



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

GUIA PARA LA IMPLANTACION DE UN PLAN DE  
AHORRO DE ENERGIA EN PLANTAS INDUSTRIALES

MARIO ALFONSO GAITAN CEPEDA

INGENIERIA QUIMICA

1978



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS 1978  
LAB. U.C. 148 172 165  
ADIC. 148 172 165  
PROHA \_\_\_\_\_  
PROC. \_\_\_\_\_



PRESIDENTE PROF.: LEOPOLDO RODRÍGUEZ SÁNCHEZ.  
VOCAL PROF.: VÍCTOR PÉREZ AMADOR.  
SECRETARIO PROF.: GUILLERMO BARRAZA ORTEGA.  
1ER. SUPLENTE PROF.: ARMANDO C. AGUILAR MARTÍNEZ.  
2DO. SUPLENTE PROF.: ENRIQUE BRAVO MEDINA.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

"INDUSTRIAS RESISTOL, S. A."

SUSTENTANTE: MARIO ALFONSO GAITÁN CEPEDA.

ASESOR DEL TEMA: QUIM. GUILLERMO BARRAZA ORTEGA.

A MIS PADRES

RITO Y MA. LUISA

A MI ESPOSA

MA. DEL CARMEN

## I N D I C E

I. INTRODUCCION.	1
II. DESARROLLO DEL PLAN DE AHORRO DE ENERGÍA.	3
III. IDEAS DE AHORRO DE ENERGIA Y EJEMPLOS.	56
IV. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD Y CONTAMINACIÓN.	73
V. PARTICIPACIÓN DEL PERSONAL DE LA PLANTA.	87
VI. TABLAS Y FACTORES.	96
VII. BIBLIOGRAFÍA.	105

## I. INTRODUCCION

## I. INTRODUCCION.

El consumo de las diversas formas de energía por el hombre ha estado ligado a su bienestar material y desarrollo económico a lo largo de su existencia. La civilización inició su avance cuando el hombre aprendió a utilizar la energía del fuego para obtener luz y calor, desde ese instante la energía ha sido un factor básico en la economía de todos los países del mundo.

En este siglo ningún otro recurso natural ha influido tanto en el desarrollo de una manera profunda como el petróleo, misma que ha creado la actual situación mundial de dificultades en la disponibilidad y alza de costo, lo cual se prevee se prolongará durante varios años, hasta que sea económicamente posible el aprovechamiento de nuevas fuentes de energía tales como la solar y la geotérmica entre otras.

México al igual que el resto del mundo ha aumentado sus requerimientos de energía en una forma súbita, debido a factores tales como el crecimiento demográfico y el desarrollo industrial, factores que han obligado a tomar medidas para conservar los energéticos a base del más eficiente uso de la energía en todas sus formas, estableciendo una planeación realista y efectiva que tome en cuenta no sólo factores económicos sino también políticos, sociales y técnicos en forma simultánea para obtener resultados que permitan un desarrollo uniforme y continuado.

En nuestro país el sector industrial es el principal consumidor de energéticos, por lo que las acciones que se tomen para utilizarlos de una manera racional tienen gran importancia, pues no solamente se trata de ahorrar energía sino lograr el mejor aprovechamiento de los recursos económicos y por lo mismo incrementar la productividad de los procesos, de ahí que la actitud que se tome -

hacia el ahorro de energéticos redundará en un alargamiento de las reservas de los mismos y por ende asegurará una mejor forma de vida en los años futuros.

[La guía para la implantación de un plan de ahorro de energía en plantas industriales está hecha con el fin de auxiliar en el establecimiento y la organización de un programa de conservación de energía en cualquier planta. Además de sugerir oportunidades de conservación de energía tanto en plantas existentes como en nuevos proyectos.]

II. DESARROLLO DEL PLAN DE AHORRO  
DE ENERGIA

## II. DESARROLLO DEL PLAN DE AHORRO DE ENERGIA.

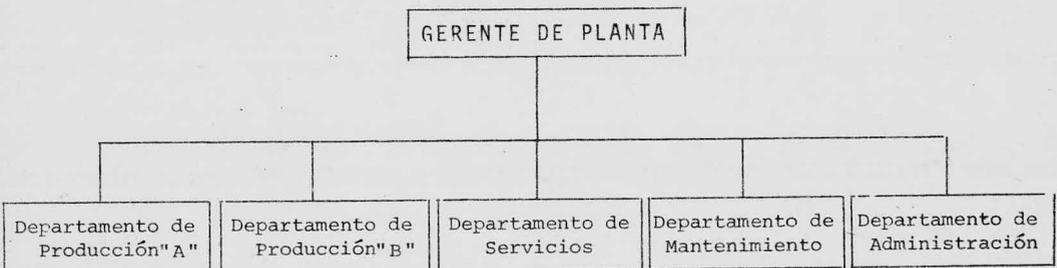
### 2.0 INTRODUCCION.

En esta sección se describe la iniciación e implementación del programa de conservación de energía. En la sección 2.1 se establecen los elementos del programa, pudiendo ser utilizada para diseñar su propio programa - de acuerdo a las exigencias y requerimientos de la Compañía de que se trate.

La sección 2.2 establece pasos importantes para el programa por medio de una serie de memorandums, varios de los cuales pueden realizarse verbalmente en juntas tanto del Comité como de éste hacia el personal de la planta, además de sugerir formas para informar y reportar tanto metas como el avance obtenido en la implantación del programa.

El desarrollo del plan de ahorro de energía se basa en una compañía hipotética, la cual cuenta con dos Departamentos de Producción, un Departamento de Servi -- cios, un Departamento de Mantenimiento y un Departamento de Administración.

En el siguiente organigrama se establecen los cargos de los miembros del Comité de Conservación de E - gercía de la Planta (CCEP).



y cuyas funciones dentro del Comité son las siguientes:

COMITE DE CONSERVACION DE ENERGIA DE LA PLANTA.

- \* Fijar objetivos de ahorro de energía de la -- Planta.
- \* Establecer planes específicos.
- \* Coordinar recursos.
- \* Efectuar auditorías y dar recomendaciones.
- \* Perseguir resultados e informar.

FORMADO POR:

- \* Gerente de Planta.
- \* Jefes de Departamento.
- \* Coordinador del Comité y representante de la Planta.

Gerente de Planta.

- \*\* Nombrar al representante de su planta para - el ahorro de energéticos, quien también será el coordinador del CCEP.
- \*\* Perseguir la creación de una conciencia de - ahorro de energéticos en todo el personal a sus órdenes, con autoridad y ejemplo.
- \*\* Es responsable por lo menos de lograr los ob- jetivos que se hayan fijado en su planta.
- \*\* Da todo su apoyo al CCEP.

