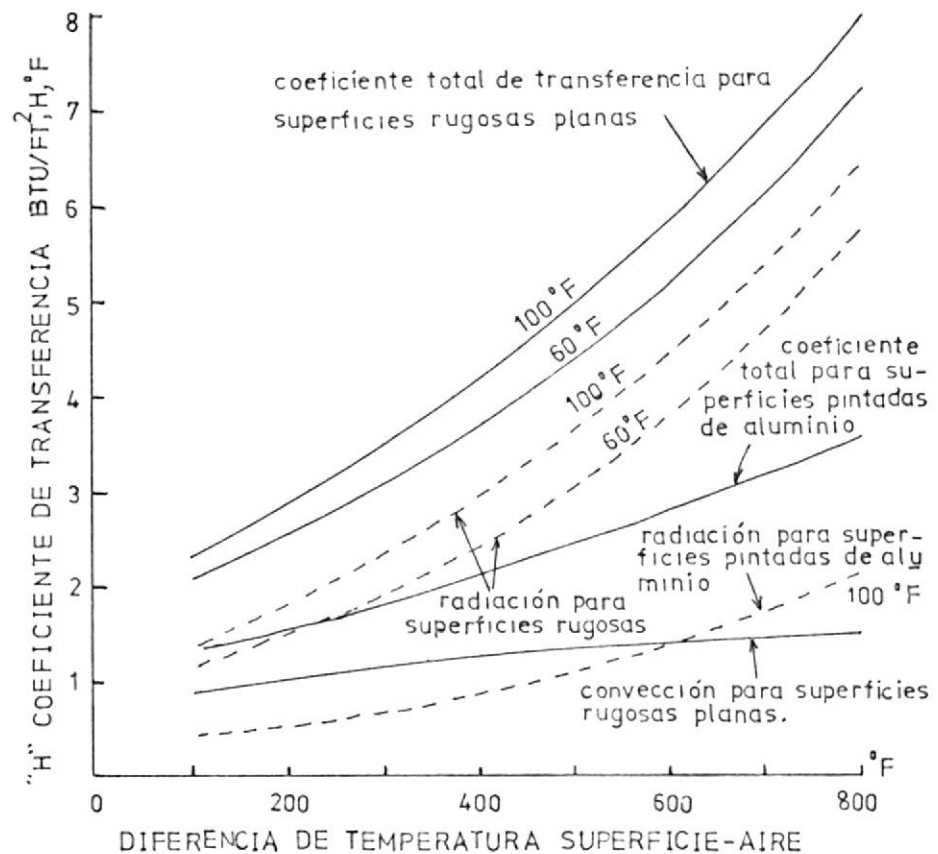
(ec. 4.1.10)

Las pérdidas de calor se calculan con la ecuación:

$$Q = h.A.dT$$

Donde  $h$  es el coeficiente superficial de pérdidas de calor.  
En la Figura 4.9 y en la Tabla 4.4 se lo puede determinar.

$dT$ , es la diferencia de temperatura entre la superficie caliente y los alrededores.



- Los valores del gráfico son para superficies verticales.
- Para superficies horizontales con la cara hacia arriba  $\times 1.3$
- Para superficie horizontales con la cara hacia abajo  $\times 0.65$

Fig. 4.9 COEFICIENTE SUPERFICIAL DE PERDIDAS PARA SUPERFICIES PLANAS.

TABLA 4.4  
 COEFICIENTE SUPERFICIAL DE PERDIDAS PARA CILINDROS DESNUDOS

DIA. NOMINAL (pulg.)	Btu/(hr) (pie lineal) (dif. °F entre aire-tubería)									
	AGUA CALIENTE					V A P O R				
	120 °F	150 °F	180 °F	210 °F	5 psig. 227 °F	50 psig 300 °F	100 psig 338 °F			
	DIFERENCIA DE TEMPERATURA									
	50 °F	80 °F	110 °F	140 °F	157 °F	230 °F	268 °F			
1/3	0.46	0.50	0.55	0.58	0.61	0.71	0.76			
3/4	0.56	0.61	0.67	0.72	0.75	0.87	0.93			
1	0.68	0.74	0.82	0.88	0.92	1.07	1.15			
1 1/4	0.85	0.92	1.01	1.09	1.14	1.32	1.43			
1 1/2	0.96	1.04	1.15	1.23	1.29	1.49	1.63			
2	1.18	1.28	1.41	1.51	1.58	1.84	1.99			
2 1/2	1.40	1.53	1.68	1.80	1.88	2.19	2.36			
3	1.68	1.83	2.01	2.15	2.26	2.63	2.84			
3 1/2	1.90	2.06	2.22	2.43	2.55	2.97	3.22			
4	2.12	2.30	2.53	2.72	2.85	3.32	3.59			
5	2.58	2.80	3.08	3.30	3.47	4.05	4.39			
6	3.04	3.29	3.63	3.89	4.07	4.77	5.16			
8	3.88	4.22	4.64	4.96	5.21	6.10	6.61			
10	4.76	5.18	5.68	6.09	6.41	7.49	8.12			
12	5.59	6.07	6.67	7.15	7.50	8.80	9.53			

La reducción en las pérdidas por aislamiento podemos considerar que son el 90% cuando se aísla una superficie desnuda, porque este es equivalente al espesor económico de aislamiento.

Si la superficie está aislada y aislamiento adicional se propone, debe usarse un 70%.

En ocasiones la inspección visual no muestra fallas en el aislamiento, por lo que es más seguro usar, sobre todo en instalaciones grandes, supervisión termográfica infraroja para localizar puntos o zonas calientes causados por daños locales del aislamiento.

#### 4.1.8 Mantenimiento del Caldero

Como nos podremos haber dado cuenta, muchas de las pérdidas de energía se pueden disminuir haciendo un mantenimiento adecuado del caldero y de sus equipos auxiliares.

La disminución de la eficiencia está relacionada a factores como:

- o Mecanismos que regulan el suministro de aire y combustible.
- o Descalibración o mal funcionamiento de los equipos analizadores de la combustión.
- o Instrumentación mal ajustada o defectuosa

o Depósitos en las superficies conductoras de calor, etc.

Por lo tanto, una sistematizada vigilancia y control de to dos estos factores, ayudarán a aumentar la eficiencia del caldero.

Una variable muy importante que se debe controlar en los - programas de mantenimiento, es la temperatura de los gases de escape. Una temperatura mayor que  $65^{\circ}\text{C}$  sobre la del va por o agua del caldero, es indicadora que la relación aire combustible es incorrecta o que suciedades se han acumulado en las superficies conductoras; por lo que tendrán que hacerse limpiezas físicas o químicas a las mismas.

## 4.2 DISTRIBUCION DE VAPOR Y AIRE COMPRIMIDO

### 4.2.1 Control de fugas de vapor

Las fugas de vapor en válvulas o conexiones defectuosas u orificios en las líneas de distribución de vapor son causantes de grandes pérdidas de energía. Sin embargo estas fugas pueden ser detectadas y eliminadas fácilmente.

En realidad los mayores escapes de vapor ocurren en trampas de vapor defectuosas, mal instaladas o inapropiadas , pero estos casos los analizaremos más adelante.

Los ahorros de energía que se logran al reparar fugas de vapor, se pueden determinar de la siguiente manera:

$$\text{Ahorros de Energía} = \frac{(\text{Pérdidas Kg/hr}) \cdot (\text{Contenido de calor})}{(\text{\#hrs.}) \cdot (\text{Factor de carga}) / \text{Eficiencia del Caldero.}}$$

(ec. 4.2.1)

donde las pérdidas en Kg/hr los podemos calcular con la siguiente ecuación:

$$\text{Kg/hr} = 0.4d^2 (p+1)$$

donde

$d$  = diámetro del orificio en mm

$p$  = presión en bars.

También se pueden determinar las pérdidas utilizando la Fig. 4.10.

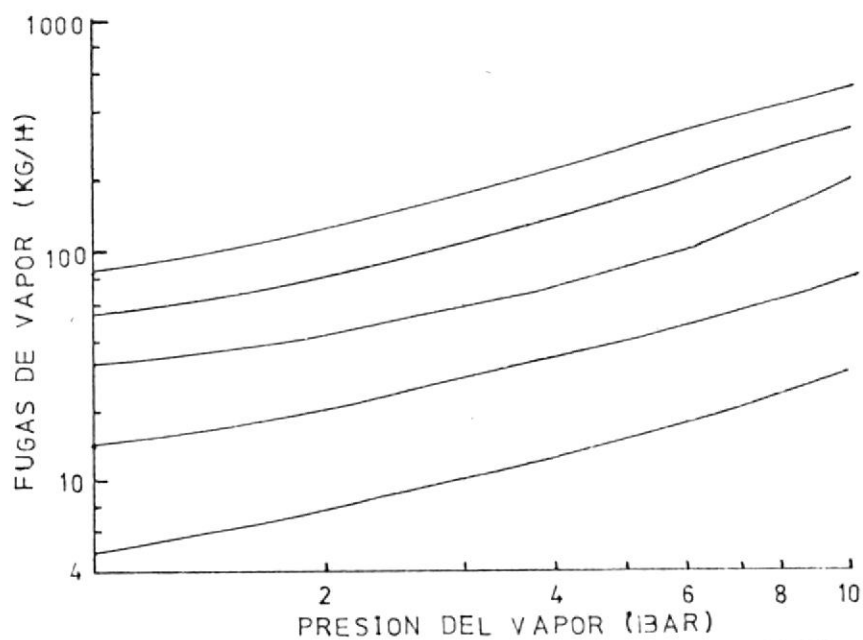


Fig. 4.10 PERDIDAS DE VAPOR A TRAVÉS DE ESCAPES DESCARGADOS A LA ATMOSFERA.

El contenido de calor es igual a la diferencia entre la en talpía del vapor y la del agua de reposición del caldero.

El factor de carga usado debe ser el apropiado para el lugar donde ocurren las pérdidas. Si la sección del sistema de vapor es siempre usado, debe usarse un factor de carga de 1.

Las siguientes sugerencias deben seguirse para disminuir las pérdidas de energía producidas por fugas de vapor:

1. Deben supervisarse las líneas de distribución de vapor usando probadores acústicos, medidores de temperaturas apropiados y vigilando la presión de las líneas con los manómetros instalados. Muchas pérdidas son ocultas tales como:
  - a) Válvulas by-pass y trampas que descargan a desagües o líneas de condensado.
  - b) Válvulas que dejan pasar vapor a equipos sin funcionamiento.
  - c) Calentadores o equipos que usan vapor
2. Establecer un programa para inspecciones regulares del sistema de vapor.
3. Cortar el flujo de vapor a equipos que están fuera de servicio.

4. Reubicar líneas de distribución a lugares donde se pueda realizar con facilidad una inspección visual.
5. Reparar las fugas encontradas.

#### 4.2.2 Mantenimiento de trampas de vapor

Una trampa de vapores una válvula automática que permite - eliminar el condensado, aire y otros gases no condensables de las tuberías principales de vapor y de los equipos que trabajan con vapor, impidiendo al mismo tiempo las fugas - de vapor.

Su mal funcionamiento, ya sea por mala selección, mala ubicación o falla mecánica, implica considerables pérdidas de energía debido a fugas de vapor o a retención de condensado que disminuye la transferencia de calor.

La falla de una trampa en una posición abierta permite al vapor escapar por orificios relativamente grandes, por ejemplo de 6 mm de diámetro. Aún cuando la trampa funciona pero tiene suciedad, el vapor fuga en cantidades que pueden ser significativas.

La retención de condensado se debe a una selección errónea de la trampa (tipo, capacidad), su ubicación incorrecta o falla mecánica. Las trampas deben dimensionarse para los altos caudales de condensado y para las bajas pre-

siones existentes durante el arranque en frío de los equipos.

La localización incorrecta de la trampa provoca que vapor quede apresado entre ésta y el condensado. La trampa purgará el líquido cuando el vapor atrapado se condensa y el equipo entonces se inundará.

Cuando queda atrapado aire en vez de vapor, las consecuencias son más serias debido a que el aire no condensa y la trampa no purgará el líquido, a menos que sea del tipo termostática o mecánica con eliminador termostático de aire. Las trampas termodinámicas pueden o no presentar problema, dependiendo de la cantidad de aire preso.

En general, la solución es instalar un purgador automático de aire en paralelo con la trampa de vapor.

El drenaje inadecuado de condensado en las líneas de distribución, origina golpes de ariete y un suministro de vapor demasiado húmedo.

Las líneas deben tener una pendiente mínima de 0.4%, para que el condensado circule en el mismo sentido del vapor - hacia los puntos de purga. Estos puntos deben instalarse a intervalos de 30 a 50 metros de tubería, y en todos los puntos bajos de las líneas.

Los ahorros logrados al reparar o reemplazar las trampas - defectuosas que dejan escapar el vapor; los podemos calcular así:

$$\text{Ahorros de Energía} = \frac{(\# \text{ de trampas}) \cdot (\text{Fuga en c/trampa}) \cdot (\text{contenido de calor}) \cdot \text{FC.}}{\text{Eficiencia del caldero}}$$

(ec. 4.2.2)

La fuga de vapor por trampa debe asumirse de 2.5 Kg/hr, si es imposible medir el flujo de vapor.

El contenido de calor es la diferencia entre la entalpía del vapor a la presión de la trampa y la entalpía del agua de alimentación.

El escape de vapor en una trampa no es fácil de detectar. Deben seguirse las siguientes recomendaciones para inspeccionar las trampas de vapor:

- La frecuencia de inspección de las trampas depende de la presión del vapor y de la calidad de las mismas. Bajo condiciones normales, una inspección mensual es apropiada. En circunstancias de demandas mínimas, se requieren pruebas de inspección cada 2 ó 3 meses.
- El mal funcionamiento de las trampas se puede identificar por: mediciones de temperatura o por el análisis de sonido.



Si una trampa funciona bien, debe existir una diferencia considerable de temperatura entre la entrada y la salida de la misma. Escuchando la descarga de la trampa a través de un instrumento de sonido tal como un estetoscopio o una barra de metal colocada contra la trampa, es otro método de determinar el rendimiento de la trampa. Este método es satisfactorio solamente si los ruidos provenientes de las trampas adyacentes o de los instrumentos mecánicos, no son transmitidos al aparato auditivo. Cada trampa posee un sonido característico, de modo que se requiere de cierta experiencia para poder identificarlos.

Las trampas termostáticas cuando están adecuadamente seleccionadas descargan intermitentemente. De modo que si la trampa opera normalmente, se escuchará un silbido mientras la trampa descarga y no habrá sonidos mientras se encuentra cerrada.

Las trampas de flotador normalmente operan silenciosamente, por lo que es difícil probarlas por medio de su sonido.

Las trampas termodinámicas descargan intermitentemente. Si el ciclo de la trampa es de alrededor de 10 veces por minuto, ésta está operando normalmente, pe-

ro si la trampa está defectuosa, su ciclo se incrementará significativamente. Esto talvés se deba a que la carga exceda la capacidad o que la presión de la línea de retorno está demasiada alta.

- En toda planta debe existir una instalación de prueba para las trampas. Existen instalaciones muy convenientes y de muy bajo costo, que son descritos detalladamente en folletos entregados por fabricantes de trampas de vapor.

#### 4.2.3 Aislamiento térmico

Una fuente común de pérdidas de energía es la falta de aislamiento térmico en tuberías calientes tales como de vapor, aceite térmico, condensado, etc. La instalación de aislamiento térmico significa una reducción en las pérdidas de calor y por tanto del consumo de combustible.

Los ahorros logrados al aislar una tubería caliente dependen entre otros factores del tipo de aislamiento y para su selección influyen la temperatura superficial, la localización, la forma requerida del aislamiento, el costo inicial y de mantenimiento.

Los ahorros debidos a la instalación de aislamiento térmico, los podemos calcular como sigue:

Diferencia de temperatura entre la tubería y el aire (°C)	Pérdidas calor (KJ/hr. mts.), para tubería de diámetro (mm):									
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	
56	193	234	285	372	389	477	557	678	837	
67	243	297	360	440	190	603	712	850	1068	
78	297	360	440	536	599	733	867	1072	1298	
89	356	431	528	645	737	888	1043	1248	1562	
100	419	502	607	749	842	1026	1214	1440	1805	
111	482	590	712	867	976	1202	1411	1687	2152	
125	574	687	837	1026	1156	1419	1671	1997	2512	
139	662	808	980	1197	1344	1650	1943	2240	2935	
153	758	917	1122	1378	1545	1901	2244	2688.1	3383	
167	867	1051	1285	1574	1762	2169	2567	3019	3936	
180	984	1185	1470	1779	2001	2433	2910	3454	4283	

TABLA 4.5 PERDIDAS DE CALOR EN TUBERIAS HORIZONTALES

$$\text{Ahorros de Energía} = \frac{(\text{Pérdidas de calor}) \cdot (\text{Reducción en las pérdidas}) \cdot (\# \text{ de hrs.})}{\text{Eficiencia del caldero.}} \quad (\text{ec. 4.2.3})$$

Las pérdidas de calor las podemos calcular usando los valores de la Tabla 4.5.

Para la reducción en las pérdidas de calor se asume para la tubería desnuda un 90%, por considerar que es el equivalente para el espesor económico de aislamiento, y para tubería a la que se va a aplicar más aislamiento un 70%.

#### 4.2.4 Control de fugas de aire comprimido

Es muy común que existan fugas de aire comprimido debido a que son inodoros, incoloros y su sonido es opacado por ruidos de maquinarias en la planta.

Apreciable cantidad de energía puede ser ahorrada reparando las fugas de aire comprimido, por lo que se recomienda inspeccionar periódicamente las líneas, válvulas y accesorios para detectar posibles fugas y corregirlas.

Un método común de detectar las fugas es colocando agua con jabón en las uniones y comprobando si se forman burbujas, otra buena práctica es la de detectar el sonido de las fugas cuando la planta no está funcionando, como por ejemplo los fines de semana.

Los ahorros de energía logrados reparando las fugas de aire los podemos calcular así:

$$\text{Ahorros de Energía} = \text{FUGAS (m}^3/\text{min.)} \times \frac{\text{Kw}}{\text{m}^3/\text{Hr}} \times \text{Hr de operación}$$

x Factor de servicio.

(ec. 4.2.4)

donde las fugas las podemos calcular con la ecuación:

$$\text{m}^3/\text{min} = 0.0094 d^2 (p+1)$$

donde d = diámetro del orificio en mm. y P = la presión en bars.

Los KW consumidos por m<sup>3</sup>/hr de aire suministrado los podemos obtener de los catálogos de los compresores y en caso de que no se tengan estos catálogos, se pueden usar los siguientes valores:

$$22 \text{ BHP POR } 100 \text{ pies cúbicos de aire a } 100 \text{ PSI } (0.097 \frac{\text{Kwxhr}}{\text{m}^3})$$

$$18 \text{ BHP por } 100 \text{ pies cúbicos de aire a } 70 \text{ PSI } (0.079 \frac{\text{Kwxhr}}{\text{m}^3})$$



CAPITULO V  
MEDIDAS PARA REDUCIR EL CONSUMO ENERGETICO

5.1 MEJORAS EN LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PROCESOS Y EQUIPOS

5.1.1 Organización de la producción

En muchas ocasiones el mayor potencial de economía de energía es debido a los problemas de organización de la producción y al uso poco racional de los equipos. Estos problemas son mayores en industrias que trabajan para terceros y que tienen una producción poco especializada.