Coordinador del CCEP y Representante de la Planta.

- \*\* Proponer las políticas de energéticos neces- arias.
- \*\* Recomendar objetivos sobre ahorro de energé- ticos.
- \*\* Coordinar Mesas Redondas periódicas del CCEP con el fin de intercambiar experiencias, e la- borar planes, discutir casos problema.
- \*\* Está al tanto de las innovaciones técnicas - que a este respecto ocurran, analizando su - posible aplicación en la Planta.

- \*\* Participar en Congresos, Seminarios, Mesas Redondas, sobre consumo y ahorro de energéticos como representante de la Compañía.
- \*\* Establecer contactos con grupos similares de otras Empresas, para intercambiar experiencias.
- \*\* Perseguir el establecimiento de objetivos de ahorro de energía.
- \*\* Vigilar que en los nuevos proyectos o en las modificaciones a los existentes se persiga la máxima eficiencia en consumo de energéticos.

#### Jefe de Departamento.

- \*\* Es miembro del CCEP.
- \*\* Establecer los sistemas que permitan la obtención y recopilación de información sobre el consumo de energéticos.
- \*\* En caso de requerir instalaciones para medición, define su necesidad, elabora las justificaciones para medición, define su necesidad elabora las justificaciones correspondientes y persigue su instalación.
- \*\* Proponer objetivos de reducción de consumo de energéticos en su departamento, congruentes -- con los objetivos de la Planta.
- \*\* Perseguir los planes de acción necesarios para llevar a cabo el punto anterior.
- \*\* Evaluar resultados y propone las actividades necesarias para que se obtengan los deseados.
- \*\* Perseguir la creación en su departamento de -- una conciencia de ahorro de energéticos en su personal.
- \*\* Vigilar continuamente el uso eficiente de los energéticos en su departamento.
- \*\* Participar en las Mesas Redondas del CCEP cumpliendo con los trabajos que ahí surjan.

## 2.1 DESARROLLO DEL PROGRAMA.

### I. RESPONSABILIDADES DE LA GERENCIA.

- A. Informar a los supervisores acerca de:
  - 1. Las razones económicas sobre la necesidad de conservar la energía.
  - 2. Su responsabilidad para implementar acciones de ahorro de energía en las áreas a su cargo.
  
- B. Establecer un comité de conservación de energía que tenga la responsabilidad de formular y conducir un programa de conservación de energía, - el comité consiste de:
  - 1. Representantes de cada departamento de la -- planta.
  - 2. Un coordinador del comité nombrado y repor - tándose al gerente de la planta.  
En organizaciones pequeñas, el gerente y sus más cercanos colaboradores pueden conducir - las actividades de conservación de energía - como parte de sus responsabilidades.
  
- C. Proveer al comité con pautas sobre lo que se es - pera de él.
  - 1. Planear y participar en estudios sobre aho - rro de energía.
  - 2. Desarrollar un método para reportar y contro - lar los ahorros de energía.
  - 3. Investigar y desarrollar ideas sobre formas de ahorrar energía.
  - 4. Comunicar esas ideas y sugerencias.
  - 5. Sugerir metas difíciles pero alcanzables de ahorro de energía.
  - 6. Desarrollar ideas y planes sobre la partici - pación y soporte del personal de la planta.

7. Planear y conducir un programa continuo de actividades para estimular el interés y es fuerzos en conservación de energía.
- D. Fijar objetivos firmes de ahorro de energía -
    1. Establecer un objetivo preliminar al ini - cio del programa.
    2. Posteriormente, revisar los objetivos base dos en ahorros potenciales estimados por - medio de los estudios de ahorro de energía.
  - E. Emplear asistencia externa para hacer estu -- dios de la planta y efectuar recomendaciones si es necesario.
  - F. Comunicar periódicamente al personal de la -- planta el interés gerencial sobre las accio - nes y reportes de conservación de energía.

## II. ESTUDIAR LOS USOS Y PERDIDAS DE LA ENERGIA.

- A. Llevar a cabo estudios para identificar las - pérdidas de energía que pueden ser corregidas por medio de mantenimiento o acciones de su - pervisión.
  1. Pérdidas de vapor y otros servicios.
  2. Equipo operando fuera de su rango.
  3. Reparar o reemplazar el aislamiento en mal estado.
  4. Equipo operando en forma innecesaria.
- B. Estudios para determinar en donde son necesarios instrumentos adicionales de medición de flujo de energía y si hay una justificación - económica por el costo de su instalación.

C. Determinar balances de energía en cada proceso para definir en detalle:

1. Energía que entra como materia prima y servicios.
2. Energía consumida en el proceso.
3. Energía recuperada por co-productos.
4. Contenido neto de energía por producto.
5. Energía disipada o pérdida.

NOTA: Es necesario calcular equivalentes de -- energía para todas las materias primas - combustibles y servicios. De tal forma que toda la energía pueda expresarse en una base común de unidades.

D. Analizar todos los balances de energía por proceso y por cada departamento.

1. Utilizar las pérdidas de calor para generar vapor o calentar agua o materias primas.
2. Eliminar un paso en un proceso o modificarlo en algo para reducir el consumo de energía.
3. Utilizar materias primas con menor contenido de energía.

E. Llevar a cabo inspecciones periódicas noctur - nas y los fines de semana.

F. Elaborar estudios sobre sistemas y equipo espe cíficos, por ejemplo:

1. Sistema de vapor.
2. Sistema de aire comprimido.
3. Motores eléctricos.
4. Líneas de gas natural.

5. Sistema de calefacción y aire acondicionado.

### III. IMPLEMENTAR ACCIONES DE CONSERVACION DE ENERGIA.

- A. Corregir las pérdidas de energía localizadas en los primeros estudios, tomando las acciones necesarias en el área de mantenimiento y operación.
- B. Enlistar todos los proyectos de conservación de energía sugeridos al analizar balances de energía, planes, etc., evaluándolos y dando prioridades de desarrollarlos por medio de:
  1. Calcular los ahorros anuales de energía por proyecto.
  2. Proyectar los costos futuros de la energía y calcular los ahorros anuales en pesos.
  3. Estimar las proyecciones de capital o costos elevados.
  4. Evaluar la justificación de inversión de cada proyecto por medio de el retorno de la inversión, etc.
  5. Asignar prioridades a los proyectos basados en la justificación de la inversión.
  6. Seleccionar los proyectos de conservación y elaborar la solicitud de inversión de capital.
  7. Llevar a cabo los proyectos autorizados.
- C. Revisar el diseño de todos los proyectos, tales como nuevas plantas, expansiones, edificios, -- etc., para asegurar que el uso eficiente de la energía está incorporado al diseño.

#### IV. DESARROLLAR CONTINUAMENTE ESFUERZOS PARA LA OBSERVACION DE ENERGIA.

- A. Medir los resultados obtenidos por medio de:
1. Emplear una forma especial para conocer el uso de energía por unidad de producción en cada departamento.
  2. Emplear una forma especial para conocer el uso de energía por unidad de producción en toda la planta.  
El procedimiento para calcular el consumo de energía por unidad de producto, se explica en una sección posterior (2.5.5).
  3. Analizar y supervisar los reportes de BTU'S por unidad de producción, tomando en consideración los efectos de variables tales como: temperatura ambiente, nivel de producción, mezcla de productos, etc.
    - a) Comparar los BTU'S/Unidad Producida reales con los BTU'S/Unidad Producida técnicos.
    - b) Observar el impacto de las acciones y proyectos efectuados por medio de la disminución del índice BTU/Unidad de Producción.
    - c) Investigar, identificar y de ser posible corregir la causa del incremento que pudiera ocurrir en BTU/Unidad de Producción.
- B. Actividades del Comité para mantener la continuidad en la conservación de la energía.
1. Celebrar reuniones periódicas.
  2. Cada miembro del Comité debe ser el medio de comunicación entre el Comité y los supervisores de los departamentos que representa.
  3. Actualizar periódicamente los proyectos de -

ahorro de energía.

4. Planear y participar en los estudios de ahorro de energía.
5. Comunicar las innovaciones técnicas para la conservación de la energía.
6. Planear y conducir un programa continuo de actividades y comunicación para mantener vivo el interés en el área.
7. Desarrollar y mantener la cooperación con organizaciones similares, promoviendo la conservación de la energía.

C. Concientizar al personal de la planta por medio de:

1. Colaborar en las actividades del Comité.
2. Impartir cursos de adiestramiento en conservación de energía.
3. Editar cuadernos de trabajo sobre conservación.
4. Establecer un programa de incentivos.
5. Reconocer los ahorros de energía que se hayan realizado.
6. Impartir pláticas sobre técnicas de iluminación, aislamiento y trampas de vapor.
7. Instalar posters, carteles, letreros, figuras, sobre el ahorro de energía.
8. Hacer publicidad en nuevas plantas, boletines.
9. Enviar cartas sobre ahorro de energía a los hogares de todos los empleados.

D. Evaluar el Programa por medio de:

1. Revisar el avance en ahorro de energía.
2. Reevaluar las metas originales.
3. Considerar modificaciones al programa.

## 2.2 CONTENIDO Y FORMATOS.

A partir de este punto, en el resto del capítulo N° 2 se presentan una serie de memorandums y comunicados por medio de los cuales se continúa el desarrollo del programa, estos se presentan en orden cronológico, sugiriendo además las agendas a seguir en las primeras reuniones del Comité de Conservación de Energía en la Planta -- que se menciona como CCEP.

Los Costos y proyecciones de costo de energía, así como los equivalentes de los servicios de la planta -- se dejaron con espacios en blanco para evitar cualquier complicación.

Algunos conceptos varían de industria a industria, de planta a planta o de región a región, por lo que las determinaciones serán exclusivas.

## 2.3 EL GERENTE DE LA PLANTA TOMA LA PRIMER ACCION.

El gerente de la planta ha decidido que la conservación de la energía debe incluirse como una parte específica del programa de la Compañía. El toma la primer acción nombrando un Coordinador de la Conservación de la Energía y solicita a los jefes de departamento que seleccionen a alguien para trabajar con el Coordinador. Todo esto se incluye en el siguiente memorandum.

2.3.1

FECHA: \_\_\_\_\_

PARA: JEFES DE DEPARTAMENTO.

DE: GERENTE DE LA PLANTA.

ASUNTO: Formación del Comité de  
Conservación de Energía.

Se están teniendo en la actualidad problemas -  
serios de escases en el suministro de energéticos a nive-  
les nacional y mundial, problemas que lo más seguro es --  
que se agudicen por el consumo cada vez mayor que de ---  
ellos se hace; se está viviendo por otra parte una pre --  
sión inflacionaria fuerte que no se prevee se resuelva a  
corto plazo y que agudize la imperiosa necesidad de redu-  
cir los costos. Ambos factores conducen a tener como un  
objetivo de alta prioridad el control cuidadoso del consu-  
mo de energéticos, así como buscar modos de reducir dicho  
consumo.

El consumo total anual de energéticos en la --  
Compañía es del orden de \$ \_\_\_\_\_ y considerando los -  
planes de expansión, así como los aumentos en el costo de  
los energéticos, puede estimarse que en unos dos años es-  
te consumo rebasará la suma de \$ \_\_\_\_\_. Se propone  
como objetivo el reducir durante el año de 19\_\_, el consu-  
mo de energéticos en un 10%. Es un objetivo difícil pero  
parece realista lograrlo, y representaría ahorros del or-  
den de \$ \_\_\_\_\_ anuales.

En base a todo lo anterior se está iniciando -

una serie de medidas para llevar a cabo dicho plan de ahorro y conservación de energía, la primera de ellas es el establecimiento de un Comité que será el responsable de formular y conducir el programa. El jefe de departamento de servicios, será el coordinador del Comité, reportándose directamente a la Gerencia de Planta. Y cada uno de los miembros designará a una persona que represente a su departamento en el Comité. Esta persona deberá ser experimentada e influyente ya que será el medio de comunicación entre el Comité y los supervisores de sus áreas; se debe contar con los nombres de estas personas para dentro de una semana.

A t e n t a m e n t e

---

Gerencia de Planta

## 2.3.2

### BOLETIN PARA EMPLEADOS

FECHA: \_\_\_\_\_

A: TODO EL PERSONAL

DE: GERENTE DE PLANTA

ASUNTO: Iniciación del Programa de Conservación de Energía.

Como se ha observado a últimas fechas, en el ra dio, televisión, periódico y en general todos los medios informativos incluyen dentro de sus principales notas las relacionadas con la escases de energía, este problema tiene implicaciones más graves que un alza de precio en la gasolina, ya que tiene un impacto mayor en la industria, lo que afecta directamente a nuestra Empresa.

No sólo los costos de compras de la electrici dad y los combustibles existentes sino también la disponi bilidad de las materias primas vitales está declinando co mo un resultado de la escases de energía.

Para evitar la inestabilidad en la producción - que puede resultar de esta escases, la Compañía está ini ciando un Programa de Conservación de Energía para identi ficar y eliminar los usos ineficientes innecesarios y de desperdicio de energía en la Planta.