La experiencia ha demostrado que aumentando las tasas de producción y disminuyendo el tiempo muerto en equipos se logra disminuir considerablemente el consumo específico de energía.

Por lo general una maquinaria es diseñada para que funcione a máxima eficiencia a su capacidad nominal, por lo que es deseable que toda máquina funcione a esta capacidad, si la calidad del producto lo permite. Si combinamos esta medida con una producción programada, se reducirán los tiempos muertos, disminuyendo así el tiempo de operación de las maquinarias y el consumo de energía.

En el exterior algunas industrias han implantado las siguientes medidas relativas a la organización de la producción y racionalización de los procesos:

- Sustitución de los colorantes utilizados por otros que exigen menores temperaturas de proceso.
- Teñido y blanqueados simultáneos.
- Instalación de dispositivos de programación automática en los teñidores.
- Instalación de dispositivos de control de humedad en la salida de los secadores.
- Estampados en húmedo.
- Reprogramación del régimen de trabajo de los secadores con la consecuente reducción de los transitorios y tiempos muertos.

Los resultados han sido bastantes favorables. En algunas industrias en un año se logró aumentar la capacidad de producción en un 50% y disminuir el consumo específico de energía en igual proporción.

Los ahorros logrados dependerán de las características de cada fábrica, y es bastante difícil predecir cuánto se ahorrará con determinada medida. Lo que nos puede servir de

referencia son los resultados que han obtenido ciertas industrias al implantar medidas similares a los que planeamos.

#### 5.1.2 Reducción de evaporación en equipos

Algunos equipos en la industria textil operan con baños calientes que están sujetos a pérdidas por evaporación, que aumentan cuando es mayor la superficie de contacto entre el líquido y el aire y cuando es mayor la temperatura del líquido. Tales situaciones ocurren por ejemplo en barcas o jigger abiertas, en equipos de lavado y también en la recirculación de baños en los tanques de expansión de turbostatos o Jets. De un modo general las pérdidas por evaporación son prácticamente despreciables hasta los  $60^{\circ}\text{C}$ , comienzan a ser perceptivas entre los  $60$  y  $80^{\circ}\text{C}$  y crecen drásticamente a partir de los  $80^{\circ}\text{C}$ . En la Figura 5.1 se aprecian las pérdidas de energía debidas a evaporación.

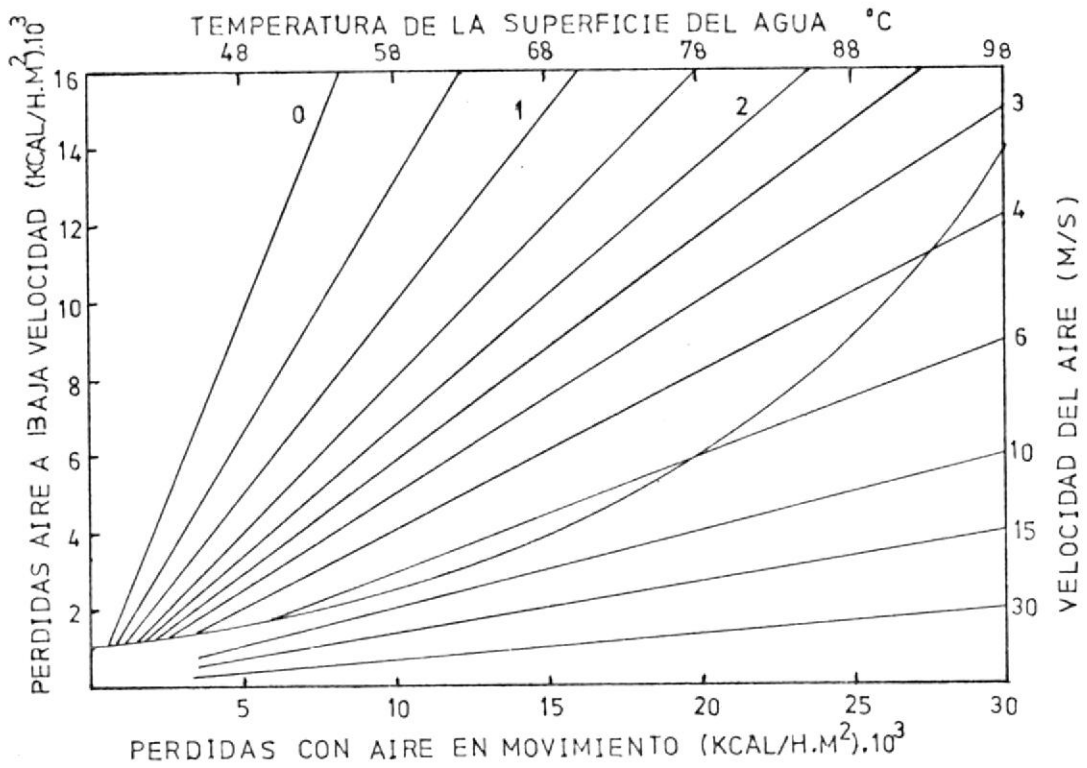


Fig. 5.1 PERDIDAS DE CALOR EN LA SUPERFICIE DEL AGUA

Por ejemplo una superficie de la  $1m^2$  a  $60^{\circ}C$  con aire a bajas velocidades, pierde  $3.000$  Kcal/hr, mientras que una a  $80^{\circ}C$  pierde  $6.500$  Kcal/hr.

Los ahorros de energía logrados al disminuir las pérdidas de evaporación se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Ahorros de Energía} = \frac{\text{Pérdidas de energía} \times \text{Reducción en las pérdidas} \times \text{hrs. de servicio.}}{\text{Eficiencia del caldero.}} \quad (\text{ec. 5.1.1})$$

Las pérdidas de energía las determinamos en la Figura 5.1.

Al tapar un equipo, la reducción en las pérdidas de energía

se consideran en un 50%. A pesar de que no se escapa el vapor, el agua se sigue evaporando y se condensa al chocar - con la tapa, cediendo calor al ambiente por la misma.

A parte de tapar los equipos para reducir las pérdidas por - evaporación, se pueden tomar otras medidas como:

- Reducir la velocidad de calentamiento, disminuyendo el - flujo de vapor.
- Usar colorantes que necesiten menor temperatura de fija- ción.
- Cambiar los equipos.

En algunas industrias se ha logrado reducir el consumo de - energía tapando ciertas máquinas en un 20 a 30% y reducién- do la velocidad de calentamiento en un 20%. Combinando am- bas medidas se ha logrado reducir el consumo de energía has- ta en un 50%.

Como podemos darnos cuenta los ahorros logrados son grandes comparados con los gastos que se puedan presentar.

### 5.1.3 Control de operación en secadores

En las industrias textiles se encuentran dos tipos de máqui- nas de secado. Unas en las cuales el vapor circula dentro- de unos tambores y la tela está en contacto con los mismos

en la parte exterior. Las otras y más comunes, son aquellos en las que se estira la tela a lo ancho en una cámara en la que se introduce aire caliente. El aire frío se calienta ya sea directamente con llamas, o bien en un intercambiador de calor de vapor o fluido térmico.

En estas máquinas, además del proceso de secado, es posible realizar el de termofijado.

El consumo energético de estas máquinas, incluyendo el consumo de electricidad de los ventiladores, es de aproximadamente 5-10 MJ/Kg de agua evaporada.

Es posible ahorrar energía de la siguiente manera:

- a) El consumo de energía de un secador será menor cuando - menor sea la humedad del producto a la entrada.

Los ahorros de energía que se obtienen al disminuir el porcentaje de humedad de la tela a la entrada son iguales a:

$$\text{Ahorros de Energía} = \frac{\text{Reducción en } \% W \times \% W \times \text{Kg tela secados} \times (h_P, T - h_f)}{E_f} \quad (\text{ec. 5.1.2})$$

donde:

$\% W$  = es el porcentaje de humedad de la tela a la entrada del secador.

$h_{P, T}$  = es la entalpía del agua evaporada a la presión parcial y temperatura de las condiciones de escape.

$h_f$  = es el calor sensible del agua a la temperatura del aire de entrada.

$E_f$  = es la eficiencia del caldero de vapor o aceite térmico.

Se puede reducir el porcentaje de humedad de la tela - mediante la implantación de unidades mecánicas de extracción como: centrifugadoras, exprimidoras, extractores de vacío.

- b) La optimización de operación de los equipos pueden significar considerables economías. En algunos casos, grandes ahorros pueden lograrse con simples regulaciones o pequeñas modificaciones, sin embargo en otros, las modificaciones necesarias pueden llegar a ser injustificadas económicamente.

Normalmente las mayores pérdidas en los secadores ocurren con el aire de escape, además a veces se encuentran que la humedad relativa de éste es bastante baja lo que significa bajas tasas de evaporación y que mayor cantidad de humedad podría ser extraída.

Para contrarrestar esto pueden tomarse dos medidas en el control del flujo de aire:

- a) Regular los registros de aire de las chimeneas para disminuir el caudal de aire.
- b) Recircular parte del aire de escape, ya que aun está en condiciones de extraer más humedad.

Si se cierran los registros de aire, la temperatura del mismo tiende a subir, pero el tejido debe ser procesado en cierto rango de temperatura, entonces el suministro de energía debe ser disminuido para mantenerla en el valor deseado, o la velocidad de la tela debe ser incrementada. De cualquier modo el consumo específico de energía disminuirá.

En el caso que se recircule parte del aire de escape, la velocidad del mismo y del tejido no variará, pero la cantidad de aire de reposición disminuirá y por lo tanto el consumo de energía también.

Con cualquiera de los métodos mencionados lo que se busca es aumentar la humedad relativa del aire de escape, ya que a medida que ésta aumenta, el consumo de energía disminuye. Sin embargo también hay que considerar que la elevación de la humedad del agente de secado reduce -

la tasa de evaporación, fenómeno que se muestra más acentuado para las humedades más próximas a las de saturación.

En la Figura 5.2 se observan estos efectos y también que existe un punto óptimo de humedad de aire al cual el CEE es mínimo.

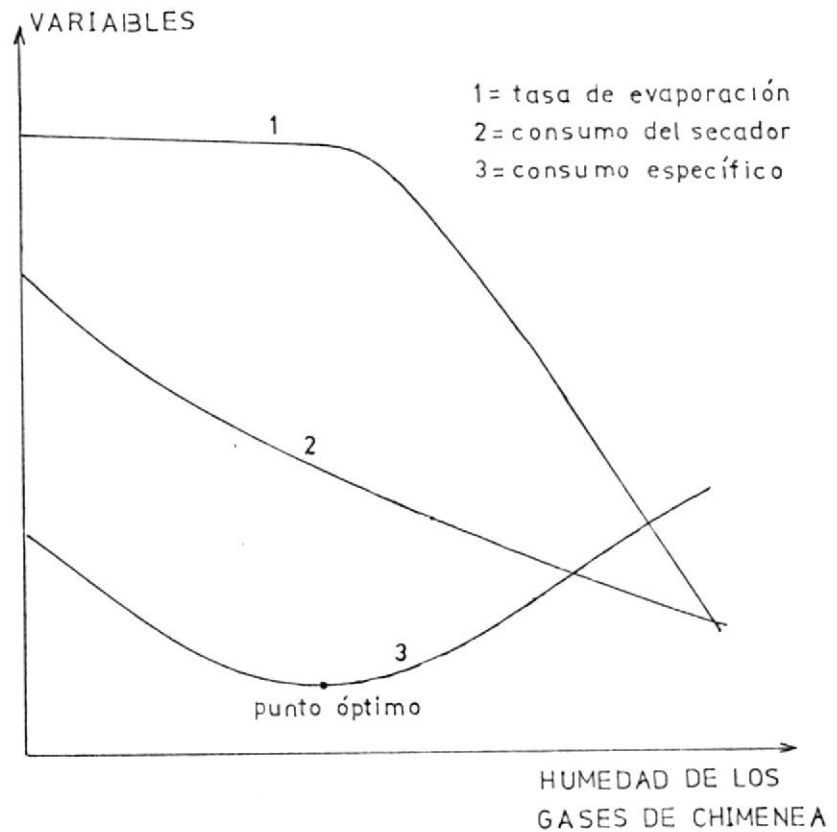


FIG. 5.2 EFECTOS CUALITATIVOS EN LAS CHIMENEAS DE SECADORES DEBIDO A VARIABLES OPERACIONALES.

- c) Otro método de disminuir el consumo de energía es secando la tela hasta un contenido de humedad residual más elevado. La extracción de agua del producto hasta humedades abajo de su valor de equilibrio con el ambiente es innecesaria, ya que el producto al salir del secador absorberá humedad hasta llegar al valor citado.

En las Tablas 5.1 y 5.2 se indican los valores de equilibrio para diferentes tejidos y condiciones ambientales.

TABLA 5.1  
HUMEDAD ABSORBIDA POR EL TEJIDO EN AIRE A  
65% DE HUMEDAD

FIBRAS	PRESENTACION	HUMEDADES ABSORBIDAS POR LA FIBRA, BASE SECA (%).
Algodón	-	8.0
Algodón	mercerizado	11.0
Lino	bruto	10.0
Lino	fleco	8.5
Cáñamo	fleco	8.5
Yute	-	12.5
Lana	lavada	14.5
Seda	desgomada	9.5
Diacetato	-	6.0
Triacetato	-	4.0
Clorato de Polí vinila (PVC)	-	0
Acrílica	-	1.5
Vinílica	-	5.0
Poliéster	-	0.5
Poliamida	-	4.0

HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (%)	F I B R A S						POLIAMIDA (%)
	ALGODON (%)	LANA (%)	SEDA (%)		ACETATO (%)		
5	1,4	2,2	1,8	-	-	1,1	
10	2,4	4,0	3,2	3,9	0,85	-	
15	3,0	5,7	4,4	-	-	1,4	
20	3,6	7,1	5,4	5,7	1,70	-	
25	3,9	8,3	6,1	-	-	1,7	
30	4,3	9,4	6,7	7,4	2,45	-	
35	4,6	10,4	7,3	-	-	2,3	
40	5,0	11,0	7,8	8,8	3,25	-	
45	5,3	11,8	8,4	9,7	3,65	-	
50	5,7	12,6	8,8	10,4	4,20	2,8	
55	6,3	13,4	9,4	11,3	4,75	-	
60	6,7	14,2	9,9	12,2	5,25	3,4	
65	7,3	15,0	10,5	13,1	5,95	-	
70	7,9	16,0	11,4	14,3	6,75	4,1	
75	8,8	17,1	12,5	-	-	-	
80	9,9	18,6	14,0	17,1	8,55	5,0	
85	11,4	20,5	15,9	-	-	-	
90	13,6	23,2	18,4	21,9	11,30	5,7	
95	17,5	27,0	22,7	-	-	6,1	

TABLA 5.2  
HUMEDAD DE FIBRAS TEXTILES A DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES

Para determinar los ahorros de energía que se obtienen al dejar secar más de lo necesario el tejido, se puede utilizar la ecuación 5.1.2 cambiando el término de "reducción en %W" por el "exceso de humedad que se extrae".

Para controlar la humedad de salida del producto se puede instalar un control que mide el porcentaje de humedad y regula la velocidad de la tela según su valor o si no se puede medir con un higrómetro la humedad y manualmente regular el secador.

#### 5.1.4 Reducción de la relación de baño

En las operaciones realizadas en equipos que operan con baños, cerca del 85 al 90% de la energía consumida es utilizada para calentar y mantener la temperatura de los mismos. De aquí que el consumo específico de energía de estas operaciones puede ser disminuido a través de procedimientos que impliquen reducir las relaciones de baño. Los equipos modernos como máquinas Jet son diseñadas para trabajar con bajas relaciones de baño, pero aun en estas máquinas es posible lograr economías haciéndolas trabajar en el límite superior de su capacidad productiva, ya que al trabajar con una masa de material menor a este límite se eleva necesariamente la relación de baño, aumentando así el consumo específico del proceso.

En los equipos tradicionales de teñido, se puede disminuir la relación de baño para la cual fueron proyectados mediante algunos artificios y dispositivos.

Los equipos que trabajan a presión, normalmente operan con todo su volumen interno ocupado por el baño y son presurizados por bombas estáticas. Como alternativa puede ocuparse una parte del volumen interno con aire comprimido a la presión de operación, para evitar la evaporación del baño. Como consecuencia la bomba estática se desconecta suprimiendo la recirculación del baño en el tanque de expansión. Debe tenerse cuidado que los colorantes utilizados sean compatibles con la presencia de oxígeno y dificulten la formación de espuma.

Otra alternativa es ocupar parcialmente el volumen interno de los equipos con dispositivos de acero inoxidable huecos, conjuntamente con bombas para mejorar el flujo.

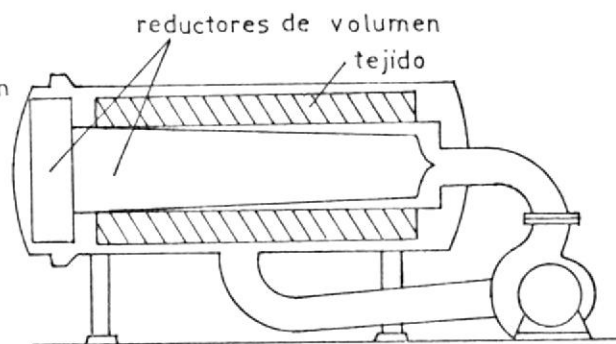
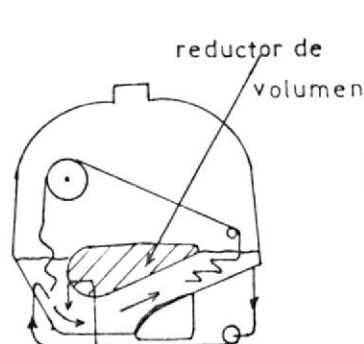


FIG. 5.3 REDUCTOR DE VOLUMEN EN UNA BARCA.

FIG. 5.4 REDUCTOR DE VOLUMEN EN UN TURBO HORIZONTAL.

La economía de energía obtenida con la adopción de esta medida ocurre fundamentalmente en las fases de calentamiento de los baños, se asume despreciable la diferencia de las pérdidas superficiales entre la situación original y la nueva. Bajo estas condiciones el ahorro será:

$$\text{Ahorro de Energía} = M_b \times C_b (T_{mb} - T_i) \quad (\text{ec. 5.1.3})$$

$M_b$  = es la variación de la masa del baño entre las dos situaciones.

$C_b$  = calor específico del baño

$T_{mb}$  = temperatura máxima del baño en el equipo

$T_i$  = temperatura inicial del baño en el equipo

Finalmente, hay que destacar que además de las economías logradas es posible realizar mayor número de ellos durante el día.

## 5.2 RECUPERACION DE CALOR

### 5.2.1 Recuperación de condensado

Hemos mencionado ya la considerable cantidad de energía (calor sensible) que tiene el condensado que se purga de tuberías y equipos. Además el condensado es agua pura que no necesita tratamiento químico a excepción de la corrección del Ph. Por esto, la realimentación de condensado al calde

no permite ahorrar combustible, químicos y agua.

Los ahorros de energía que se obtienen al recuperar condensado es igual a:

$$\text{Ahorro de Energía} = \frac{M_c \times C \times (T_c - T_r) \times \text{Horas de operación}}{\text{Eficiencia del Caldero}}$$

(ec. 5.2.1)

donde:

$M_c$  = el flujo de condensado que se recupera

$C$  = el calor específico del agua

$T_c$  = temperatura del condensado

$T_r$  = temperatura del agua de reposición

Este valor calculado debe ser comparado con los costos de instalación de la línea de retorno. No siempre se justifica retornar todo el condensado al caldero, sobre todo - cuando las distancias son considerables y se perdería demasiado calor en las líneas aun cuando éstas estuvieran - aisladas.