Para cumplir con esta tarea he nombrado al jefe del Departamento de Servicios para que encabece el Comité

de Conservación de Energía en la Planta (CCEP). Este Comité formulará un programa, el cual nos capacitará para reducir nuestro consumo de energía sin afectar la producción. El apoyo y la participación activa de cada empleado es --- esencial si queremos alcanzar la que es nuestra meta del - 10% de ahorro en el consumo de energía este año. Recordemos que la energía siempre estará a nuestra disposición si la utilizamos de una forma racional.

A t e n t a m e n t e

---

Gerente de Planta

## 2.4 PRIMERA JUNTA DEL COMITE DE CONSERVACION DE ENERGIA.

Tan pronto como el coordinador del Comité conoce su nuevo nombramiento, empieza a planear cómo el Comité puede llegar a cumplir las metas establecidas en la carta del Gerente de Planta (2.3.1).

Una vez que tiene los nombres de los miembros del Comité y un plan en mente, los convoca a junta. A continuación se describe la misma y se desarrollan cada uno de los puntos que ahí deben tratarse.

## 2.4.1 MEMORANDUM.

FECHA: \_\_\_\_\_

A: COMITE DE CONSERVACION DE ENERGIA.

DE: COORDINADOR DEL COMITE.

ASUNTO: Agenda para la 1<sup>a</sup> Junta  
del Comité de Conserva -  
ción de Energía.

La primer Junta del Comité de Conservación de energía de la Planta se llevará a cabo bajo la siguiente agenda:

- I. Presentación del Area de Conservación de Energía.
- II. Fases del Programa de ahorro de energía - en la Planta.
- III. Nombramiento del oficial del Comité por - el Gerente de la Planta.
- IV. Establecimiento de la periodicidad de las reuniones.

En seguida se detallan los puntos de la agenda:

- I. La presentación del Area de Conservación de Energía consiste de una conferencia audio-visual con duración aproximada de 25 minutos que efectúa el Coordinador del Area y que tiene por objetivos:
  1. Platificar algunos aspectos de interés general.
  2. Comentar la política de ahorro de ener - gía de la Compañía.

3. Proponer la manera para cumplir con la mis  
ma.

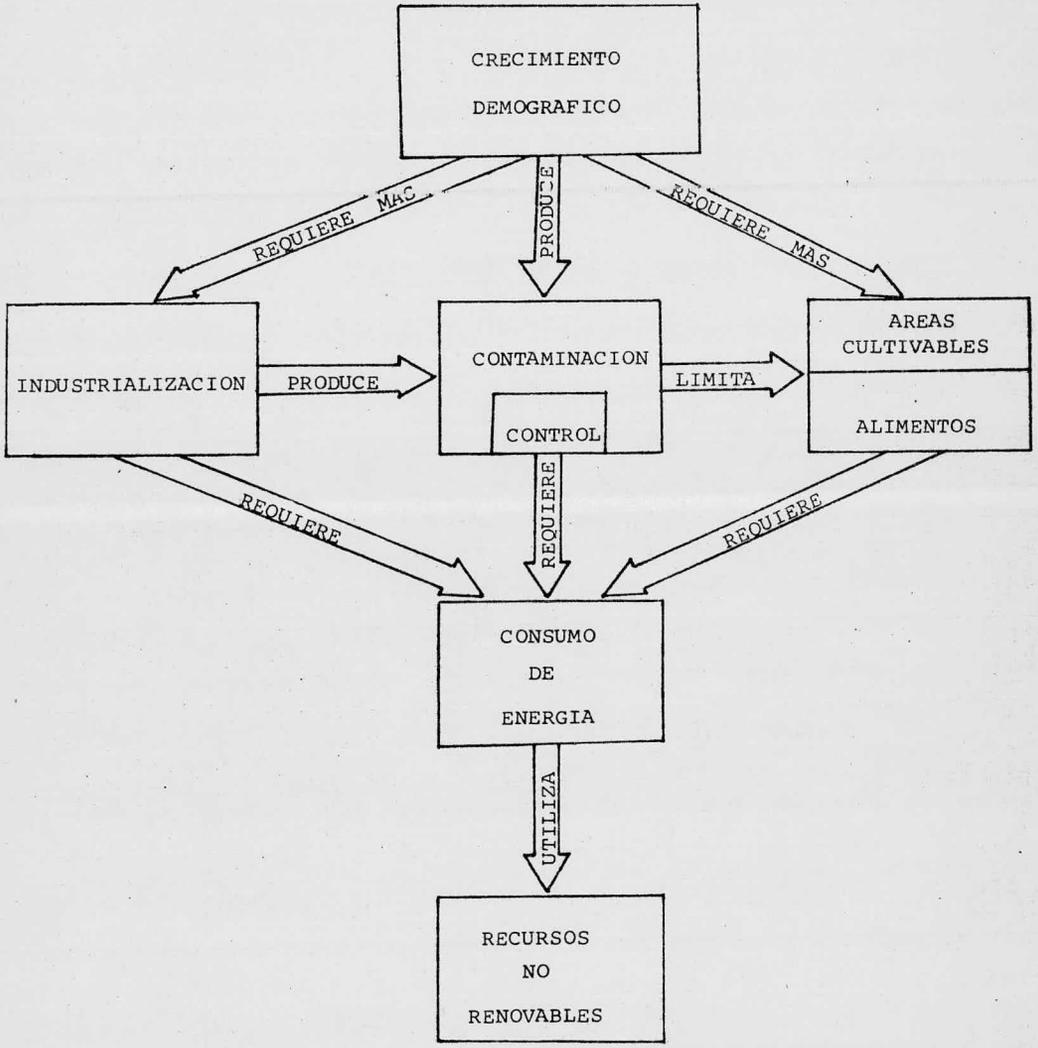
Los que se logran por medio de las siguientes --  
gráficas, las que deberán ser presentadas y explicadas por  
el Coordinador:

### OBJETIVOS

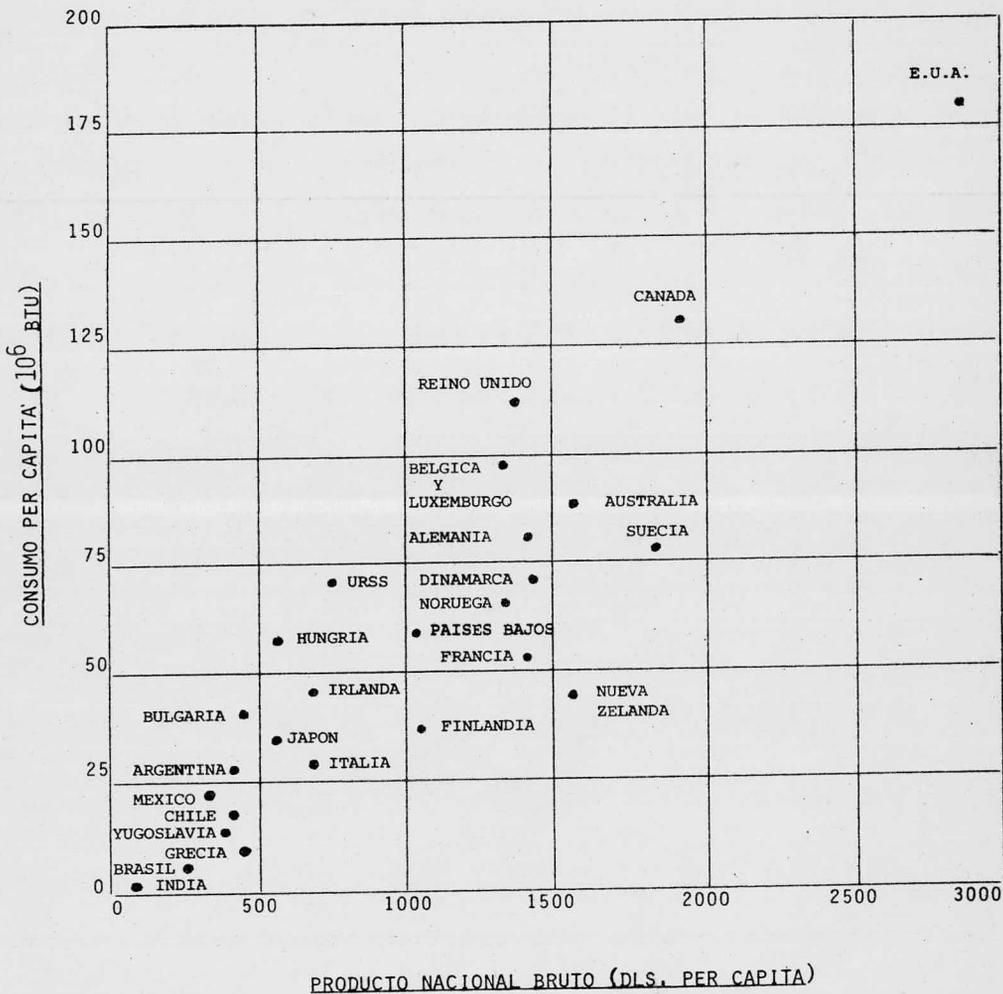
1. Platicar algunos aspectos de interés general.
2. Comentar la política general de la Compañía.

### CONTROL DE ENERGETICOS

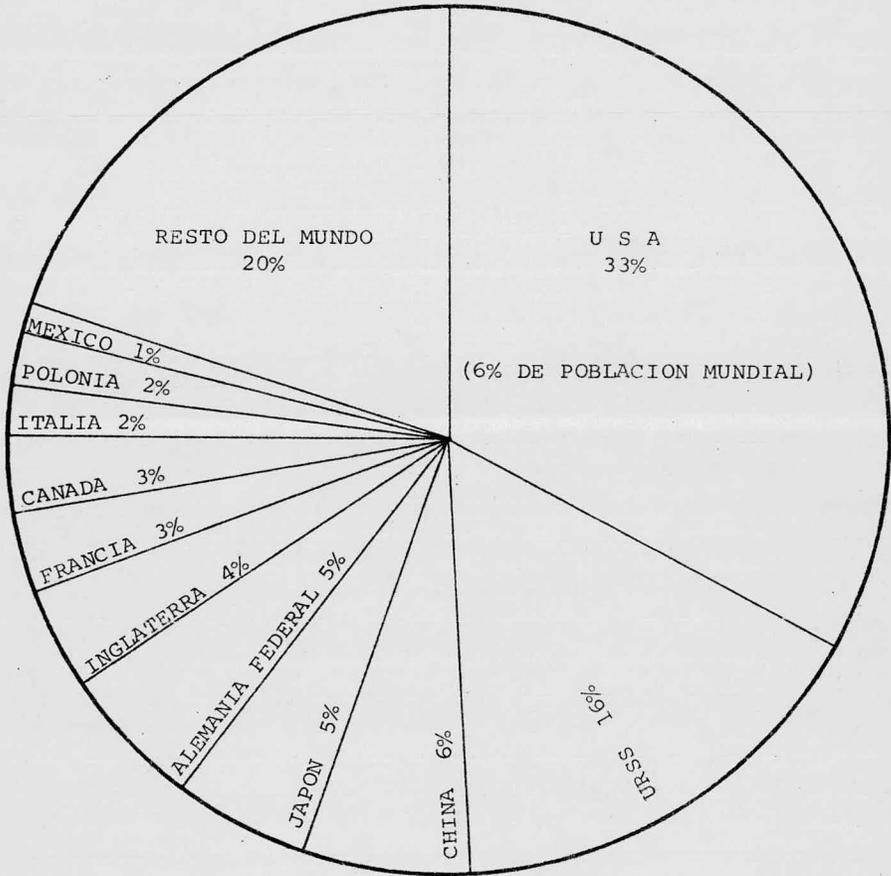
3. Proponer la manera para cumplir con esta política.