Tampoco se recomienda retornar al caldero condensado que tenga riesgos de estar contaminado con aceite o químicos.

Esto no significa que la energía de estos condensados no pueda ser aprovechada en alguna necesidad de calentamiento. Por lo que siempre deben hacerse estudios de factibi-

lidad para su utilización.

### 5.2.2 Recuperación de calor de aguas residuales

Hemos mencionado anteriormente que gran parte de la energía consumida en los procesos de preparación, teñido y lavado es utilizada para calentar los baños. Analizamos que se puede disminuir este consumo reduciendo la "relación de baño" de los equipos, pero otra medida, es recuperar el calor de los efluentes.

En las Figuras 5.5 y 5.6 podemos observar diagramas de energía típicos para 3 máquinas comúnmente usadas en la industria textil.

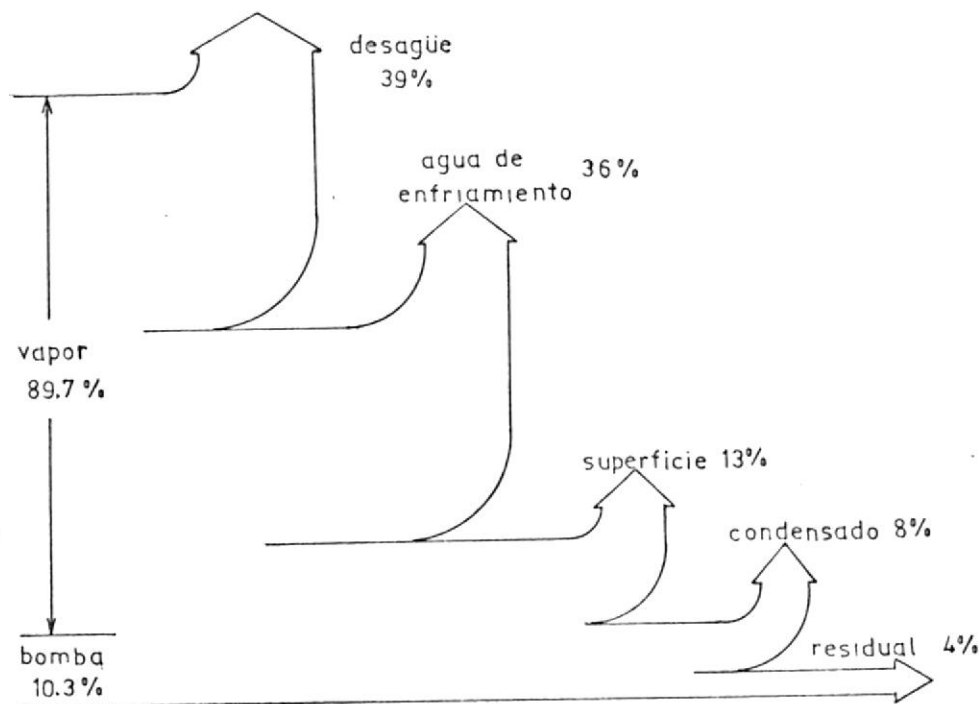


FIG. 5.5 DIAGRAMA DE ENERGIA PARA UN JET

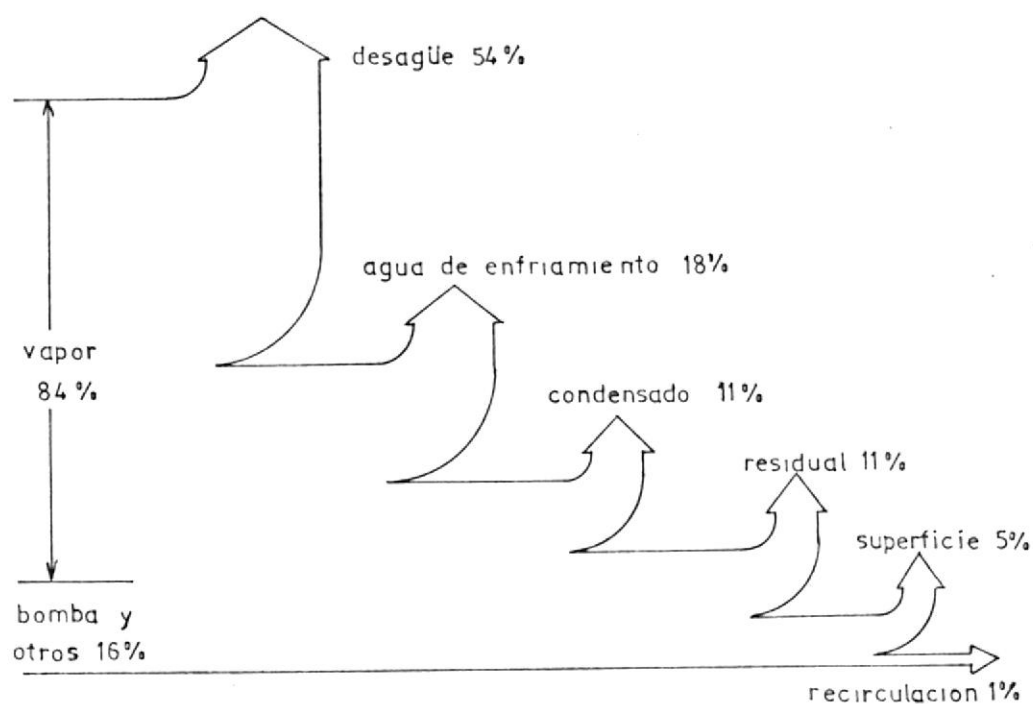


FIG. 5.6 DIAGRAMA DE ENERGIA PARA UN TURBO VERTICAL

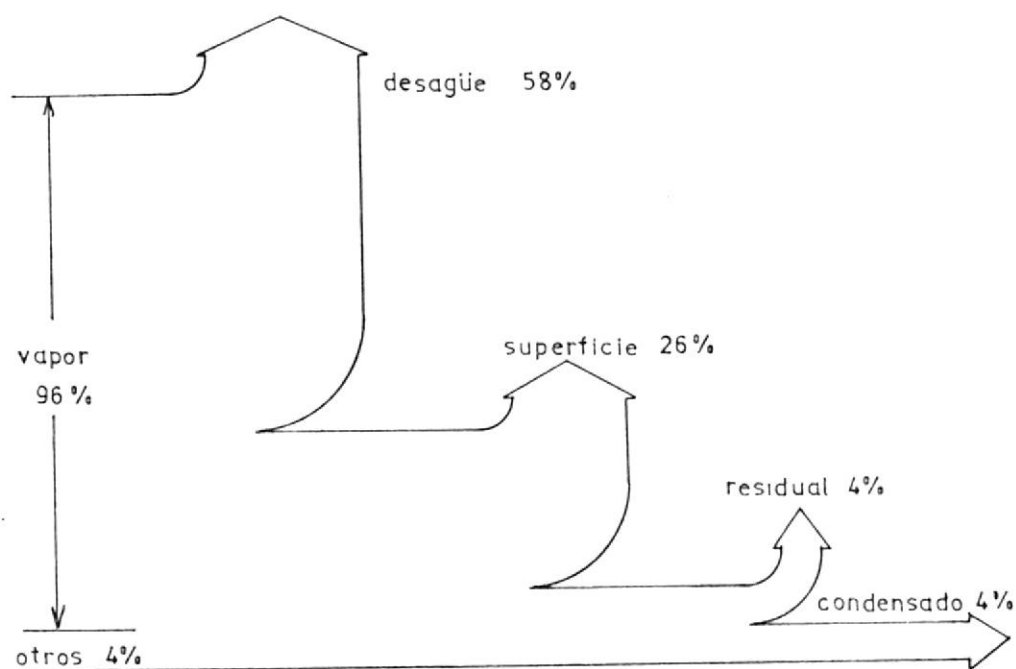


FIG. 5.7 DIAGRAMA DE ENERGIA PARA UNA BARCA

En los tres gráficos nos damos cuenta que las mayores pérdidas ocurren en los desagües y luego con el agua de enfriamiento.

Esta gran cantidad de energía puede ser recuperada con intercambiadores de calor y por recirculaciones de aguas respectivamente.

En el caso de máquinas discontinuas donde los desagües son periódicos y en muchos casos con temperaturas variables, es necesario instalar tanques donde se almacene la energía reaprovechada.

Para determinar el potencial de ahorro de energía por medio de la recuperación del calor de los efluentes, debe asumirse que:

- La diferencia entre las pérdidas superficiales y por evaporación de la situación original y la nueva es despreciable.
- La energía que se pierde con el producto es la misma para la dos situaciones.
- Los flujos máxicos y temperaturas de los efluentes que salen de los equipos son los mismos en ambas situaciones.

Tomando en cuenta las anteriores asunciones, analizamos los siguientes casos:

Recuperación de calor de una lavadora continua

El caso que analizamos a continuación es el de una lavadora continua con calentamiento por vapor directo.

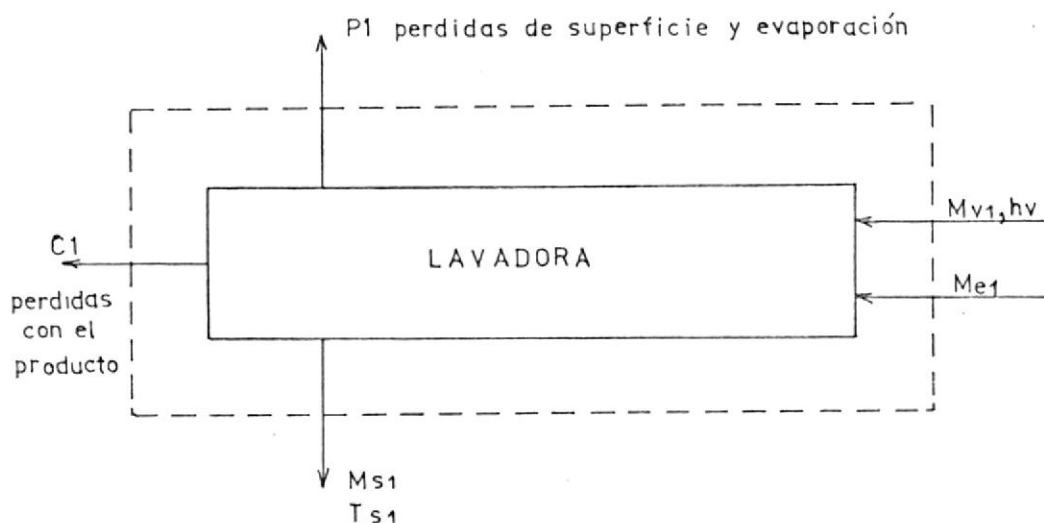


FIG. 5.8 ESQUEMA DE UNA LAVADORA CONTINUA

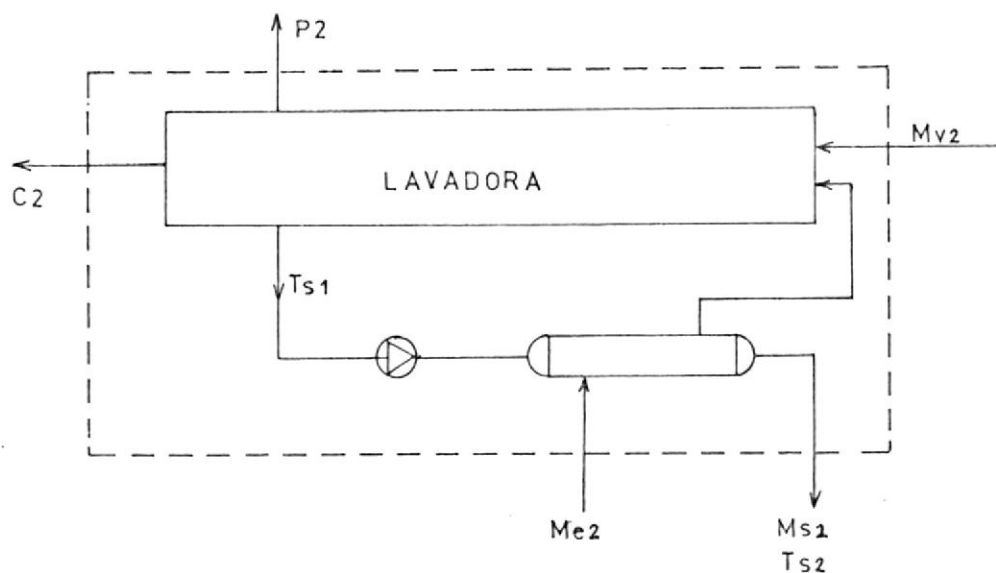


FIG. 5.9 ESQUEMA DE UNA LAVADORA CONTINUA CON RECUPERACION DE CALOR.

$Mv1$  = consumo de vapor en la situación original

$Mv2$  = consumo de vapor en la nueva situación

$Ms$  =  $Ms1$  =  $Ms2$  = flujo másico de los efluentes

$Ts1$  = temperaturas de los efluentes en la situación original

$Ts2$  = temperaturas de los efluentes en la salida del intercambiador de calor.

$h_v$  = entalpía del vapor

$h_e$  = entalpía del agua que entra

$C$  = calor específico del agua

Haciendo un balance energético en ambos casos y considerando que  $P1 - P2 = 0$  y  $C1 - C2 = 0$ , tenemos:

$$Ms1 \quad h_{s1} = Mv1 \quad h_v + Me1 \quad h_{e1}$$

$$Ms2 \quad h_{s2} = Mv2 \quad h_v + Me2 \quad h_{e2}$$

haciendo la diferencia y despejando:

$$Mv1 - Mv2 = \frac{Ms (h_{s1} - h_{s2})}{h_v - h_e}$$

$$Mv1 - Mv2 = \frac{Ms \quad c \quad (Ts1 - Ts2)}{h_v - h_e}$$

La eficiencia del intercambiador de calor es:

$$E = \frac{Ms \quad C \quad (Ts1 - Ts2)}{Me2 \quad (Ts1 - To)} \quad To = \text{temperatura ambiental}$$

y si  $Me2 = Ms - Mv2$ , entonces

$$Mv2 = \frac{Mv1 (h_v - h_e) - Ms \quad C \quad E \quad (Ts1 - To)}{(h_v - h_e) - E \quad C \quad (Ts1 - To)}$$

el ahorro de energía será:

$$\text{Ahorro de Energía} = \frac{(Mv1 - Mv2) h_v \times \text{Horas de operación}}{\text{Eficiencia del Caldero}}$$

(ec. 5.2.2)

Recuperación de calor de aguas de enfriamiento en tinturadoras.

Los siguientes son los esquemas de flujo de masa y energía.

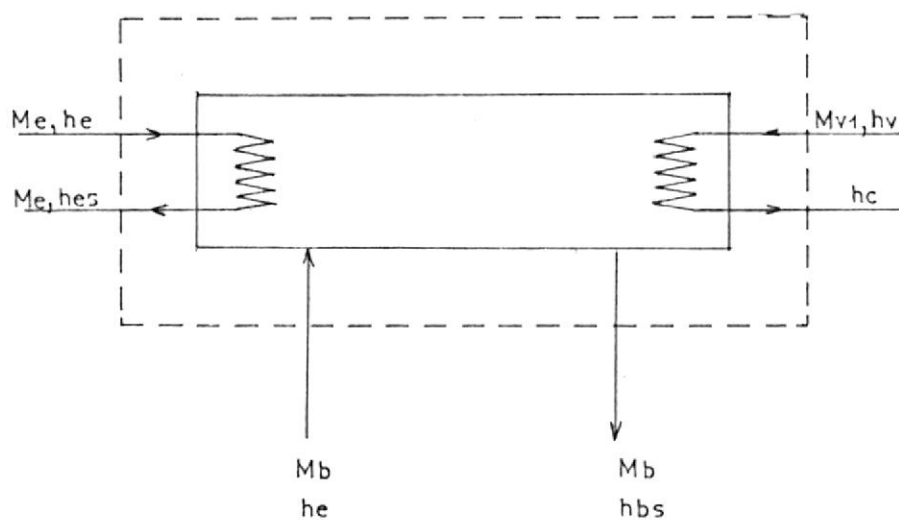


FIG. 5.10 ESQUEMA DE FLUJO DE MASAS Y ENERGIA

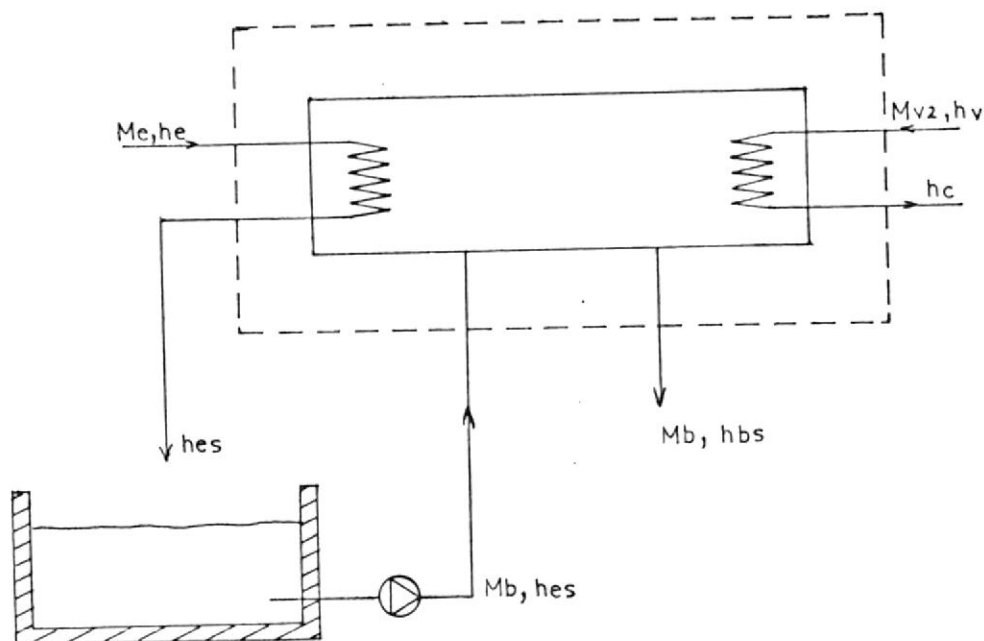


FIG. 5.11 ESQUEMA DE FLUJOS DE MASAS Y ENERGIA CON RECIRCULACION DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO EN UNA TINTURADORA.

donde:

$M_v$  = flujo de vapor durante el ciclo

$M_e$  = flujo del agua de enfriamiento durante el ciclo

$M_b$  = masa del baño

$h_e$  = Entalpía del agua a temperatura ambiente

$h_{es}$  = Entalpía promedio del agua de enfriamiento a la salida del intercambiador.

$h_{bs}$  = Entalpía del agua a la salida del baño

$h_c$  = Entalpía del condensado;

El balance de energía para las dos situaciones es:

$$M_{v1} \cdot h_v + M_e \cdot h_e + M_b h_e = M_e \cdot h_{es} + M_b \cdot h_{bs} + M_{v1} \cdot h_c$$

$$M_{v2} \cdot h_v + M_e \cdot h_e + M_b \cdot h_{es} = M_e \cdot h_{es} + M_b \cdot h_{bs} + M_{v2} \cdot h_c$$

efectuando la diferencia de las dos ecuaciones y despejando:

$$M_{v1} - M_{v2} = \frac{M_b (h_{es} - h_e)}{h_v - h_c} = \frac{M_b \cdot C \cdot (T_{es} - T_e)}{h_v - h_c}$$

el ahorro de energía será:

$$\text{Ahorro de Energía} = \frac{(M_{v1} - M_{v2}) \cdot h_v \cdot \# \text{ de ciclos}}{\text{Eficiencia del Caldero}} \quad (\text{ec. 5.2.3})$$

### Recuperación de calor de los efluentes

El flujo de masas y energía con recuperación de calor se representa en el esquema de la Figura 5.12.