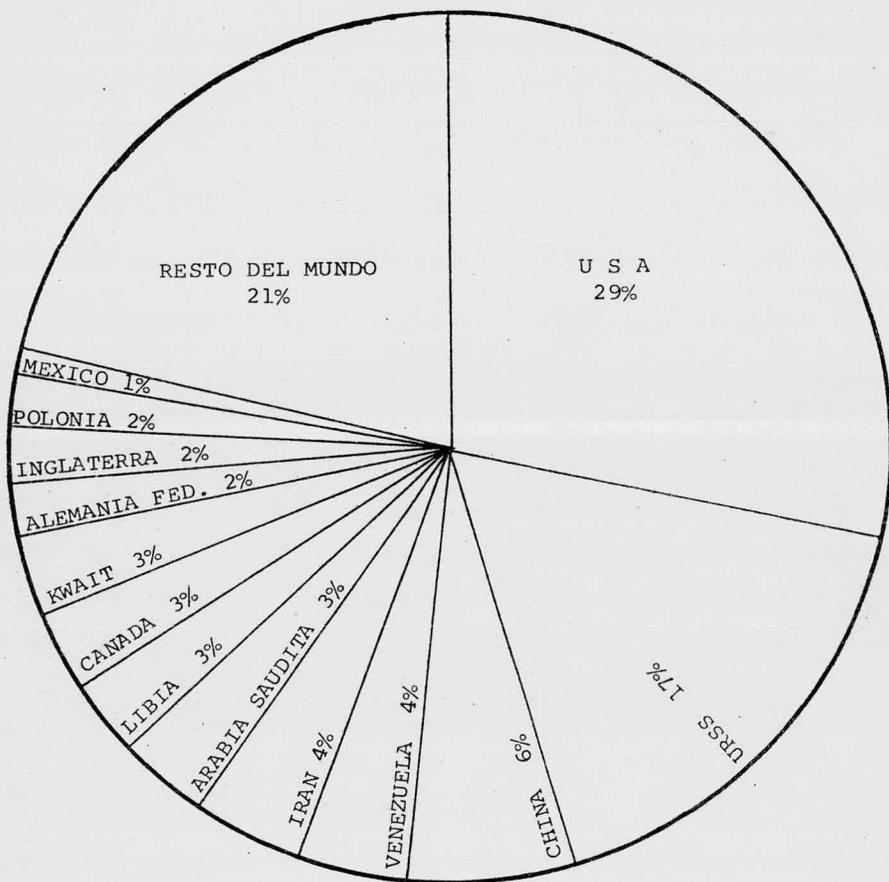
## CONSUMO DE ENERGIA 1970



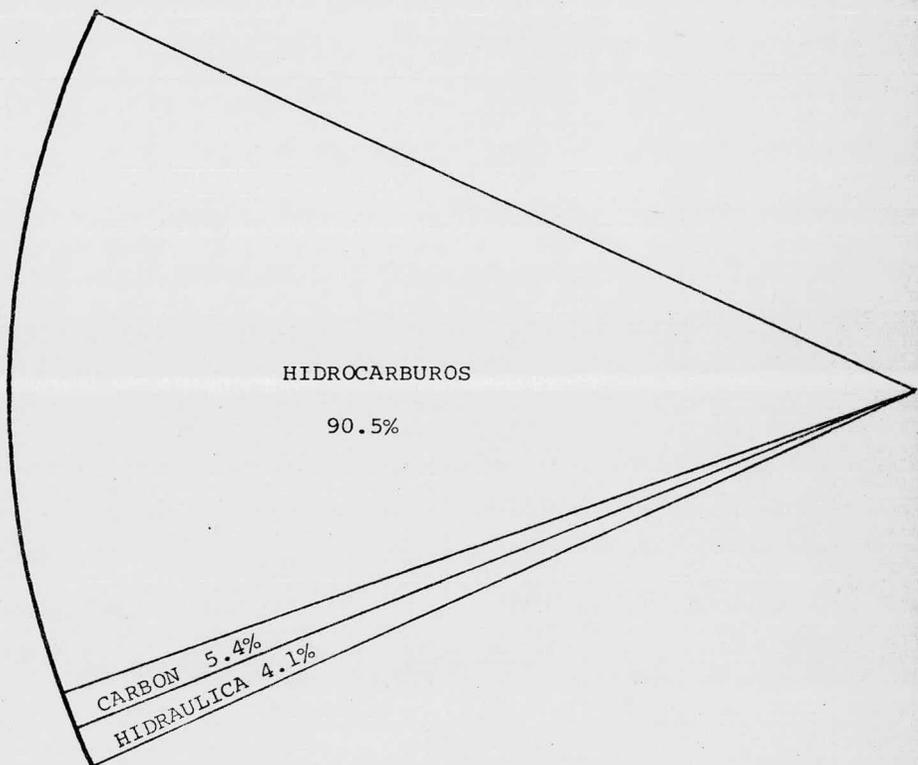
CONSUMO DE ENERGETICOS 1970



PRODUCCION ENERGETICOS 1970



FUENTES DE ENERGIA  
EN MEXICO (1970)



DEMANDA NACIONAL DE ENERGETICOS PRIMARIOS  
(1974)

<u>SECTOR CONSUMIDOR</u>	<u>%</u>
Transporte	31.7
<u>INDUSTRIAL</u>	24.6
Eléctrico	18.5
Petróleo	10.4
Doméstico	8.6
Agrícola	0.8
Pérdidas en manejo	3.1
Otros	0.7
Uso no energético	1.6

DEMANDA NACIONAL ENERGETICOS SECUNDARIOS  
(1974)

<u>SECTOR CONSUMIDOR</u>	<u>%</u>
<u>INDUSTRIAL</u>	45.8
Transporte	38.3
Doméstico	11.6
Otros	4.3

LA COMPANIA CONSCIENTE DE  
LOS PROBLEMAS MUNDIALES, DE QUE MEXI-  
CO NO PUEDE ESCAPAR A ELLOS Y DEL USO  
IRRACIONAL QUE SE LE HA DADO A LOS DE  
RIVADOS DEL PETROLEO EN SUS DIFEREN-  
TES APLICACIONES.

APOYA LA POLITICA DE RA -  
CIONALIZACION DE ENERGETICOS, PARA LO  
CUAL SE PROPONE:

I. Integración del Comité CCEP para:

- \* Fijar objetivos.
- \* Establecer planes específicos.
- \* Perseguir resultados e informar.

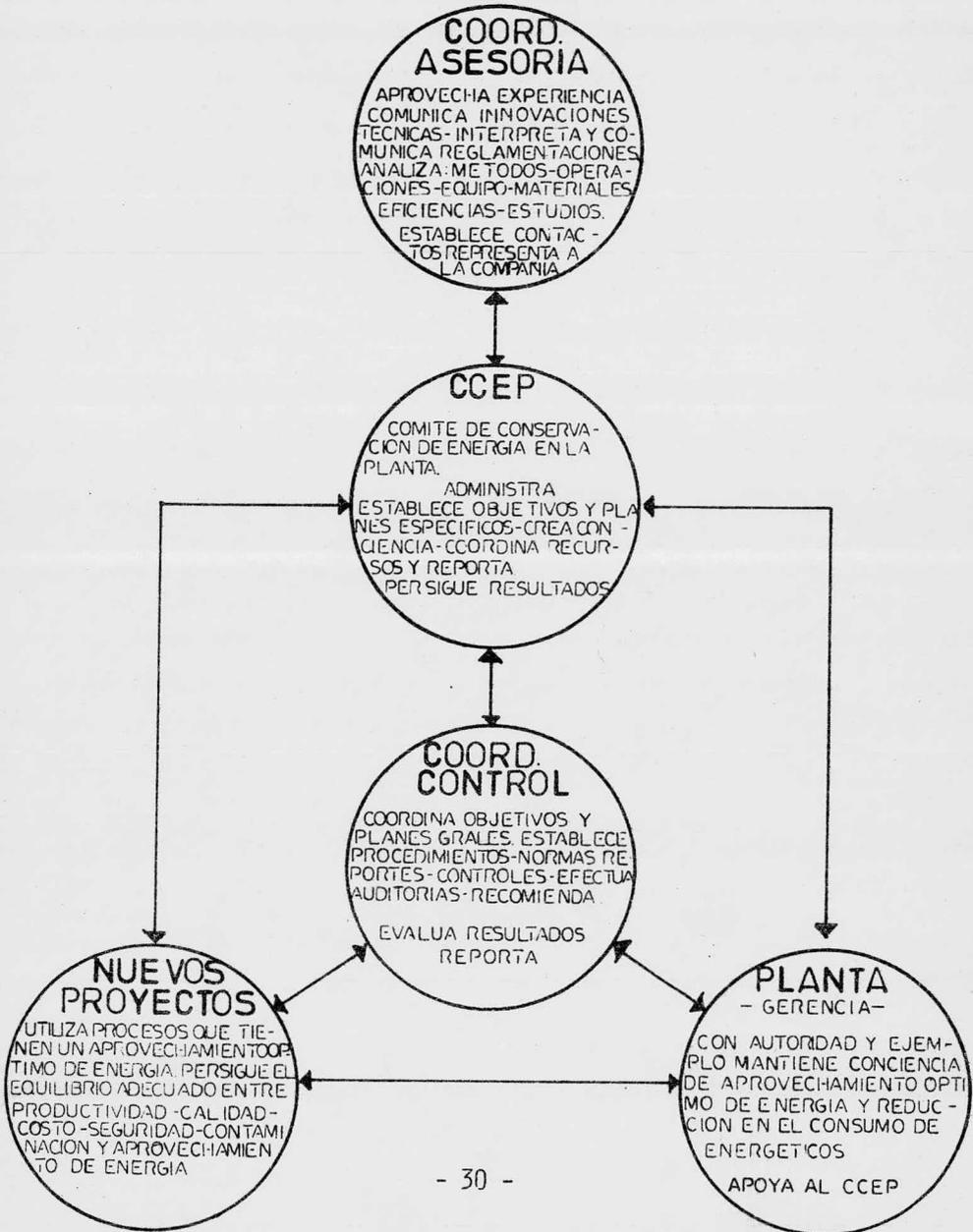
Formado por:

- \* Gerente de la Planta.
- \* Jefes de Departamento.
- \* Coordinador del Comité.
- \* Representante de la Planta.

2. Efectuar juntas periódicas de Representantes de Departamento para:

- \* Intercambiar información y experiencias.
- \* Elaborar e interpretar normas.
- \* Analizar casos problema.

## RELACIONES DEL CCEP



## FUNCIONES DEL REPRESENTANTE DE DEPARTAMENTO

- \* Establecer los Sistemas que permitan la obtención y re copilación de información sobre el consumo de energéticos por tipo de estos.
- \* Proponer objetivos de reducción en su planta, congruentes con los objetivos corporativos que se hayan esta - blecido.
- \* Perseguir los planes de acción necesarios para llevar a cabo el punto anterior.
- \* Evaluar los resultados y proponer las actividades necesarias para que se obtengan los deseados.
- \* Perseguir la creación en su planta de una conciencia - de ahorro de energéticos en todo el personal.
- \* Vigilar continuamente el uso eficiente de los energéticos en su planta.
- \* Participar en las juntas periódicas de encargados de - control de energéticos de IRSA, cumpliendo con los tra bajos que ahí surjan.

## FUNCIONES DEL COORDINADOR DEL CCEP

- \* Proponer las políticas de energéticos necesarias.
- \* Establecer los procedimientos corporativos adecuados.
- \* Recomendar objetivos sobre ahorro de energéticos.
- \* Coordinar juntas periódicas con los representantes de e energéticos de cada planta, a fin de intercambiar experiencias, revisar resultados, establecer o revisar procedimientos, fijar normas y estándares.
- \* Crear a nivel corporativo una conciencia de ahorro de energéticos.
- \* Estar al tanto de las innovaciones técnicas que a este respecto ocurran, para comunicarlas a las plantas.
- \* Participar en seminarios, congresos, mesas redondas sobre consumo y ahorro de energéticos.
- \* Establecer contactos con grupos similares de otras em - presas, para intercambiar experiencias.
- \* Establecer criterios sobre la mejor utilización de ener géticos en IRSA.
- \* Perseguir el establecimiento de objetivos por planta -- congruente con el objetivo corporativo.
- \* Vigilar que se lleven a cabo los planes de acción acordados en cada planta, ya sea para obtener la informa -- ción necesaria o para reducir el consumo de energéticos.
- \* Vigilar que en los nuevos proyectos o en las modifica - ciones a los existentes se persiga la máxima eficiencia en consumo de energéticos.
- \* Evaluar corporativamente las reducciones en consumo de energéticos logradas y publicar los informes correspondientes.

\* Dar la asesoría solicitada por las plantas.

## II. Fases del Programa de Ahorro de Energía en la Planta.

Se sugiere que el programa se lleve a cabo en dos fases:

- a) Determinar y eliminar las fugas de energía obvias como pueden ser:
- \* Aislar líneas de condensador.
  - \* Aislar adecuadamente líneas de vapor.
  - \* Programa de revisión y reparación de trampas de vapor.
  - \* Establecer un retomo óptimo de condensados.
  - \* Analizar el uso de aditivos para el combustible líquido de calderas.
  - \* Optimizar el factor de potencia de la Planta.
  - \* Optimizar el nivel de iluminación de las diversas áreas de la Planta.
  - \* Utilizar fotoceldas para controlar el alumbrado exterior de la Planta.
- b) En la segunda fase se sugiere analizar los procesos con el fin de establecer la posibilidad de -- efectuar modificaciones a los mismos.

NOTA: Paralelamente a las fases anteriores se deberá establecer un plan de concientización al personal de la Planta por medio de:

- \* Carteles alusivos al área.
- \* Películas sobre el tema.
- \* Pláticas periódicas.

Además de elaborar los informes correspondientes que se detallan posteriormente.

III. Una vez que se han establecido las características del área y del programa a seguir, el Gerente de la - Planta nombra de una forma oficial, (lo que servirá de motivación) a los que formarán el Comité de Cono -

servación de Energía de la Planta (CCEP).

IV. Por último se establece la periodicidad de las reuniones y las primeras acciones a seguir como las mencionadas en punto II.