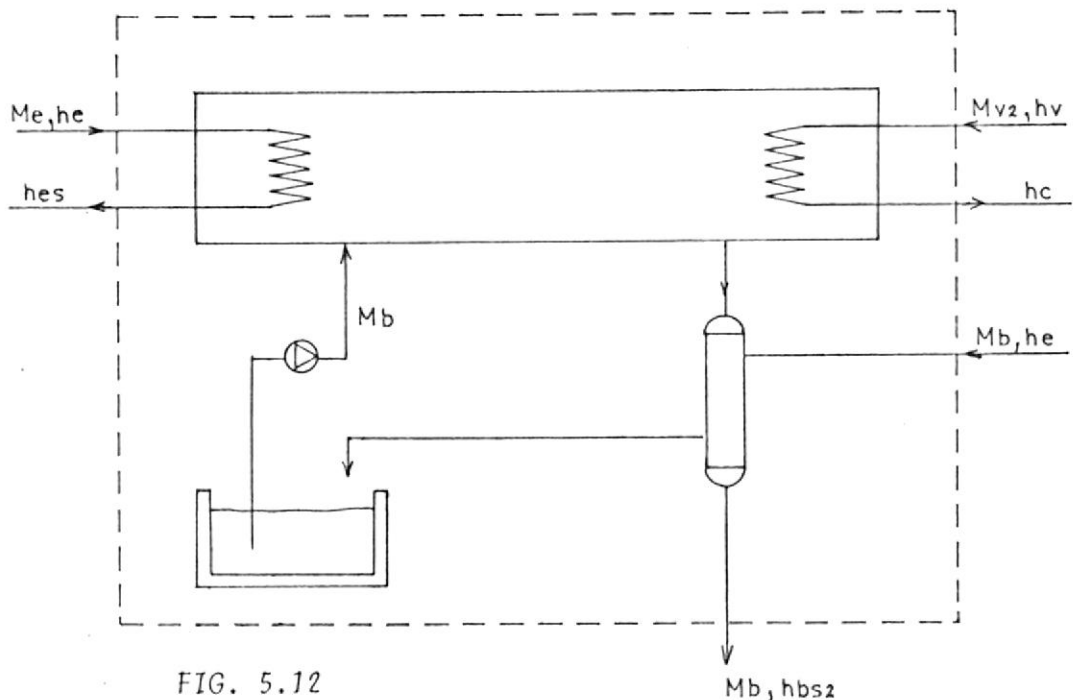


FIG. 5.12

$$M_{v1} \cdot h_v + M_e \cdot h_e + M_b \cdot h_e = M_e \cdot h_{es} + M_b \cdot h_{bs} + M_{v1} \cdot h_c$$

$$M_{v2} \cdot h_v + M_e \cdot h_e + M_b \cdot h_e = M_e \cdot h_{es} + M_b \cdot h_{bs2} + M_{v2} \cdot h_c$$

realizando la diferencia y despejando

$$M_{v1} - M_{v2} = \frac{M_b \cdot (h_{bs} - h_{bs2})}{h_v - h_c} = \frac{M_b \cdot C \cdot (T_{bs} - T_{bs2})}{h_v - h_c}$$

La eficiencia del intercambiador de calor la definimos:

$$E_f = \frac{M_b \cdot C \cdot (T_{bs} - T_{bs2})}{M_b \cdot C \cdot (T_{bs} - T_o)}$$

donde  $T_o$  es la temperatura ambiente y es igual a  $T_e$ .

Reemplazando:

$$M_{v1} - M_{v2} = \frac{E_f \cdot M_b \cdot C \cdot (T_{bs} - T_e)}{h_v - h_c}$$

y el ahorro de energía será:

$$\text{Ahorro de Energía} = \frac{(M_{v1} - M_{v2}) \cdot h_v \cdot \# \text{ de ciclos}}{\text{Eficiencia del Caldero}} \quad (\text{ec. 5.2.4})$$

## CAPITULO VI

### EVALUACION INDUSTRIAL

Para realizar una evaluación de las condiciones de operación de las industrias textiles en el país, se visitaron tres industrias. De las industrias visitadas, se tomaron datos en dos de ellas y en la tercera - tan sólo se realizó una caminata de inspección puesto que por su pequeña capacidad de producción no se justificaba tomar datos.

A pedido de los funcionarios de las industrias visitadas, no se mencionará el nombre de las mismas y para hacer referencia a ellas las denominaremos industria A e industria B.

Los datos obtenidos y la evaluación de los mismos de la industria B se los expondrá en el Apéndice B.

#### 6.1 CARACTERISTICAS GENERALES (INDUSTRIA "A")

Esta industria se dedica a la fabricación de casimir tropical, poliester y rayón para prendas de vestir. En la planta se identifican cinco secciones funcionales que son: hilandería, tejeduría, tintorería-acabado, sala de calderos y sección de enfriadores de agua. De las cinco, las tres primeras se dedican a la elaboración del producto. La secuencia de flujo del proceso puede apreciarse en las figuras 6.1, 6.2 y 6.3.

MEZCLADORAS	PEINADORAS	MEZCLADORAS	PREPARADORA (Mechera)
HILADORA	VAPORIZADORA	RETORCIDO	HILO

Fig. 6.1 DIAGRAMA DE FLUJO EN LA SECCION DE HILANDERIA

HILO	URDIDORA	CANILLADORA
TELARES	TELA CRUDA	

Fig. 6.2 DIAGRAMA DE FLUJO EN LA SECCION DE TEJEDURIA

Para los procesos de calentamiento se utiliza vapor que es generado en la sala de calderos. En ésta hay cuatro calderos de tubos de fuego de 200 HP cada uno, de los cuales normalmente funcionan tres.

Como combustible utilizan bunker (Fuel Oil #6).

En la secadora, se utiliza para el calentamiento del aire, aceite térmico Marloterm S, que a su vez es calentado en dos calderos - verticales de diesel.

El sistema de aire acondicionado, consta de dos unidades de absorción de vapor. Cada unidad tiene una capacidad de 227 Ton. y el agua fría obtenida es distribuída a siete "rotary sprinkler" para enfriar el aire de las instalaciones.

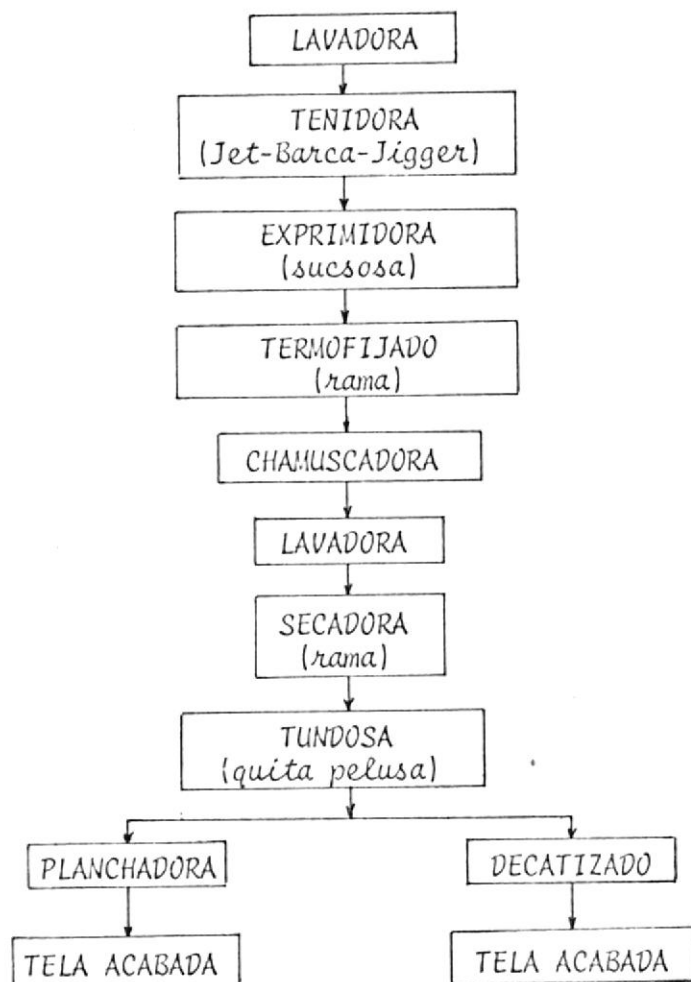


Fig. 6.3 DIAGRAMA DE FLUJO EN LA SECCION DE TINTORERIA Y ACABADO.

## 6.2 DATOS OBTENIDOS (INDUSTRIA "A")

### 6.2.1 Consumos de energía

Entre junio de 1983 y junio de 1984, los consumos de energía y sus costos fueron:

FORMA DE ENERGIA	CANTIDAD	COSTO ANUAL
Electricidad (KWH)	2'292.400	S/. 7'564.920,00
Potencia pico (KW)	840	665.280,00
BUNKER (Gals)	317.818	4'131.634,00
DIESEL (Gals)	135.029	<u>2'768.095,00</u>
		15'129.929,00
		=====

### 6.2.2 Producción

Para el mismo período, las producciones aproximadas fueron:

Hilandería 160.000 Kgs.

Tela acabada 937.900 mts.

### 6.2.3 Sala de Calderos

Número de unidades 4

#### DATOS DE PLACA

Potencia 200 HP

Producción de vapor 6900 lbs/Hr a 212°F

#### DATOS DE OPERACION

Número de unidades en funcionamiento normalmente 3

Horas de operación 4600 Hrs/año

## CALDERO N°1

CARGA	BAJA	MEDIA	ALTA
% CO <sub>2</sub>	9.5	9.0	13.6
% O <sub>2</sub>	9.1	10.5	5.5
Número de humos	2	3	5-6
Temperatura de los gases (°F)	363	-	412
Temperatura del aire de combustión (°F).	87.5	87.5	95.5
Temperatura del agua de alimentación (°F).	169	169	169
Presión del vapor (PSI)	90	95	115
Arrastre (pulg. Hg)	-0.25	-1.3	-2.2

## CALDERO N°2

CARGA	BAJA	MEDIA	ALTA
% CO <sub>2</sub>	14.3	11	14
% O <sub>2</sub>	3.5	6.4	3.3
Número de humos	8	3.5	4.3
Temperatura de los gases (°F)	325	401	437
Temperatura del aire de combustión (°F).	99	99	100
Temperatura del agua de alimentación (°F).	-	-	-
Presión del vapor (PSI)	-	-	-
Arrastre	-	-	-

## CALDERO N°-3

CARGA	BAJA	MEDIA	ALTA
% CO <sub>2</sub>	13	9.6	14.5
% O <sub>2</sub>	5.6	7.8	1.65
Número de humos	8	3.25	4
Temperatura de los gases (°F)	343	412	428
Temperatura del aire de combustión (°F).	99	96	94
Temperatura del agua de alimentación (°F).	154	151	149
Presión del vapor (PSI)	-	-	110
Arrastre	-	-	-

## ANALISIS DE SOLIDOS DISUELTOS (TDS).

	ppm
Agua de los calderos	4700
Agua de alimentación	100
Agua de reposición	125
Condensado retornado	25
Condensado y agua de enfriamiento retornados.	300
Agua a la entrada del tanque de alimentación.	50

6.2.4 Distribución de Vapor

## LINEAS DE VAPOR

SECCION	LONGITUD (pies)	DIAM. (Pulg)	TEMP. SUP. (°F)	TEM. AMB. (°F)
Calderos-Tintorería	246	4	127	84
Tintorería-Chillers	164	4	127	75
Hilandería-Chillers	82	4	127	84
Calderos-Tintorería	820	6	127	84

## FUGAS DE VAPOR

SECCION	DIA. ESTIMADO (mm)	PRESION (bar)
Tintorería	2	7.67
Válvula de tintorería	5	7.67

6.2.5 Líneas de condensado

LONGITUD (mts.)	DIAMETRO (mm)	TEMP. SUP. (°F)	TEMP. AMB. (°F)
155	63.5	176	93
60	63.5	135	93
41	63.5	154	93
12.2	25.4	142	93
5	25.4	169	93
1.5	200	154	93

### 6.2.6 Líneas de distribución de aire comprimido

Horas de operación : 112.5 hrs/semana - 5625 hrs/año

SECCION	# FUGAS	DIA. ESTIMADO	PRESION
Hilandería	1	1	6.2
Tejeduría	5	1	6.2
Tintorería	1	1	6.2
Sala de Compresores.	2	0.5	1.03

### 6.2.7 Calentador de aceite térmico

#### - DATOS DE PLACA

Combustible : diesel

Máxima temperatura: 800°F

Medio calentado : aceite térmico MARLOTERM S,  
p : 0.9 Kg/lt

#### - BOMBA DE ACEITE

Caudal : 80 m<sup>3</sup>/hr

Potencia : 15 Kw

Altura : 47 mts.

Motor : 3 f, 220 V, 49 amp.

#### - DATOS OBTENIDOS

##### Gases de Escape

% CO<sub>2</sub> : 14%

% O<sub>2</sub> : 5.5%

Temperatura de gases : 490°F  
 Número de humos : 3  
 Velocidad de gases : 365 fpm  
 Area de chimenea : 1 ft<sup>2</sup>  
 Temperatura ambiental : 113°F

Aire de Combustión

Temperatura de bulbo seco : 104.5°F  
 Temperatura de bulbo húmedo: 79°F  
 Diámetro de caldero : 1.64 mt  
 Altura : 2.8 mt.  
 Temperatura superficial lateral : 47°C  
 Temperatura superficial superior: 56°C

Tanque de Nivelación

Diámetro : 0.7 mt.  
 Longitud : 1.95 mt.  
 Temperatura superficial : 60°C

Tubería de aceite sin aislamiento

Longitud : 5.78 mts.  
 Diámetro : 0.15 mts.  
 Temperatura superficial : 413.6°F

6.2.8 Secador Termofijador (Rama)

Datos de placa

Velocidad máxima de producción: 80 mt./min.

Temperatura máxima : 400°C

Número de campos (intercambiadores) : 4

Dimensiones ; 45' x 8' x 4.5'

Áreas de entrada de aire : 5.1' x 0.36'

Número de chimeneas : 6

Control de temperaturas : automático

- DATOS DE OPERACION

Horas de operación : 80 hrs/semana - 4.000 hrs/año

Telas procesadas : poliéster-rayón, poliéster-lana

- DATOS MEDIDOS

Proceso : secado

Producto : 70% poliéster-30% rayón, p lineal: 200 gr/mt.  
ancho: 1.5 mt.

Velocidad de producción : 18.8 - 17 mts./min.

Potencia consumida por la bomba de aceite: 14.7 KW

Temperatura de entrada del aceite : 205-200-195°C

Temperatura de salida del aceite : 184-186°C

Temperatura de bulbo seco del aire de entrada: 102.2°F

Humedad relativa del aire de entrada: 44%

Velocidad promedio en la entrada de aire #1 : 980 ft/min

Velocidad promedio en la entrada de aire #2 : 916 ft/min

Condiciones de la tela a la entrada : 75% de humedad (es-  
timada).

Condiciones de la tela a la salida : 18% de humedad (es-  
timada).

Aire de escape

Chimenea	°F	gpm	Diam. (pulg)
1	132.8	2789	11
2	260.6	1989	11
3	302	1678	11.4
4	302	1833	11
5	284	1075	11
6	339.8	4087	11

6.2.9 Máquinas de tinturado

## MAQUINA JET #1

## - DATOS DE PLACA

Capacidad de tela : 400 Kg.

Capacidad máxima de agua : 5.000 lts.

## - DATOS DE OPERACION

Horas de operación: 4.000 hrs/año

Duración de cada ciclo : 3 horas

Tiempo muerto entre ciclos : 1/2 hora

Capacidad de tela : 300 Kg.

Capacidad de agua : 3.000 lts.

Temperatura máxima del baño : 130°C

Temperatura del desague : 70-80°C

Temperatura de salida del agua de enfriamiento: 70°C (promedio).

## MAQUINA JET #2

## - DATOS DE PLACA

Capacidad de tela: -

Capacidad máxima de agua : 5.600 lts.

## - DATOS DE OPERACION

Con referencia a la Jet #1 tan sólo varía la capacidad de agua.

Capacidad de agua : 4.000 lts.

6.2.10 Máquinas enfriadoras de agua (Chillers)

Número de unidades: 2

Tipo: absorción, refrigerante 60% de bromuro de Litio

## - DATOS DE PLACA

Potencia nominal : 227 Ton cada unidad

Consumo teórico de vapor: 7.000 Lbs/hr

Bombas de agua fría: Aurora 411 4 x15 900 GPM - 160 ft;

motor 50 HP, 1.750 RPM, 230 V ,

120 A, 3 F.

Bombas de agua de  
enfriamiento (con-  
densador).

: Aurora 341 6 x 6 x 9 850 GPM, 60 ft;

motor 20 HP, 1750 RPM, 3 F, 230 V,

52 amp.

## - DATOS DE OPERACION

Horas de operación: 4.000 hrs/año aprox.

## POTENCIAS CONSUMIDAS:

	Chiller #1		Chiller #2	
	KW	AMP.	KW	AMP.
Bombas de agua fría	34.66	109	30.5	100
Bombas de condensador.	13.45	43	13.6	41

## Presiones de operación:

	Chiller #1		Chiller #2	
	Descarga (PSI)	Succión (ft)	Descarga (PSI)	Succión (ft)
Bombas de agua fría	82	-4	83	-4
Bombas de condensado	26	+ 13.3	25	+ 13.3

Caudal de agua fría 600 GPM

Caudal de agua condensador. 1100 GPM

Diferencia de temperatura promedio en el evaporador:

6°F

Flujo de condensado en el Chiller #1 :

dif. vol. : 36.93 gal.

dif. t. : 5.03 min.

caudal : 7.34 GPM

6.2.11 Unidades manejadoras de aire

UNIDAD N°1	VELOCIDAD (FPM)	AREA ( $ft^2$ )	CFM	HP-MOTOR
1	-	-	47000	40
2	1960	12.9	25284	25
3	2106	12.1	25482	25
4	2131	12.7	27064	25
5	2131	11.1	23654	25
6	2225	11.1	24698	30
7	2612	17.1	44665	40

Horas de operación: 4250 hrs/año

6.2.12 Sistema de iluminación

SECCION	NUMERO DE BALASTROS QUE SE PUEDEN DESCONECTAR.	HRS/ANO
Sala de calderos	2	4600
Hilandería	43	4000
Depósitos de Hilos	2	3000
Bodega de tintorería.	2	3000
Bodegas	2	6000
Embobinado	25	6000
Telares	16	6000

Consumo de potencia de los balastros: 15 watts.

### 6.3 EVALUACION DE DATOS

#### 6.3.1 Consumos energéticos anuales

FORMA DE ENERGIA	ENERGIA		COSTOS	
	GJ	%	S/.	%
Eléctrico	8.252.6	10.6	8'230.200	54.4
Bunker (fuel oil 6)	50.151.7	64.2	4'131.634	27.3
Diesel (fuel oil 2)	<u>19.741.3</u>	<u>25.2</u>	<u>2'768.095</u>	<u>18.3</u>
	78.145.3	100.0	15'129.929	100.0

#### 6.3.2 Consumo específico de energía

Asumiendo una densidad promedio de la tela de 200 gr/mt., el consumo específico de energía será:

$$CEE : \frac{78.145.3 \text{ GJ}}{937.900 \text{ mt.} \times 0.2 \text{ Kg/mt.}} : 0.417 \text{ GJ/kg de tela}$$

El valor promedio del consumo específico de energía total en el Ecuador es de 0.105 GJ/kg., y normalmente oscila entre los valores de 0.046 a 0.2512 GJ/Kg, dependiendo de los productos que se procesan.

Las normas indican que para una industria con procesos de hilandería y acabado, un CEE normal es 0.12 GJ/kg. Comparando el consumo específico de energía de la fábrica investigada con el valor máximo de 0.2512, obtenemos un potencial de ahorro de:

$$\text{Potencial de ahorro} : \frac{(0.417 - 0.2512) \times 100}{0.417} : 39.7\%$$

### 6.3.3 Sistema de generación de vapor

Con los datos obtenidos de % CO<sub>2</sub>, % O<sub>2</sub> y temperatura, establecemos las eficiencias de combustión utilizando las figuras 4.1, 4.2, y 4.3.

#### EFICIENCIA DE COMBUSTION A CARGA

CALDERO	BAJA	MEDIA	ALTA	PROMEDIO
1	85.4	-	86.63	86.0
2	88.8	85.49	86.33	86.9
4	88.12	84.06	86.65	86.3

Eficiencia de combustión promedio: 86.4

Para determinar las pérdidas por purgas, primero calculamos el porcentaje de purgas y la energía contenida en las mismas.

Agua de alimentación	ppm 100
Agua de reposición	125
Agua de retorno	50

$$50 X + (1-X) 125 :$$

$$50X - 125X : - 25$$

$$X : 0.33$$

Porcentaje de agua de reposición : 67%

$$\text{Porcentaje de purgas} : \frac{125 \times 67}{4700} : 1.78\%$$

La energía que se pierde con las purgas se calcula en base a:

Energía del vapor a 105 PSI : 2763 KJ/kg

Energía del agua de alimentación a 160°F: 297.1 KJ/Kg

Energía del agua saturada a 105 PSI : 726.5 KJ/Kg

Energía del agua a temperatura ambiente : 120.8 KJ/Kg

Calor añadido al vapor: 2763.2 - 297.1 : 2466.1 KJ/Kg

Generación de vapor:

$$\frac{50151.7 \text{ GJ/año} \times 0.864 \times 10^6}{2466.1 \text{ KJ/Kg}} : 17'570.440 \text{ Kg/año}$$

Purgas anuales: 0.0178 x 17'570.440.8 : 312.753.8 Kg/año

Pérdidas con las purgas:

$$\frac{312.753.8 \text{ Kg/año} (726.5-120.8) \text{ KJ/Kg} \times 100}{50.151.7 \text{ GJ} \times 10^6} : 0.35\%$$



Las pérdidas por radiación para este tipo de caldero a carga máxima son del 1.5%, pero se están produciendo 17'570.440 Kg vapor/año, es decir el porcentaje de carga usado es:

$$\% \text{ de carga} : \frac{17'570.440.8 \text{ Kg/año}}{2850 \text{ Kg/hr-año} \times 3 \text{ calderos} \times 4600 \text{ hr/año}} \times$$

$$\times 100 : 45\%$$

y las pérdidas por radiación son:

$$\frac{1.5\%}{0.45} : 3.33\%$$

La eficiencia neta de los calderos es:

Pérdidas de escape : 13.6 %

Pérdidas en purgas : 0.3 %

Pérdidas de radiación:  $\frac{3.3\%}{17.2\%}$

Eficiencia de los Calderos : 82.8%

#### Mejoras en la utilización de los calderos

Primero se propone reducir el porcentaje de sólidos disueltos a 3.000 ppm.

$$\text{Porcentaje de purgas: } \frac{125 \times 67}{3.000} : 2.79\%$$

que equivale a 0.59% de pérdidas

Cada caldero está en capacidad de producir 13'110.000 Kg vapor/año., entonces se propone que un caldero trabaje a 100% de su capacidad y el otro a 30%.

Las nuevas pérdidas por radiación serán:

Caldero principal : 1.5%

Caldero secundario :  $\frac{1.5}{0.3} : 5\%$

$$\text{Pérdidas por radiación promedio.} : \frac{1.5 \times 1 + 5 \times 0.3}{1.3} : 2.31\%$$

Las pérdidas ahora serán iguales a 16.50%.

La disminución en las pérdidas es:  $17.2 - 16.50 = 0.70\%$

Los ahorros anuales de energía:  $50.152 \text{ GJ/año} \times 0.0070:$   
 $351.1 \text{ GJ/año}$

Ahorrar en costos:  $351.1 \text{ GJ/año} \times 82.38 \text{ sucres/GJ} :$   
 $28.923.62 \text{ sucres/año}$

#### Mejoras en la Combustión

Los fabricantes de este tipo de calderos, indican que el porcentaje óptimo de  $\text{CO}_2$  en los gases, para fuel oil #6, debe estar entre un 13 y un 13.8%.

En los datos obtenidos nos damos cuenta que a alta carga se está más cerca de estos valores, pero sin embargo el número de humos es elevado. Esto significa que no se está quemando muy bien el combustible y que revisando las condiciones de operación se podría mejorar un poco la eficiencia.

Vamos a asumir que se puede elevar en 1% la eficiencia de combustión.

Los ahorros de energía, sin tomar en cuenta la mejora en el factor de carga, serán:

$$\text{Ahorros de Energía} : \frac{0.838 - 0.828}{0.838} \times 50.151.7 :$$

$$598.47 \text{ GJ/año}$$

$$\text{Ahorro en Costos} : 598.47 \times 82,38 : 49.301,96 \text{ sucres/año}$$

#### Aislamiento de los tanques de alimentación

$$\text{Area aproximada de cada tanque: } 5.9 \text{ m}^2 - 63.5 \text{ ft}^2$$

$$\text{Temperatura superficial promedio: } 160^\circ\text{F}$$

$$h \text{ promedio} : 2.0 \text{ BTU/hr} - \text{ft}^2 - ^\circ\text{F}$$

$$\text{Pérdidas de calor} : 2 \times 63.5 \times 80 \times 3 \times 4600 \times 1.055 \times 10^6 :$$

$$147.9 \text{ GJ/año}$$

$$\text{Ahorros de Energía} : \frac{147.9 \times 0.9}{0.828} : 160.8 \text{ GJ/año}$$

$$\text{Ahorros en Costos} : 160.8 \times 82.38 : 13.246,70 \text{ sucres/año}$$

$$\text{Inversión Aproximada} : 4 \times 5.9 \text{ m}^2 \times 700,00 \text{ sucres/m}^2 ; 16.520,00 \text{ sucres.}$$

#### 6.3.4 Distribución de vapor

Las líneas de distribución de vapor están aisladas y puede considerarse que están en buenas condiciones. Por esto y tomando en cuenta el alto costo de los aislamientos, no se analiza la posibilidad de aumentar el aislamiento.

Fugas de Vapor

Aplicando la fórmula

$$\text{Kg/hr} : 0.4 d^2 (p + 1)$$

determinamos:

d(mm)	p(bar)	fugas (Kg/hr)
2	7.67	13.87
5	7.67	<u>86.7</u>
	TOTAL	100.57

Ahorros de:  
Energía

$$\frac{100.57 \times 4600 \text{ hr} \times (2763.2 - 120.8) \text{ KJ/Kg} \times 0.5 \times 10^{-6}}{0.828} :$$

: 738 GJ/año

Ahorros en Costos : 738 x 82.38 : S/. 60.796,44 sucres/año

### 6.3.5 Aislamiento de tuberías de condensado

d(mm)	L(mt)	Dif. T(F)	Pérdidas (KJ/hr-mt)	Pérd.(KJ/hr)
63.5	155	83	439.4	68.107
63.5	60	42	188.9	11.334
63.5	41	61	306.0	12.546
25.4	12.2	49	115.2	1.405.4
25.4	5	76	194.6	973
200	1.5	61	844.2	<u>1.266.3</u>
				95.631.7

$$\text{Ahorros de Energía} : \frac{95.631.7 \times 0.9 \times 4600 \times 10^{-6}}{0.828} : 478.16 \text{ GJ/año}$$

$$\text{Ahorro en Costos} : 478.16 \times 82.38 : S/. 39.390,68 \text{ sucres/año}$$

Costos de Inversión: material e instalación aproximados

Tubería de 21/2" .....	S/.1.900,00/mt x 256 mt:	S/.486.400,00
Tubería de 1" .....	S/.1.250,00/mt x 17.2 "	21.500,00
	TOTAL	S/.507.900,00

### 6.3.6 Pérdidas de aire comprimido

Aplicando la fórmula

$$M^3/\text{min} : 0.0094 d^2 (p+1)$$

Obtenemos

# de Fugas	Día estimado (mm)	Presión (bar)	Fugas ( $M^3/\text{min}$ )
7	1	6.2	0.4738
2	0.5	1.03	0.0048
4	1	7.6	0.3234
			<u>0.8020</u>

asumimos que se consumen  $0.097 \text{ KW-hr}/M^3$

Ahorros de Energía :

$$0.802 M^3/\text{min} \times 60 \times 5625 \text{ hr/año} \times 0.097 \text{ KW-hr}/M^3 \times 0.8 :$$

$$: 21004.4 \frac{\text{KW} * \text{hr}}{\text{año}} : 75.6 \text{ GJ/año}$$

Ahorro en Costos :  $21004.4 \text{ KW-hr/año} \times 3.3 \text{ sucres/año} = \text{S}/.69.314,50/\text{año}.$

Costos de Inversión: despreciables

### 6.3.7 Calentadores de aceite térmico

Con los datos obtenidos en el análisis de gases determinamos que las pérdidas en los mismos son el 18% de la energía consumida.

Las pérdidas por radiación para calderos verticales son el 5% para su capacidad nominal (asumimos que el caldero trabaja a capacidad nominal).

Pérdidas :  $18 + 5 = 23\%$

Eficiencia del caldero: 77%

### Mejora en la eficiencia de combustión

Las condiciones de combustión, parecen estar en buenas condiciones ya que para un porcentaje de  $\text{CO}_2$  de 14%, aparentemente alto, el número de humos es 3. Además la diferencia de temperatura entre los gases y el aceite caliente no es muy grande.

Por lo tanto se puede decir que no se pueden obtener grandes mejoras en la combustión.

### Pre calentamiento del aire de combustión

A pesar de que esta medida se recomienda tan sólo en plantas

con largos períodos de operación, se calcularán los ahorros en caso que se instale un recuperador de calor, considerando la elevada temperatura de los gases de escape.

Flujo de gases de escape:  $365 \text{ ft}/\text{min} \times 1 \text{ ft}^2 : 365 \text{ cfm}$

Densidad de los gases a  $490^\circ\text{F} : 0.041 \text{ lb}/\text{ft}^3$

Flujo másico de gases:  $365 \times 0.041 : 14.97 \text{ lb}/\text{min}$

Temperatura de rocío (considerando 16% de EA) :  $113^\circ\text{F}$

Flujo másico de aire de combustión (para EA 16%) :  $14.12 \text{ lb}/\text{min}$

Al instalar un recuperador de calor, se debe poner un límite en la temperatura de salida de los gases. En capítulos anteriores se mencionó que esta temperatura debía ser  $50^\circ\text{C}$  mayor que la de rocío.

En nuestro caso este límite sería de  $203^\circ\text{F}$ .

$$E_f \cdot m_g \cdot (T_{g1} - T_{g2}) = m_a \cdot (T_{a1} - T_{a2})$$

$$\frac{m_g}{m_a} : 1.06$$

El recuperador de calor podría ser del tipo de serpentines. La eficiencia de estos intercambiadores varía entre el 50 y 70%.

Para objeto de este estudio, vamos a considerar una eficiencia de 60%.

El precalentamiento del aire de combustión será:

Pre calentamiento:  $E_f$ . mg/ma.  $(T_{g1} - T_{g2})$

$$: 0.6 \times 1.06 \times (490 - 203) : 182.5^\circ F$$

En la Figura 4.6 se observa que para un pre calentamiento de  $182.5^\circ F$ , la eficiencia mejora en un 4%, con lo que obten - dríamos una eficiencia de 81%.

$$\text{Ahorros de Energía} : 19.741.3 \times \frac{0.81 - 0.77}{0.81} : 974.87 \text{ GJ/año}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro de Costos} &: S/.140,00 \text{ sucres/GJ} \times 974.87 \text{ GJ/año} : \\ &: S/. 136.481,00/\text{año} \end{aligned}$$

Costos de Inversión aproximados:

Bomba con motor para el aceite térmico.....S/.	30.800,00
Tubería de cobre de 1/4" y accesorios..... "	8.000,00
Aislamiento de tuberías..... "	12.000,00
Cuerpo de intercambiadores..... "	20.000,00
Aislamiento de los intercambiadores..... "	14.700,00
Diseño del sistema..... "	25.000,00
Instalación..... "	30.000,00
TOTAL	S/.140.500,00

Tiempo de recuperación de Capital : 1.03 años

### 6.3.8 Secador Termofijador

Para determinar y cuantificar los posibles ahorros de energía en esta máquina, inicialmente se hará un balance de energía de la misma.

#### Calor cedido por el aceite térmico

El caudal de aceite no fue posible medir, pero con los datos de placa de la bomba y la potencia consumida por el motor de la misma, estimamos el flujo de aceite.

$$Q : 80 \text{ m}^3/\text{hr} \times \frac{14.87 \text{ KW}}{15 \text{ KW}} : 78.8 \text{ m}^3/\text{hr}$$

De la curva dada por el fabricante del aceite térmico, para una temperatura promedio de  $192.5^\circ\text{C}$ , obtenemos un calor específico de:

$$C_p : 2.14 \text{ KJ/Kg} - ^\circ\text{K} : 0.511 \text{ Kcal/Kg} - ^\circ\text{C} \text{ (BTU/lb} - ^\circ\text{R)}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor cedido: } & 78.8 \text{ m}^3/\text{hr} \times 1000 \text{ lt/m}^3 \times 0.9 \text{ Kg/lt} \times \\ & \times 0.51 \text{ Kcal/Kg} - ^\circ\text{C} \times (200-185)^\circ\text{C} : \\ & : 542538 \text{ Kcal/hr} \text{ (} 2.153 \times 10^6 \text{ BTU/hr)} \end{aligned}$$

Flujo de aire caliente.-

Chimenea	$^\circ\text{C}$	$\text{M}^3/\text{min}$
1	56	52.37
2	127	37.35
3	150	33.82
4	150	34.42
5	140	20.19
6	171	76.76
		<hr/>
		254.91 ... 8998.32 $\text{ft}^3/\text{min}$

$$\text{Temperatura promedio} : \frac{\sum Q_i \times T_i}{t_i} : 103.02^\circ\text{C} : 217^\circ\text{F}$$

Humedad extraída a la tela.-

$$\text{Tela procesada} : 17.9 \text{ mt/min} \times 200 \text{ gr/mt} : 3580 \text{ gr/min}$$

$$\text{Humedad inicial, } w_i : 75\%$$

$$\text{Humedad final, } w_f : 18\%$$

$$\begin{aligned} \text{Humedad extraída} &: 3580 (0.75 - 0.18) : 2040.6 \text{ gr agua/min} \\ &: 4.488 \text{ lb/min} \end{aligned}$$

Condiciones del aire de entrada

$$\text{Humedad relativa} : 44\%$$

$$T \text{ bulbo seco} : 102.2^\circ\text{F}$$

De la carata psicrométrica se obtiene:

$$w : 0.0197 \text{ Kg H}_2\text{O/Kg as}$$

Condiciones del aire de escape

Como no fue posible medir la humedad del aire de escape, se hace un balance de masas de agua para determinarla.

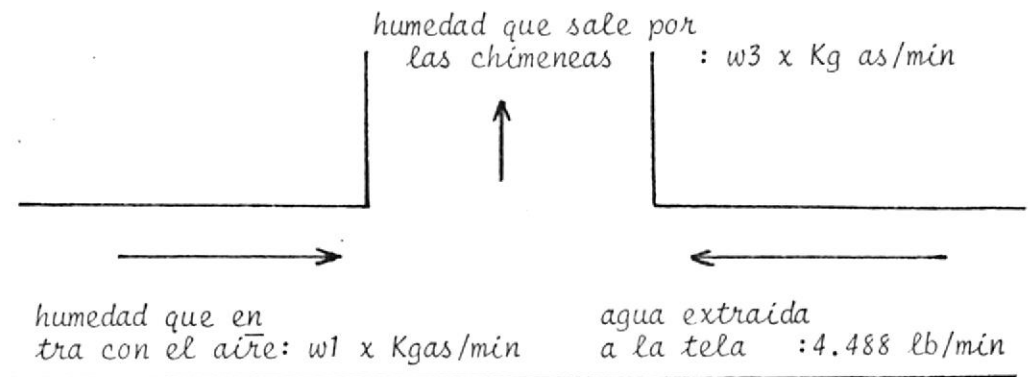


FIG. 6.4

$$w_1 \times \text{Kgas}/\text{min} + \text{Kg H}_2\text{O}/\text{min} : w_3 \times \text{Kgas}/\text{min}$$

$$= \frac{\text{Kg H}_2\text{O}/\text{min}}{w_3 - w_1} : \text{Kgas}/\text{min}$$

$$\frac{\text{Kg H}_2\text{O}/\text{min}}{w_3 - w_1} : \frac{\text{FPM}}{v_3}$$

donde  $v_3$  es el volumen específico del aire de escape.

En la anterior ecuación no se conocen  $w_3$  y  $v_3$ . Para determinarlos podría usarse la carta psicrométrica y a  $217^\circ\text{F}$  tan tear valores para  $v_3$  y  $w_3$ , hasta que se cumpla la igualdad.

También se puede desarrollar una ecuación de  $w : f(v)$ , sabiendo que a temperatura constante  $w$  es directamente proporcional a  $v$ .

Para  $T : 217^\circ\text{F}$ , determinamos:

$$w : 0.0365 v - 0.6225$$

reemplazando esta igualdad en la ecuación deducida anteriormente, tenemos:

$$\frac{8998}{v_3} : \frac{4.48}{w_3 - 0.0197}$$

$$\frac{8998}{v_3} : \frac{4.48}{(0.0365 v_3 - 0.6225) - 0.0197}$$

$$328.42 v_3 - 5778.52 : 4.48 v_3$$

$$v_3 : 17.84 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$w_3 : 0.02866 \text{ lb}/\text{H}_2\text{O lbs.}$$

Pérdidas del aire de escape

$$\text{Pérdidas: } m (h \text{ sal.} - h \text{ entr.})$$

$h \text{ sal.}$  : es la entalpía del aire a la humedad con que entra el mismo y a la temperatura de salida.

$$T : 217^\circ\text{F}$$

$$h : 74.301 \text{ BTU}/\text{lbs.}$$

$$w : 0.0194$$

$$T : 102.2^\circ\text{F}$$

$$h : 26.669 \text{ BTU}/\text{lbs.}$$

$$w : 0.0194$$

$$\text{Pérdidas} : \frac{8898.32}{17.84} (74.301 - 26.669) \times 60 : 1.425 \times 10^6 \text{ BTU}/\text{hr}$$

Calor requerido para evaporar la humedad

$$m : 4.488 \text{ lb}/\text{min}$$

$$T : 102.2 \text{ F}$$

$$h : 69.5 \text{ BTU}/\text{lb}$$

$$P : 14.7 \text{ PSI}$$

Para encontrar la entalpía del vapor contenido en el aire de escape, hay que calcular la presión parcial del mismo.

$$P_w : \frac{1.608 P \times w}{1 + 1.608 w} : \frac{1.608 \times 14.7 \times 0.02866}{1 + 1.608 \times 0.02866} : 0.648 \text{ PSI}$$

$$T : 217 \text{ F}$$

$$h : 1160 \text{ BTU/lb}$$

$$P : 0.648 \text{ PSI}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor cedido al agua} &: 4.488 (1160 - 69.5) \times 60: \\ &: 0.294 \times 10^6 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

Las pérdidas de calor por las paredes y otras se calculan por diferencia.

Entonces el balance de energía para la máquina Rama, queda de la siguiente manera:

<u>Calor que entra</u>	MBTU/hr	Porcentaje
Calor cedido por el aceite	$2.153 \times 10^6$	100
<u>Calor que sale</u>		
Calor usado para evaporar la humedad	$0.294 \times 10^6$	13.6
Calor perdido con el aire de escape	$1.425 \times 10^6$	66.2
Calor perdido por las paredes y ( otros.	$0.434 \times 10^6$	20,2
	$2.153 \times 10^6$	100.0



#### Cálculo de los ahorros de energía si se recircula aire

En las condiciones actuales de operación, la humedad relativa del aire de escape es menor al 1%, es decir, este aire - aun está en capacidad de absorber más humedad.

Como alternativa de conservación se propone recircular parte del aire de escape.

En el capítulo anterior se dijo que experimentalmente se debía determinar el porcentaje de recirculación óptimo, ya que a medida que se aumenta la recirculación, disminuye la capacidad de absorción de agua por parte del aire caliente.

Para objetos de cuantificar los ahorros de energía, vamos a utilizar una recirculación del 50%, aclarando que experimentalmente se podría determinar que la recirculación óptima es mayor y por tanto los ahorros también.

Para los cálculos hacemos las siguientes asunciones:

- La temperatura del aire de escape no varía
- La cantidad de humedad extraída a la tela es la misma (aceptable considerando que tan sólo se recircula el 50%).
- El flujo de aire, antes del by pass de recirculación es el mismo que en el caso original.

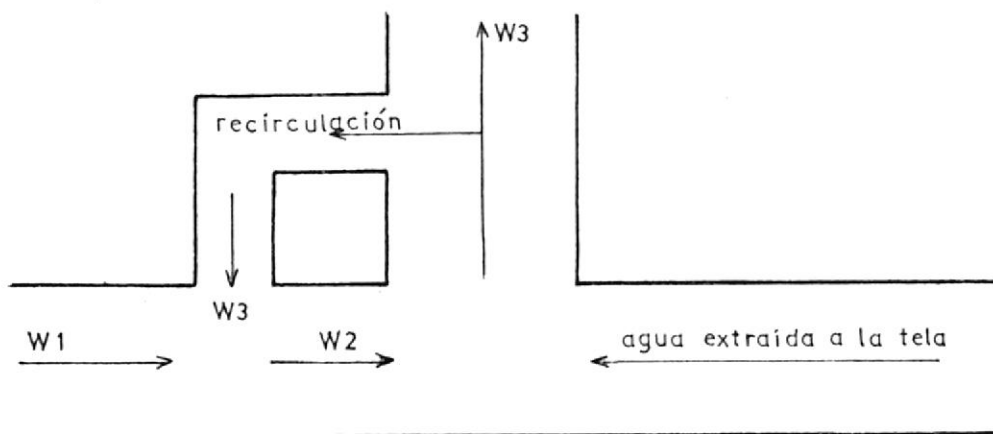


FIG. 6.5 ESQUEMA DE RECIRCULACIÓN DE AIRE CALIENTE EN EL SECADOR-TERMOFIJADOR

En la Figura 6.5, la cantidad de agua extraída es igual a:

$$4.488 \text{ lb/min} : (w_3 - w_2) \times \text{lbs/min} : (w_3 - w_2) \times \frac{\text{FPM}}{v_3}$$

para  $217^\circ\text{F}$

$$w_3 : 0.0365 v_3 - 0.6225$$

$$v_3 : \frac{w_3 + 0.6225}{0.0365}$$

El balance de humedad en la recirculación se expresa:

$$X \cdot w_3 + (1 - X) \cdot w_1 : w_2$$

entonces

$$4.488 : (w_3 - X \cdot w_3 \cdot (1-X) \cdot w_1) \frac{\text{FPM} \cdot 0.0365}{w_3 + 0.6225}$$

$$4.488 w_3 + 2.7938 : (1-X) \cdot w_3 \cdot \text{FPM} \times 0.0365 - (1-X) \cdot w_1 \cdot \text{FPM} \cdot 0.0365$$

para  $X : 0.5$  y  $w_1 : 0.0197$

$$w_3 : \frac{-0.5 \times 0.0197 \times 8998 \times 0.0365 - 2.7938}{4.488 - 0.5 \times 8998 \times 0.0365} : 0.0377$$

$$v_3 : 18.0877 \text{ ft}^3/\text{lb.}$$

$$\text{Pérdidas de escape} : \frac{8898.32 (74.301 - 26.669) \cdot 60}{2 \times 18.0877} :$$

$$702.982.87 \text{ BTU/hr}$$

$$P_w : \frac{1.608 \times 14.7 \times 0.377}{1 + (1.608 \times 0.0377)} : 0.84 \text{ PSIA}$$

$h$  del vapor de agua en  
aire de escape. : 1160 BTU/lb

por lo tanto el calor necesario para evaporar la humedad no cambia y es igual a:

Calor cedido al agua :  $0.294 \times 10^6$  BTU/hr

El nuevo balance de energía aproximado sería:

<u>Calor que entra</u>	MBTU/hr	Porcentaje
Calor cedido por el aceite	1.430	100
<u>Calor que sale</u>		
Pérdidas de escape	0.702	49.1
Calor usado para evaporar la <u>hu</u> dad.	0.294	20.6
Pérdidas por las paredes y otros.	<u>0.434</u>	<u>30.3</u>
	1.430	100

Ahorros de :  $\frac{(2.153-1.43) \text{ MBTU}}{0.77} \times 4000 \text{ hr/año} \times 0.7 \times$   
Energía

$\times 1.055 \text{ GJ/MBTU} : 2773.7 \text{ GJ/año}$

Este valor se calculó considerando un factor de carga de 0.7.

Ahorro en : S/. 388.923,00 sucres/año  
Costos

Costos de Inversión aproximados

- 20 mts. de ductos GAGE 24 de 13" x 13"

11 planchas (4' x 8' ) = 190.3 Kg.

Precio de ducto instalado	S/. 450/Kg	S/. 85.635,00
- 2 Campanas dosificadoras de aire	7.000 c/u	14.000,00
- Aislamiento de los ductos (27 m <sup>2</sup> )	700/m <sup>2</sup>	18.900,00
- Instalación de aislamiento		<u>7.000,00</u>
		S/.125.535,00

Tiempo de recuperación de Capital:

4 meses

#### 6.3.9 Máquinas de tinturado

Como fue imposible medir el consumo de vapor de cada máquina en cada ciclo de trabajo, en base a las temperaturas y capacidades se hacen los siguientes cálculos:

Energía consumida para elevar la temperatura del baño de 25°C a 130°C :

Energía consumida: 3000 Kg. 1 Kcal/Kg°C. (130-25)°C :  
315.000 Kcal/ciclo

- Calor retirado por el agua de enfriamiento:

Calor retirado: 3000 lts. 1Kg/lt. 1Kcal/Kg°K. (130-80)°C:  
150.000 Kcal/ciclo

- Calor que se pierde con el desague del baño:

Calor perdido: 3000 lts. 1Kg/lt. 1 Kcal/Kg K. (80-25) °C:  
165.000 Kcal/ciclo

## ALTERNATIVA 1: RECUPERACIÓN DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

En la actualidad el agua de enfriamiento se la mezcla con el condensado en una pequeña cisterna. Esta mezcla sirve de alimentación de los calderos, pero en las horas de mayor flujo de agua, gran parte de ésta se la desvía a la cisterna principal de la fábrica, perdiéndose así su contenido energético.

Se propone que el agua de enfriamiento sea almacenada y luego utilizada para llenar el baño del siguiente ciclo:

$$\text{Disminución del Consumo de vapor} : \frac{M_b \cdot C \cdot (T_{es} - T_e)}{h_v - h_c}$$

$$h_v : 2763.2 \text{ Kj/K} : (\text{a } 105 \text{ PSI})$$

$$h_c : 418.1 \text{ Kj/K} : (\text{a } 14.7 \text{ PSI})$$

$$\text{Disminución del Consumo de vapor} : \frac{3000 \text{ Kg} \cdot 1 \text{ Kcal/KG} \cdot ^\circ\text{K} \cdot (70 - 25)^\circ\text{C} \times 41868 \text{ Kj/Kcal}}{(2763.2 - 418.1) \text{ Kj/Kg}}$$

$$: 241.02 \text{ Kg/ciclo}$$

$$\text{Ahorros de Energía} : \frac{(M_{v1} - M_{v2}) \cdot h_v \cdot \# \text{ ciclos}}{E_f \text{ caldero}} : \frac{241.02 \times 2763.2 \times 1000 \times 10^{-6}}{0.828}$$

$$: 804.3 \text{ GJ/año}$$

Para la otra máquina de 4000 lts.:

Ahorros de energía : 1072 GJ/año

Ahorros totales de energía : 1876.74 GJ/año



Ahorros en costos : S/. 154.611,12 sucres/año

Costos de Inversión aproximados:

Construcción de cisterna.....	S/.	50.000,00
Tuberías y accesorios galvanizados, Ø 1 1/2" (L 72 mts).....	"	42.000,00
Bomba eléctrica con descarga de 1 1/2".....	"	80.000,00
Instalación.....	"	20.000,00
		<hr/>
	S/.	192.000,00

Tiempo de recuperación de capital:

10 meses

#### ALTERNATIVA 2: RECUPERACION DE CALOR DE LOS EFLUENTES

Se propone instalar un intercambiador de calor de tubos, en el que el agua residual de las máquinas circule dentro de los tubos, y el agua fresca circula alrededor de los mismos a través de varios pasos para ser calentada. Existen algunos fabricantes de este tipo de intercambiadores para industrias textiles, pero utilizaremos como referencia la firma "Patterson-Kelley Co., Inc" especializada en construcción de "packaged waste water heat reclaimers for textile plants".

Los ahorros en el consumo de vapor se calculan:

$$Mv1 - Mv2 : \frac{E_f \text{ intercambiador. Mb. C. (T}_{es} - t_e)}{h_v - h_c} :$$

Según datos dados por Patterson-Kelley, se pueden obtener - ahorros en el consumo de vapor para calentamiento de agua de un 20 a 40%, entonces usando un promedio de 30.% :

$$\begin{aligned} \text{Ahorros de energía aproximada.} &: 315.000 \text{ Kcal/ciclo} \times 1000 \text{ ciclos} \times 0.3 \times \\ &\times 4.1868 \text{ KJ/GJ} \times 10^{-6} : 395.6 \text{ GJ/año} \end{aligned}$$

Los ahorros de energía para la máquina de 4000 lts. son 527.5 GJ/año

Ahorros totales de energía : 923.1 GJ/año

Ahorros en Costos : S/. 76.044,98 sucres/año

#### Costos de Inversión aproximados

Para estimar el costo del recuperador de calor hay que determinar su capacidad, que está dada por los GPM de agua promedio calentados.

En nuestro caso la capacidad estaría dada por la capacidad de las dos máquinas de 7000 lts. con un promedio total de 1000 ciclos al año cada una, que da un promedio de 7.7 GPM.

Este caudal promedio es muy pequeño como para justificar la instalación de un intercambiador de calor para que trabaje en forma continua, ya que el intercambiador de menor capacidad es de 55 GPM. Sin embargo podría estudiarse la posibilidad de utilizar el intercambiador de calor en forma discon

tínua, en las horas que hay suficiente flujo como para hacer funcionar el intercambiador. También pueden aprovecharse el agua residual de otras máquinas como las lavadoras.

El intercambiador utilizado podría ser del tipo "EV high velocity closed reclaimer serie N°1" de la firma "Patterson-Kelley", cuyo costo aproximado FOB es de \$15.000,00 dólares.

El costo aproximado en sucres, instalado sería:

Costo del Intercambiador  
 Instalado (aproximado) : S/. 3'200.000,00 (sucres)

Talvés podría disminuir en algo el precio en sucres, si se lograra conseguir que este tipo de máquinas no paguen todos los aranceles que normalmente se cobran.

#### ANALISIS ECONOMICO

Para el análisis de este tipo de inversión hay que tomar en cuenta los intereses y los posibles cambios en el precio de los combustibles.

Debido a que el crédito que se conseguiría para esta inversión sería local, se va a considerar un interés del 30% - anual.

#### ANALISIS BENEFICIO/COSTO

Los beneficios anuales son : S/. 75.044,98.

El costo anual será el valor de amortización del equipo.

Para una vida útil de 20 años y un interés del 30%, el factor de recuperación de capital  $F$ , es igual a 0.3016, con lo que el costo de amortización es:

$$C : 3'200.000,00 \times 0.3016 : S/. 965.120,00$$

La razón beneficio/costo es:

$$B/C : 0.078$$

Como esta es mucho menor que la unidad, se concluye que la inversión no es recomendada.

#### 6.3.10 Máquinas enfriadoras de agua (Chillers)

Como alternativa de conservación de energía, se propone el reemplazo de los sistemas de absorción existentes, por sistemas eléctricos centrífugos.

A continuación se hará el análisis para determinar la factibilidad de esta medida.

Las siguientes asunciones son hechas:

- Eficiencia de las bombas centrífugas : 67%
- Eficiencia eléctrica de los motores : 85%
- El sistema de bombeo de agua de enfriamiento permanece sin cambiar.

## Datos típicos:

	SISTEMA	
	Absorción	Eléctrico
- Factor de carga promedio	0.67	0.67
- Potencia del sistema de bombeo interno (HP).	$3.5 + (0.017/\text{Ton})$	0
- Potencia promedio del ventilador de la torre de enfriamiento (HP/TON).	0.1	0.06
- Flujo promedio de agua en el condensador (GPM/TON).	3.6	3
- Pérdidas en el sistema de condensación (ft).	50	42

Cálculos

Ahorros Totales : Ahorro en los chillers + Ahorro en la bomba de condensado + Ahorros en las torres de enfriamiento.

## AHORROS EN LOS CHILLERS

Energía usada en el sistema de absorción : vapor + consumo de las bombas internas.

Consumo de vapor : 7.34 GPM: 3662.4 lb/hr.

Ton. de enfriamiento:  $600 \text{ GPM} \times 3.78 \text{ Kg/gal.} \times 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} \times 3.3^\circ\text{C} \times 3.968 \text{ BTU/Kcal} \times 1 \text{ Ton.} / 12.000 \text{ BTU/hr} : 150 \text{ TON.}$

Consumo de energía  
con el vapor. :

$$\frac{3662.4 \text{ lb/hr} \times 952 \text{ BTU/lb} \times 4000 \text{ hr/año} \times 0.67 \times 10^{-6}}{150 \text{ TON}} :$$

$$: 62.29 \text{ MBTU/año-TON (A)}$$

Consumo interno de  
las bombas. :  $\frac{\text{HP} \times \text{hr/año} \times \text{FC} \times 0.746 \times 0.003413}{\text{Ef del motor}}$  :

$$: \frac{(3.5 + 0.017/\text{TON}) \times 4000 \times 0.67 \times 0.746 \times 0.003413}{0.85} :$$

$$: 28.12 \text{ MBTU/año} + 0.1364 \text{ MBTU/año-TON (B)}$$

Energía usada en el  
sistema eléctrico. : 0.7 KW/TON (valor típico, sacado de  
catálogos de Mc Quay Water Chillers).

$$: 0.7 \text{ KW/TON} \times 3413 \frac{\text{BTU/hr} \times}{\text{KW}} \times 4000 \text{ hr/año} \times 0.67 \times 10^{-6} :$$

$$: 6.4 \text{ MBTU/año-TON (C)}$$

#### Ahorro en las bombas de condensado

$$\text{Potencia} : \frac{(\text{GPM/TON}) \times \text{cabezal} \times 8.3}{\text{Ef bomba} \times 33000}$$

$$\text{Potencia para el sis} : \frac{3.6 \times 50 \times 8.3}{0.65 \times 33.000} : 0.07 \text{ HP/TON}$$

tema de absorción.

$$\text{Potencia para el sis} : \frac{3 \times 42 \times 8.3}{0.65 \times 33.000} : 0.049 \text{ HP/TON}$$

tema eléctrico.



Ahorro en bombas de condensadores :  $\frac{(0.07 - 0.049) \times 4000 \times 0.067 \times 0.746 \times 0.003413}{0.85}$  :

: 0.169 MBTU/año-TON (D)

AHORROS EN LOS VENTILADORES DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO

Ahorros:  $\frac{(0.1 - 0.06) \text{HP/TON} \times 4000 \text{ hr/año} \times 0.746 \times 0.003413}{0.85}$  :

: 0.479 MBTU/año-TON (E)

Ahorros de energía en combustible. :  $\frac{225 \times (A)}{E_f \text{ Cald.}}$  : 17.050.2 MBTU/año

Incremento en energía eléctrica para 225 Ton. : (C) - (B) + (D) + (E) : 1235.39 MBTU/año

Ahorro total de Energía. : 17.050.2 - 1235.39 : 15.814.8 MBTU/año :

: 16.683.8 GJ/año

Incremento en la demanda de energía eléctrica. : 225 TON x 0.7 KW/TON : 157.5 KW

Ahorro total en Costos. : 17.987.9 GJ/año x 82.38 sucres/GJ - 361.966  
KW/Hr x 3.3 sucres/KW - 157.5 KW/mes x 12 x  
x 60 sucres/KW : 173.955.4 sucres/año x unidad.

#### COSTOS DE INVERSIÓN

Costo de una unidad enfriadora de agua de capacidad 225

TONS, con controles y accesorios eléctricos ( ref. :

McQUAY) ..... S/. 9'200.000,00

Obras locales: instalación y gastos ..... " 690.000,00

S/. 9'890.000,00

Como son dos unidades el costo total sería de:

S/. 19'780.000,00 (sucres)

#### ANALISIS ECONOMICO

Con los costos actuales de los combustibles, esta inversión no es justificable. Vamos a determinar cuál debería ser el beneficio anual promedio para que esta medida sea económicamente justificable.

Consideraciones:

- La vida útil de los equipos es de 20 años
- El interés con que se conseguiría el préstamo es del 30% anual.

El valor presente de los beneficios es igual a:  $\bar{B}.a_n$

Para que la medida sea justificable debe cumplirse que:

$$\bar{B}.a_n - 19'780.000,00 \geq 0$$

para  $i : 30\%$ ,  $n:20$ , el valor de  $a_n$  es igual a 3.32

Entonces:

$$\bar{B} \geq 5'957.831,00$$

Para lo cual los precios de fuel oil deberían ser mayores que 100,00 sucres por galón y los precios de la energía eléctrica no deberían incrementar sustancialmente.

### 6.3.11 Unidades manejadoras de aire

El aire de retorno a las unidades manejadoras de aire, es suministrado de áreas que se encuentran con o sin acondicionamiento de aire.

Si no se retorna el aire de aquellas zonas que no se encuentran acondicionadas, se reducirá el volumen de aire manejado.

Asunciones (ref. estudio realizado por Reliance Energy Services):

- El 10% del retorno de aire, proviene de áreas sin acondicionamiento.
- Eficiencia de los motores eléctricos : 85%
- Factor de carga de los motores: 75%

Cálculos:

CFM Totales: 217.847

Potencia total : 210 HP  
de los motores.

De la ley de los ventiladores, para reducir en un 10% el flujo de los ventiladores, debe reducirse en un 10% la velocidad de los mismos.

La nueva potencia consumida sería:

$$\text{Nueva potencia: Potencia anterior} \times \frac{\text{Velocidad nueva}^3}{\text{Velocidad anterior}^3} :$$

$$: 210 \times (0.9)^3 : 153 \text{ HP}$$

Ahorros de:  
Energía.

$$\frac{(210-153) \text{HP} \times 4250 \text{ hr/año} \times 0.002648 \text{ GJ/HP. hr} \times 0.75}{0.85} :$$

: 566 GJ/año

Ahorro en : S/. 518.835,00  
Costos.

#### COSTOS DE INVERSION

Para reducir el retorno de aire de aquellas zonas que no se encuentren acondicionados, se pueden instalar cortinas de tiras plásticas para disminuir la infiltración de aire entre estas zonas.

Se tendrían que instalar cortinas en tres puertas de aproximadamente 2.4 x 2.5 mts.

Los materiales utilizados y sus costos por puerta son:

	Valor/mt.	Valor Total
35 mts. de tiras plásticas de 20 cm. de ancho.	S/. 7.000.-	245.000,00
2.4 mts. de colgantes	16.500.-	<u>39.600,00</u>
		S/.284.600,00

Costo total: S/. 853.800,00 (sucres)

Tiempo de recuperación de la inversión: 1.65 años

### 6.3.12 Recuperación de condensado

Para el momento en que se hizo el análisis de sólidos disueltos en el sistema de agua de alimentación, se obtuvieron los siguientes resultados:

Agua de reposición : 67%

Agua de retorno : 33%

El bajo porcentaje de retorno se debe a algunas fugas de condensado y al mal diseño del sistema de bombeo y recolección del mismo en la sala de acabado.

Considerando el bajo porcentaje de vapor directo que se usa, asumimos que el retorno de condensado podría subirse al 80%.

La cantidad de condensado que se recuperaría adicionalmente es:

$$m_c : \frac{80-33}{100} \times 17'570.440 \text{ Kg vapor/año} : 8'258.106.8$$

Los ahorros de energía serían:

Ahorros de:  
Energía.

$$\frac{8'258.106.8 \text{ Kg/año} \times 1\text{Kcal/Kg}^\circ\text{K} \times (90-25) \times 4187\text{KJ/Kcal} \times 10^6}{0.828}$$

: S/. 2714.4 GJ/año

Ahorro en Costos : S/. 223.619,00 sucres/año

COSTOS DE INVERSION: despreciables

NOTA: estos resultados no pueden tomarse como definitivos, porque los porcentajes dados son valores instantáneos. Un estudio más detallado en el que se usen valores promedios debe realizarse para obtener resultados más valederos.

### 6.3.13 Iluminación

La potencia consumida por cada balastro es de 15 watts.

Ahorros de Energía:

$$\frac{(\# \text{ de balastros}) \cdot (\text{watts/balastro}) \cdot (\text{hrs/año}) \cdot 3.6 \times 10^{-3}}{1000} :$$

$$: \frac{(2 \times 4600 + 43 \times 4000 + 4 \times 3000 + 43 \times 6000) \times 15 \times 3.6 \times 10^{-3}}{1000} :$$

: 24 GJ/año

Ahorro en Costos : 24 GJ/año x 916,7 sucres/GJ :

: S/. 22.000,80 sucres/año

COSTOS DE INVERSION: ninguno



### 6.3.14 Factor de Potencia

En la actualidad el factor de potencia de la planta es de 0.91 gracias a que están instalados dos bancos de capacitores trifásicos de 150 KVAR cada uno, por lo que en la actualidad no se reciben penalizaciones debido al factor de potencia.

Sin embargo para 1985 se estima que las penalizaciones serán para aquellas industrias que tengan un factor de potencia menor que 0.95, por esto a continuación se hace el cálculo de ahorros, que será válido a partir del momento en que se cambie el límite de penalización:

Se asume que no varían el costo ni el consumo de energía.

FP : 0.91

2'292.400 KWH .....	S/. 7'564.920,00
840 KW .....	" 665.280,00
	<u>S/. 8'230.200,00</u>

FP : 0.95

$$S/. 8'230.000,00 \times \frac{0.95}{0.91} : S/. 8'591.967,00$$

El incremento en los costos, si no se instala un banco de capacitores adicional, sería de: S/. 361.767,00.

Esta misma cantidad sería el ahorro en caso que se instalen los capacitores.

Ahorro en Costos. : S/. 361.767,00 sucres/año

La capacidad del banco de capacitores que se necesitaría sería igual a:

$$\text{KVAR} : \text{KW} \cdot (\text{tg } \theta_1 - \text{tg } \theta_2) : 840 \cdot (0,4556 - 0,3286) : 106 \text{ KVAR}$$

COSTOS DE INVERSION:

$$106 \text{ KVAR} \times \frac{\text{S}/.3.500,00}{\text{KVAR}} : \text{S}/. 371.000,00 \text{ sucres/año}$$

Tiempo de recuperación de la inversión:

En la siguiente tabla se pueden apreciar los ahorros de energía obtenidos al tomar las medidas discutidas en las secciones anteriores, los ahorros en costos tomando en cuenta los precios de los combustibles vigentes hasta el año 84 y los ahorros tomando en cuenta los nuevos precios de los combustibles del año 85, comparándose estos valores con los costos de inversión requeridos.

MEDIDA TOMADA	AHORROS ANUALES DE ENERGIA GJ/año	AHORROS S/.-año (1984)	AHORROS S/.-año (1985)	INVERSION SUCRES
- Mejora en la utilización de los calderos.	351.1	28.923,62	44.497,88	ninguno
- Mejoras en la combustión.	599.69	49.402,46	76.005,68	ninguno
- Aislamiento en los tanques de alimentación.	160.80	13.246,70	20.378,97	16.520,00
- Reparación de fugas de vapor.	738.00	60.796,44	95.535,32	despreciable.
- Aislamiento de tuberías de condensado.	478.16	39.390,68	60.602,56	507.900,00
- Reparación de fugas de aire comprimido.	75.6	69.314,50	69.314,50	despreciable.
- Precalentamiento del aire de combustión del calentador de aceite.	974.87	136.481,00	272.962,00	140.500,00
- Recirculación de aire en la Rama.	2.773.7	388.923,00	777.846,00	125.535,00
- Recuperación del agua de enfriamiento.	1.876.74	154.611,12	237.869,20	192.000,00
- Recuperación de calor de los efluentes.	393.10	75.558,90	116.247,36	3'200.000,00
- Cambio de los Chillers de absorción por centrífugas.	33.367.60	347.910,86	535.260,76	19'780.000.-

MEDIDA TOMADA	AHORROS ANUALES DE ENERGIA GJ/año	AHORROS S/.-año (1984)	AHORROS S/.-año (1985)	INVERSION SUCRES
- Reducción del retorno de aire de zonas no acondicionadas.	566.00	518.835,00	798.227,64	284.600.-
- Recuperación de condensado.	2.714.40	223.619,00	344.037,80	despreciables.
- Iluminación	24.00	22.000,00	22.000,00	ninguno
- Mejora del factor de potencia.	-	-	361.767,00	371.000.-

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber visitado 3 industrias textiles y realizado auditorías energéticas a dos de ellas, podemos concluir que el uso de la energía se lo hace de una manera ineficiente y por tanto existen numerosas oportunidades de racionalizar el consumo de la misma en estas industrias.

En términos generales, los siguientes problemas son comunes para las industrias textiles del país:

- No se lleva un control del consumo de energía
- La eficiencia de los calderos no es controlada de una manera técnica. Por lo general se utiliza la inspección visual de los gases de escape para controlar la combustión.
- Las líneas de distribución de vapor y aire comprimido, en algunas instalaciones se encuentran en pobres condiciones.
- El porcentaje de retorno de condensado es bajo y la cantidad que se recupera se lo hace de una manera ineficiente.
- Los procesos de secado y termofijado se los realiza sin controlar las condiciones de la tela procesada.

En muchas ocasiones se sobreseca innecesariamente al tejido.

- En algunas industrias se han desconectado los controles automáticos para los ciclos de tinturado y el control se lo hace de una forma manual.
- No se aprovecha el calor residual de la planta, como el proveniente de los efluentes de la sección de tinturado, aire caliente de secadoras y termofijadoras, agua de enfriamiento y condensado.
- En los sistemas de aire acondicionado se nota despreocupación e insospechable cantidad de energía se desperdicia, sobre todo por infiltraciones.
- Los niveles de iluminación generalmente están debajo de los normales, pero parece que esto no afecta a los procesos productivos.

Sin embargo, a pesar de estar sin funcionar algunas lámparas, no se han desconectado los balastos (arrancadores) que consumen energía.

- Es apreciable la falta de equipos de medición y control de las industrias. Cuando éstos existen es normal que se encuentren dañados o descalibrados.

Es así como en el caso concreto de la industria "A", se detectaron 15 posibilidades de conservación de energía. De estas, se consideraron rentables y justificables de ejecutar en primera instancia, 10 medidas, que se describen en el Anexo "C".

Los ahorros producidos por estas medidas, significarían un 12.5% del consumo total de energía y aproximadamente un 12.18% del total de los costos de energía anuales.

En el caso de la industria "B", a pesar de no haberse podido terminar la auditoría energética, se identificaron 4 posibilidades de conservar energía, que de implementarlas, producirían un ahorro de aproximadamente un 12.9% del total de energía hidrocarburiífera consumida por la planta.

Como podemos observar, con inversiones que tienen un período de amortización menor a dos años, se pueden lograr ahorros de un 10 a 15% DEL CONSUMO DE ENERGIA.

Por lo tanto se recomienda a las plantas que han sido objeto de este estudio, que inicien la ejecución del programa de conservación de energía que se propone en esta tesis y a las demás industrias textiles del país se sugiere seguir la metodología planteada en este estudio, para iniciar sus programas de conservación de energía.

ANEXO A  
CONCEPTOS BÁSICOS PARA ANÁLISIS ECONÓMICOS

En el presente anexo se proporcionan los medios para desenvolverse en la solución de problemas relacionados con los análisis económicos, tales como tasas de interés, valor descontado, amortizaciones, etc.

INTERES COMPUESTO

El Interés Compuesto resulta cuando, al final de cada período de capitalización, los intereses se suman al capital para producir nuevos intereses.

El tiempo al cabo del cual los intereses se unen al capital se denomina período de capitalización, y la tasa de interés debe corresponder a este período.

Tenemos los siguientes símbolos:

$C_0$  : capital inicial

$C_n$  : capital final, es decir, el capital con sus intereses acumulados durante  $n$  períodos de capitalización.

$n$  : tiempo o período de capitalización (generalmente en años)

$i$  : tasa de interés

Al término del primer período el monto será:

$$C_1 : C_0 \cdot I : C_0 + C_0 i : C_0 (1+i)$$

Para el segundo:

$$C_2 : C_1 + C_1 i : C_1 (1+i) : C_0 (1+i)^2$$

Luego para  $n$  períodos:

$$C_n : C_0 (1+i)^n$$

donde  $(1+i)^n$  es el monto de una unidad monetaria en  $n$  períodos a interés compuesto:

#### VALOR TEMPORAL DEL DINERO

Cuando se toman medidas de gran costo, hay que tener en cuenta que el dinero tiene un valor que depende del tiempo, por lo que los costos - de operación, mantenimiento, ahorros, que ocurren durante la vida útil de cualquier equipo, no son directamente comparables al costo inicial. Por esto es necesario reajustar todos los valores a una misma época, usualmente el presente, mediante la aplicación del interés compuesto.

Si:

$V_n$  : valor en el período  $n$

$r$  : tasa de descuento

$V$  : valor descontado de  $V_n$ , es decir, valor en el presente.

Tomando el inverso de la fórmula de interés compuesto

$$V : \frac{V_n}{(1+r)^n}$$

Donde  $\frac{1}{(1+r)^n}$  es el valor actual de una unidad monetaria del período  $n$ .

## ACTUALIDADES

Anualidades son una serie de cantidades o cuotas que se deben entregar en períodos regulares de tiempo, con la finalidad de construir un capital o de pagar una deuda.

Generalmente, las anualidades son iguales, pero puede aumentar o disminuir de valor en determinadas condiciones.

Las anualidades también reciben el nombre de rentas, llamándose cada anualidad término de la renta.

Las anualidades reciben el nombre de imposiciones cuando las cuotas que se entregan son para formar un capital, y amortizaciones cuando las cuotas entregadas son para cancelar una deuda.

## AMORTIZACION

Si entregáramos cuotas cada período a interés compuesto para formar un capital, tendríamos que la primera cuota gana intereses compuestos durante  $n-1$  períodos a la tasa de interés  $i$ , y adquiere el valor  $c(1+i)^{n-1}$ , la segunda cuota tomará el valor  $c(1+i)^{n-2}$ , la penúltima cuota durante un período  $c(1+i)$  y la última cuota ya no ganará ningún interés y el monto será la misma cuota.

El monto total  $A$  será:

$$A = c + c(1+i) + c(1+i)^2 + \dots + c(1+i)^{n-2} + c(1+i)^{n-1}$$

$$A = c [1 + (1+i) + (1+i)^2 + \dots + (1+i)^{n-1}]$$

La suma del corchete corresponde a una progresión geométrica y su valor es igual a:

$$\frac{(1+i)^{n-1} \cdot (1+i) - 1}{(1+i) - 1} = \frac{(1+i)^n - 1}{1}$$

$$A = \frac{c \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{1}}{i}$$

esta es la suma que se exigiría al final de los  $n$  períodos.

Ahora en caso que se haga un préstamo,  $A$  sería el valor total pagado, pero la cantidad que se toma al principio debe ser menor: a este menor valor se le agregan los intereses compuestos para obtener el valor  $A$ , este valor menor  $V$  es el valor actual de  $A$ .

$$A = V(1+i)^n = c \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

de donde  $V$  es igual a:

$$V = c \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

donde

$$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = a_n$$

se puede hallar en tablas financieras.

Entonces:

$$V = c \cdot a_n$$

Si conocemos el capital prestado y queremos conocer las cuotas de amortización, tenemos:

$$c = \frac{V}{a_n}$$

donde  $\frac{1}{a_n}$  : F es conocido como el factor de recuperación de capital.

Entonces:

$$c = F.V$$

TABLA DE FACTOR DE RECUPERACION DE CAPITAL F, A LA TASA DE INTERES

ANOS	6%	8%	10%	12%	20%	30%
5	0.2374	0.25046	0.2380	0.27741	0.33438	0.41058
10	0.1359	0.14903	0.16275	0.17698	0.23852	0.32346
15	0.1030	0.11683	0.13147	0.14682	0.21388	0.30598
20	0.0872	0.10185	0.11746	0.13388	0.20536	0.30159
25	0.0782	0.09368	0.11017	0.12750	0.20212	0.30043
30	0.0726	0.08883	0.10608	0.12414	0.20085	0.30011
40	0.0665	0.08386	0.10226	0.12130	0.20014	0.30000

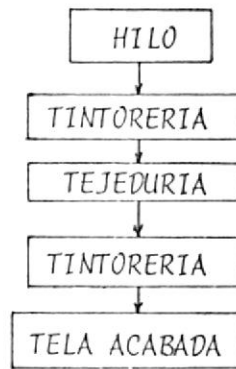
ANEXO B  
EVALUACION INDUSTRIAL EN LA INDUSTRIA "B"

1. CARACTERISTICAS GENERALES

*Esta industria se dedica a la fabricación de tejidos de poliéster con algodón para prendas de vestir.*

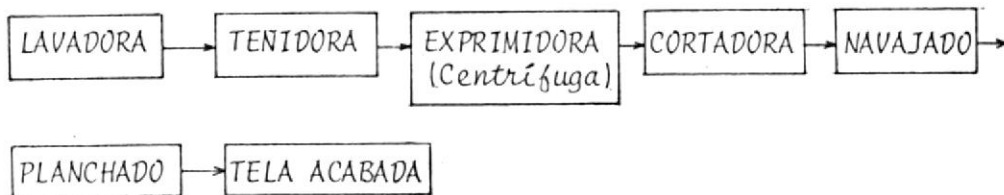
*La planta recibe como materia prima hilo crudo, el cual es tejido, teñido y procesado para darle las características finales.*

*En la Figura 1 se aprecia el diagrama de flujo de materiales en el proceso de fabricación.*



*La sección de la fábrica de mayor consumo energético es la de tintorería, como fuente de calor utiliza vapor generado en un caldero de 600 HP, y aceite térmico, calentado en un caldero vertical. Las dos calderas consumen diesel como combustible.*

*Un diagrama de flujo aproximado de la sección de tintorería se aprecia en la Figura 2 .*



Adicionalmente existe una unidad de aire acondicionado por absorción que sirve para el acondicionamiento de aire de la sección de Tejeduría.

## 2. DATOS OBTENIDOS

En esta industria no hubo acceso a los records de producción y consumo de combustible. Los datos obtenidos fueron suministrados por el jefe de mantenimiento de la planta.

### 2.1 Consumo de energía

En el año de 1983, el consumo aproximado de diesel fue de 150.000 galones equivalentes a 21.930 GJ/año.

De esta cantidad, aproximadamente el 80% es consumido por el caldero de vapor y el 20% restante por el caldero de aceite térmico.

### 2.2 Sala de Calderos

Número de unidades ----- 1

- DATOS DE PLACA

Potencia ----- 600 BHP

Producción de vapor ----- 20700 lb/hr a  
212°F

Consumo de combustible ----- 177 GPH diesel



## - DATOS DE OPERACION

Horas de operación-----	6000 hr/año
Presión media -----	122 PSI
Temperatura de gases -----	175-120°C
Producción de vapor -----	9'600.000 lb/año
Combustible consumido (estimado)-----	110.000 gal/año

2.3 Retorno de Condensado

De las 5 máquinas que consumen vapor, tan sólo 2 tienen líneas de retorno de condensado.

Las purgas de las líneas de distribución, no son recuperadas. El condensado recuperado es bombeado a una torre de enfriamiento y de ahí conducido a la cisterna general de la planta.

Condensado recuperado -----	4'380.000 lb/año
-----------------------------	------------------

2.4 Distribución de Vapor

Las líneas de vapor que están sin aislamiento son:

SECCION	LONG(mts.)	DIA (pulg)	T Sup °C
Tintorería	8	2	149
	21	1	149
Aire Acondicionado	9	11/2	149

## MAQUINA LAVADORA (Barca)

Horas de operación -----	750 hr/año
Temperatura del agua -----	85°C
Superficie del agua -----	3 mts. <sup>2</sup>

### 3. EVALUACION DE DATOS

#### 3.1 Sistema de generación de Vapor

La eficiencia del caldero se la calcula utilizando el método directo:

$$E_f = \frac{\text{Energía entregada al agua}}{\text{Energía del combustible}} = \frac{M_v (h_{fg} + c_p T)}{H_{pr} \cdot m_e}$$

$$h_{fg} \text{ a } 122 \text{ PSI} = 482.3 \text{ Kcal/Kg}$$

$$H_{pr} = 10.287 \text{ Kcal/Kg de combustible}$$

$$E_f = \frac{9'600.000 \text{ lb/año} \cdot 0.455 \text{ Kg/lb} \cdot (482,3 + 1 \cdot (178.3-60)^\circ\text{C Kcal/Kg}}{10.287 \text{ Kcal/Kg} \cdot 110.000 \text{ gal/año} \cdot 3.781 \text{ t/Gal} \cdot 0.9 \text{ Kg/lt}}$$

$$E_f = 0.68 = 68\%$$

Gran parte de la baja eficiencia se debe al bajo factor de carga del caldero (10.3%).

Se podría mejorar la eficiencia del caldero, si se lograra programar la producción, de tal manera que el caldero trabaje tan sólo dos turnos por día (4.000 hrs/año).

Con estas nuevas condiciones, el consumo de combustible promedio sería de 27.5 GPH en vez de 18.3 GPH, y el factor de carga subiría a: 15.5%.

Las pérdidas por radiación estimadas para los dos casos son:

$$FC : 10,3\%$$

$$\text{Pérdidas por radiación: } \frac{1.5}{0.103} : 14.6\%$$

FC : 15.5%

Pérdidas por radiación:  $\frac{1.5}{0.155} : 9.7\%$

Entonces la disminución en las pérdidas por radiación es:

14.6 - 9.7 : 4.9%

Ahorros anuales de energía : 21.930 GJ/año x 0.049 : 1.074.6 GJ/año

Ahorro en costos : S/. 154.354,00 sucres/año

COSTOS DE INVERSION: nulos

Es difícil estimar cuánto mejoraría la eficiencia de combustión, al aumentar el factor de carga del caldero, pero es indudable que esto ocurre y por tanto los ahorros serán mayores a los mencionados anteriormente.

### 3.2 Distribución de vapor

Las pérdidas de calor en las tuberías sin aislamiento, se las expresa en la siguiente tabla:

<u>Ø Tubería pulg.</u>	<u>Pérdida de calor KJ/hr. mt.</u>	<u>Pérdidas totales Kj/hr</u>
1"	800	16.800
1 1/2"	1.000	9.000
2"	1.400	11.200
		<u>37.000</u>

$$\text{Ahorros de Energía} : \frac{37.000 \text{ KJ/hr} \cdot 6.000 \text{ hr/año} \cdot 0.9 \times 10^6}{0.69} :$$

$$: 289.6 \text{ GJ/año}$$

$$\text{Ahorro en Costos} : \text{S/} . 41.597,00 \text{ sucres/año}$$

#### COSTOS DE INVERSION APROXIMADOS:

Tubería de 1"	: S/ . 1.250,00/mt. x 21 mts.	: S/ . 26.250,00
Tubería de 1 1/2"	: S/ . 1.500,00/mt. x 9 mts.	: " 13.500,00
Tubería de 2"	: S/ . 1.800,00/mt. x 8 mts.	: " 14.400,00
TOTAL		S/ . 54.150,00

$$\text{Tiempo de recuperación de Capital} : 0.77 \text{ años}$$

#### RETORNO DE CONDENSADO

Con los datos obtenidos se determina que se recupera el 45.6% del condensado, pero en términos energéticos la recuperación es nula, debido a que este condensado es bombeado a una torre de enfriamiento, perdiéndose así todo su contenido energético.

Si el condensado que se recupera en la actualidad, se bombea directamente al tanque de alimentación del caldero, los ahorros energéticos serían:

Ahorros de Energía

$$\frac{4'380.000 \times 0.450 \text{ Kg/año} \times 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ \text{C} \times (90-25)^\circ \text{C} \times 4.187 \times 10^{-6} \text{ KJ/Kcal}}{0.68}$$

: 788.8 GJ/año

Ahorro en Costos: S/. 113.300,00 sucres/año

COSTOS DE INVERSION: despreciables

Se estima que si se recuperara el condensado de todas las máquinas que utilizan vapor indirecto, se podría retornar un 80% del agua evaporada.

Los ahorros en este caso serían:

Ahorros de :  
Energía

$$\frac{9'600.000 \times 0.455 \text{Kg/año} \times 0.8 \times 1 \times (95-25)^\circ \text{C} \times 4.187 \text{KJ/Kcal} \times 10^{-6}}{0.68}$$

: 1.398.5 GJ/año

Ahorro en Costos : S/.200.800,00 sucres/año

COSTOS DE INVERSION APROXIMADOS:

- 100 metros de tubería de 3/4" y accesorios : S/.35.000,00

Tiempo de recuperación de capital : 2 meses

AHORROS EN LA MAQUINA LAVADORA (BARCA)

Al operar la máquina Barca, se podía observar que habían grandes pérdidas por evaporación. Se sugiere, instalar una tapa para disminuir estas pérdidas.

De la Figura 5.1 se determina que las pérdidas por la superfi-

cie del agua son:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas de energía} &: 8.000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr. m}^2} \times 3\text{m} \times 750\text{hr/año} \times 4.187 \\ &\times 10^{-6} \text{ GJ/Kcal} : 75 \text{ GJ/año} \end{aligned}$$

Ahorro en Costos : S/. 7.890,00 sucres/año

Costos de Inversión : despreciables.

#### RESULTADOS

En la siguiente tabla se aprecian los resultados de los ahorros y costos de inversión para las medidas analizadas.

MEDIDAS TOMADAS	AHORROS ENERGIA GJ/año	AHORROS 1.984 Suotes/año	AHORROS 1.985 suotes/año	C O S T O S Suotes
- Mejora en la uti- lización de los calderos.	1074.6	154.354,00	308.708,00	nulos
- Aislamiento de tuberías de va- por.	289.6	41.597,00	83.194,00	54.150,00
- Recuperación de condensado.	1398.5	200.800,00	401.600,00	35.000,00
- Disminución en la evaporación de la máquina Barca.	75.0	7.890,00	15.780,00	despreciable.

## ANEXO "C"

### PROYECTO DE FORMACION DEL PROGRAMA DE CONSERVACION ENERGETICA EN LA INDUSTRIA "A"

En el Capítulo III se analizó cómo se debe formar un programa de conservación energética. En este anexo, se aplicará lo mencionado al caso específico de la industria analizada.

#### 1º. CONFORMACION DEL EQUIPO DE TRABAJO

Para la industria analizada se recomienda que el coordinador energético sea el ingeniero de planta.

Este coordinará el programa e instruirá a los jefes de sección para para la ejecución del mismo.

COORDINADOR  
(Jefe de Planta )

Jefe de Hilandería	Jefe de Tejeduría	Jefe de Sección Acabado	Jefe de Calderos	Ingeniero Eléctrico
-----------------------	----------------------	----------------------------	---------------------	------------------------

Los jefes de las secciones de hilandería, tejeduría y acabado, se encargarán de medir los consumos de energía, establecer el CEE de las principales máquinas y de la sección; es decir será el encar-

gado de programar junto con el coordinador general, la AE de su respectiva sección de ejecutar las medidas y elaborar la base de datos.

El jefe de calderos, además de encargarse de la ejecución del programa para la sección de calderos, debe tomar a cargo los sistemas de distribución de vapor, condensado, agua de enfriamiento, aire comprimido y del sistema de aire acondicionado.

El ingeniero eléctrico se encargará del sistema de iluminación y del sistema de distribución eléctrica de la planta.

## 2°. ADQUISICION DE EQUIPOS

Una vez establecidas las responsabilidades, debe procederse a la adquisición de equipos necesarios para llevar a cabo las auditorías energéticas y hacer el seguimiento de las medidas.

En primera instancia se recomienda comprar los siguientes equipos:

DESCRIPCION	V.Unit.	V. TOTAL
- Equipo para test de calderos (medidor de %CO <sub>2</sub> y %O <sub>2</sub> ).		S/. 35.000,00
- Termómetro digital con termocupla		25.000,00
- Cuatro medidores de consumo de bunker S/.241.800		967.200,00
- Cuatro medidores de consumo de agua	186.000	744.000,00
- Medidor portátil de humedad de la tela		85.000,00
- Un multímetro		20.000,00
- Un wattímetro		50.000,00
		<hr/> S/.1'926.200,00

### 3°. AUDITORIAS ENERGETICAS-BASE DE DATOS

Una vez recibidos los instrumentos, debe empezarse a tomar datos para establecer el consumo energético y elaborar una base de datos , para poder evaluar las condiciones de operación y hacer un segui - miento a las medidas que se realicen.

En algunas medidas, considerando su inversión y complejidad, se recomienda realizar una nueva auditoría para corroborar los cálculos realizados.

### 4°. EJECUCION DE LAS MEDIDAS ECONOMICAMENTE JUSTIFICABLES

Para determinar el orden en que se deben ejecutar las medidas, se consideran los siguientes factores:

Inversión necesaria, tiempo de amortización, complejidad de la medida y capacidad de ejecución de la planta.

Al inicio deben ejecutarse las medidas que no requieren inversión y no son complicadas de ejecutar.

Esto a su vez da tiempo a que lleguen los equipos de edición.

Luego se deben implementar las medidas que requieren inversión y para su orden, se toma en cuenta su inversión y complejidad.

Entre la ejecución de estas medidas, se dejan intervalos de aproximadamente cuatro semanas para que las inversiones no sean tan inmediatas.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se recomienda en una primera etapa, la ejecución de las siguientes medidas:

- REPARACION DE FUGAS DE AIRE

Ahorros de energía	: 75.6 GJ/año
Ahorros en sucres	: S/. 69.314,50 /año
Costo de implementación	: mínimo
Tiempo de amortización	: inmediato
Encargado de ejecución	: Jefe de calderos
Tiempo de ejecución	: 2 fines de semana

- ILUMINACION (DESCONEXION DE BALASTROS DE LAMPARAS QUEMADAS)

Ahorros de energía	: 24 GJ/año
Ahorro en sucres	: S/. 22.000,00 /año
Costo de implementación	: nulo
Tiempo de amortización	: inmediato
Encargado de ejecución	: Ingeniero eléctrico
Tiempo de ejecución	: 2 fines de semana

- REPARACION DE FUGAS DE VAPOR

Ahorros de energía	: 738 GJ/año
Ahorro en sucres	: S/. 60.796,44 /año



Costo de implementación : mínimo  
 Tiempo de amortización : inmediato  
 Encargado de ejecución : Jefe de calderos  
 Tiempo de ejecución : 2 fines de semana

- MEJORAS EN LA EFICIENCIA DE COMBUSTION DE LOS CALDEROS

Ahorros de energía : 598.47 GJ/año  
 Ahorro en sucres : S/. 76.005,68/año  
 Costo de implementación : nulo (se necesita el analizador de gases).  
 Encargado de ejecución : Jefe de calderos  
 Tiempo de ejecución : continuo. Continuamente debe medirse la eficiencia de combustión.

- MEJORA EN LA UTILIZACION DE LOS CALDEROS

Ahorros de energía : 351.1 GJ/año  
 Ahorros en sucres : S/.44.497,88/año  
 Costos de implementación : Ninguno, considerando que el sincronizado de encendido de los calderos se lo hace de una manera manual-automático.  
 Encargado de ejecución : Jefe de calderos  
 Tiempo de ejecución : continuo

- MEJORA EN EL RETORNO DE CONDENSADO

Ahorros de energía	:	2714.4 GJ/año
Ahorros en sueres	:	S/. 344.037,80/año
Costos de implementación	:	despreciables
Tiempo de amortización	:	inmediato
Encargado de ejecución	:	Jefe de calderos-jefe de tintorería
Tiempo de ejecución	:	semanas (requiere que a la vez se <u>in</u> dependice el sistema de agua de en - friamiento).

- RECUPERACION DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

Ahorros de energía	:	1876.74 GJ/año
Ahorro en costos	:	S/. 237.869,00 /año
Costo de implementación	:	S/. 192.000,00
Tiempo de amortización	:	10 meses
Encargado de ejecución	:	Jefe de calderos-Jefe de tintorería
Tiempo de ejecución	:	semanas

- AISLAMIENTO DE LOS TANQUES DE ALIMENTACION DE LOS CALDEROS

Ahorros de energía	:	160.8 GJ/año
Ahorro en costos	:	S/. 20.378,97/año
Costo de implementación	:	S/. 16.520,00
Tiempo de amortización	:	10 meses
Encargado de ejecución	:	Jefe de calderos
Tiempo de ejecución	:	1 semana

- REDUCCION DEL RETORNO DE AIRE DE ZONAS NO ACONDICIONADAS (INSTALACION DE CORTINAS PLASTICAS).

Ahorros de energía	:	566 GJ/año
Ahorro en costos	:	S/. 798.227,64/año
Costo de implementación	:	S/. 853.800,00
Tiempo de amortización	:	12 semanas
Encargado de ejecución	:	Jefe de hilandería-Jefe de tejeduría
Tiempo de ejecución	:	1 semana

- RECIRCULACION DE AIRE DE LA RAMA

Ahorros de energía	:	2773.7 GJ/año
Ahorro en sucres	:	S/. 777.846,00 /año
Costo de inversión	:	S/. 125.535,00
Tiempo de amortización	:	2 meses
Encargado de ejecución	:	contratista, bajo supervisión de jefe de tintorería.
Ahorro total en sucres (precios 1985)	:	S/. 2'450.973,90/año
Ahorros totales de energía:		9878,81 GJ/año
Costos totales de inversión (incluyendo equipos)	:	S/. 3'114.055,00
Tiempo de amortización <u>pro</u> medio.	:	1 año, 3 meses

En el siguiente cronograma se puede observar el orden y tiempo de ejecución de las medidas. También se especifica para cuales de -

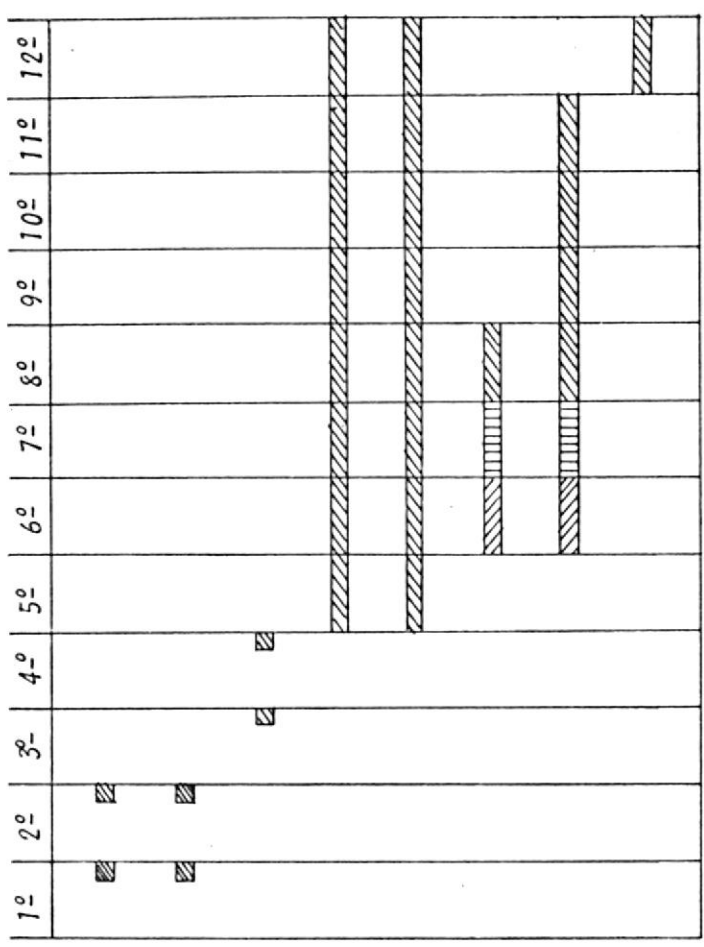
ellas se recomienda se haga una evaluación preliminar (auditoría) y un estudio de factibilidad definitivo.

#### 5°. CONTINUIDAD DEL PROGRAMA

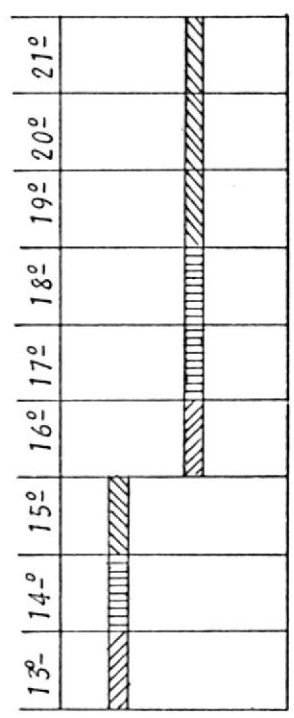
A medida que se ejecutan las medidas, se deben hacer mediciones y sus resultados agregarlos a la base de datos para poder evaluar el efecto de las mismas.

Una vez ejecutadas las medidas recomendadas, deben seguirse haciendo mediciones y evaluar continuamente los índices de consumo energético.

Adicionalmente debe iniciarse un plan para desarrollar estudios de factibilidad para aquellas medidas que no se han considerado en esta primera etapa.



1. Reparación de fugas de aire
2. Desconexión de balastros
3. Reparación de fugas de vapor
4. Mejora en Eóff. de los calderos
5. Mejor utilización de los calderos
6. Mejora en el retorno de condensado
7. Recuperación agua de enfriamiento
8. Aislamiento tanques de alimentación



9. Instalación de cortinas plásticas
10. Recirculación de aire de la rama

 : Toma de datos     
  : Estudio de factibilidad     
  : Ejecución de las medidas

## BIBLIOGRAFIA

- CENDES, *La Industria Textil del Ecuador*, 1971
- CENDES, *Análisis Sectorial Industrial Textil del Ecuador, Primera Parte: Hilandería y Tejeduría*, 1975.
- CLEAVER BROOKS, *Manual para el cuidado de las calderas*
- HAGLER, BAILLY AND RELIANCE ENERGY SERVICES, *Industrial Energy Auditing Manual*, 1984.
- HORNING, *Uso eficiente de la energía y sustitución del petróleo en la Industria textil*, OLADE, 1983.
- *How to profit by conserving energy*, Subcouncil on technology of the National Industrial Energy Conservation Council.
- INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA, *Técnicas y análisis para conservar energía en la industria*. Quito, 1984.
- JASIEWICZ, *Energy Conservation in Ecuadorian Industry*, INE, 1981
- LAJOLO ROBERTO, *Conservacao de Energia na Industria Textil*, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS, Sao Paulo, 1982.

- Mc QUAY, *Single Compressor Packaged Water Chillers*, 1982
- MORAN y VERNET, *Industrial Energy Consumption in a Developing Country: The Ecuadorian Case*, Washington, 1982.
- NIVEY, *Cálculo Mercantil*, Editorial NORMA, Bogotá, 1978
- PATERSON-KELLEY Co., *P-K Packaged Waste Water Heat Reclaimers for Textil Plants*, East Stroudsburg, 1967.
- SARCO S.A. *Nuevo curso simplificado de vapor*
- SEDZIKOWSKI y KWASIK, *Algunos problemas planteados por el suministro de agua y el tratamiento de las aguas residuales en la industria textil.*
- WOOD, WARD and KREIDER, *Energy Management for Furnaces, Kilns and Ovens*, EPIC.