2.4.2

FECHA: \_\_\_\_\_

A: JEFES DE DEPARTAMENTO.

DE: COORDINADOR DEL COMITE DE  
CONSERVACION DE ENERGIA  
DE LA PLANTA (CCEP)

ASUNTO: Actividades para el Comité.

En la carta del Gerente General enfatiza la --  
formación del Comité de Conservación de Energía, para el  
cual hemos sido escogidos como miembros, e indica algu -  
nas de las actividades de las cuales nos vamos a hacer -  
cargo.

Como él sugiere, cada uno debe familiarizarse  
con las sugerencias del programa y las acciones de con -  
servación de la energía descritas en la reunión anterior.

El primer paso es conocer los consumos de ener -  
gía y empezar a reducir o eliminar desperdicios. Por su  
familiaridad con estos problemas, el representantes de -  
Producción será responsable de desarrollar un plan que -  
cubra toda la Planta para reducir su consumo de energía.

Otra área que requiere atención inmediata es -  
el establecimiento de una base económica común de la ---  
cual empezar a trabajar. Habrá proyectos de ahorro de -  
energía que impliquen algunos gastos que requieran justi -  
ficación financiera. Es necesario contar con un método  
uniforme para calcular el valor de los ahorros de las di -  
versas formas de energía: electricidad, combustible, va -  
por, aire comprimido. Lo que desarrollará el Departamen -  
to de Servicios de la Planta.

El Jefe del Departamento Administrativo deberá obtener de los registros contables las cantidades de compra mensual de combustible y electricidad usadas el año pasado y el presente. Un registro continuo del consumo de energía por unidad de producción se hace necesario para conocer los avances del plan y que éste cumpla con su objetivo.

Por lo tanto, necesitamos considerar proyecciones de costos de la energía, Así que el Departamento Administrativo auxiliándose del Departamento de Compras podrá elaborar estas proyecciones para este año y 3 y 5 -- años hacia adelante.

Es necesario comunicar nuestras ideas y sugerencias sobre las técnicas de conservación de la energía aplicables a nuestra Planta. Ya que el Jefe del Departamento de Mantenimiento ha tenido bastante experiencia en la Planta, se responsabilizará de coordinar esta función. Para empezar, tenemos varias referencias literarias y -- conforme avancemos, iremos añadiendo ideas provenientes de nuestras reuniones.

Se sugiere que cada uno de nosotros se ponga en contacto con los supervisores clave en las áreas para informarles de nuestros planes para el programa y pedirles que se unan a los proyectos de ahorro de energía. La próxima junta del Comité será dentro de una semana en mi oficina, en la cual discutiremos los avances obtenidos.

A t e n t a m e n t e

---

Coordinador del CCEP

## 2.5 SEGUNDA REUNION DEL COMITE DE CONSERVACION DE LA ENERGIA.

El Comité tiene su segunda junta, el Coordinador dá a cada miembro una copia de la agenda, la que se muestra a continuación, de acuerdo a la cual cada miembro presenta su reporte dando una copia del mismo a todos los presentes. A continuación se detallan estos informes y las características de esta segunda reunión.

## 2.5.1 MEMORANDUM.

FECHA: \_\_\_\_\_

A: COMITE DE CONSERVACION DE LA ENERGIA.

DE: COORDINADOR.

ASUNTO: Agenda para la segunda me  
sa redonda.

1. Presentación de Planes de Ahorro de Energía.
2. Equivalentes de energía para los servicios -  
de la Planta.
3. Costo presente y futuro de la energía.
4. Uno mensual de la energía.
5. Propuesta de formatos para:
  - a) Calcular el índice Energía/Unidad de pro-  
ducción.
  - b) Gráficas.

A t e n t a m e n t e

---

Coordinador del CCEP

c.c. Gerente de la Planta.  
Archivo

## 2.5.2

FECHA: \_\_\_\_\_

A: COORDINADOR DEL COMITE DE CONSERVACION  
DE ENERGIA EN LA PLANTA.  
JEFE DE MANTENIMIENTO.  
JEFE DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS.

DE: SECCION DE CUANTIFICACION DE AHORROS DE  
ENERGIA.  
JEFE DE PRODUCCION "A"  
JEFE DE PRODUCCION "B"

El primer paso para la cuantificación debe ser la identificación de desperdicios de energía que pueden ser corregidos por operaciones rutinarias de mantenimiento, la forma adjunta indica el tipo de pérdidas de energía que se puede observar, todos los procesos y edificios deberán indicarse en este análisis. La mayor parte del análisis puede efectuarse durante las horas diurnas de trabajo, pero una o más visitas nocturnas permitirán determinar excesos en iluminación, ventilación, aire acondicionado, calentamiento o equipo operando sin necesidad, así mismo, se pueden efectuar visitas a la planta los fines de semana para determinar el uso ineficiente de la energía en estas condiciones.

Se propone que las inspecciones se efectúen en compañía del supervisor o ingeniero que designe el jefe del área y se llenen copias de las formas adjuntas circulándolas al Jefe de Mantenimiento, jefe del área y al Comité de Conservación de Energía.

Se deben generar órdenes de trabajo para corrección de los desperdicios de energía por cada supervisor de departamento o por el Departamento de Mantenimiento.

Para esta semana se prepara un programa de inspección que se dará a conocer a los jefes del área.

A t e n t a m e n t e

---

Jefe de Producción "A"  
Jefe de Producción "B"

c.c.p. Gerente de la Planta.



## 2.5.3

FECHA: \_\_\_\_\_

A: - COORDINADOR DEL COMITE DE CONSERVACION  
DE ENERGIA.  
JEFE DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS.  
JEFE DE MANTENIMIENTO.

DE: SECCION DE CUANTIFICACION DE AHORROS  
DE ENERGIA.  
JEFE DE PRODUCCION "A"  
JEFE DE PRODUCCION "B"

Después de la primer acción para la conservación de la energía, como es la corrección de las pérdidas más obvias, existen otras que probablemente requieran de inversiones como son:

### 1. Elaborar un Balance de Energía.

La necesidad básica para orientar esfuerzos es contar con un balance de energía de cada proceso y departamento. Este estudio lo puede realizar un ingeniero que esté familiarizado ya sea con el flujo del proceso o con los usos de energía en edificios. El objeto es definir con detalle la energía que entra, la energía utilizada y la energía disipada, gastada o perdida en cada caso. En algunas áreas para obtener lo anterior será necesario mejorar los medios de medición (instrumentación), - este costo puede absorberse por medio de los ahorros -- que se obtengan.

Una vez habiendo identificado los punto en desperdicio de energía el ingeniero puede determinar métodos para reducirlos o eliminarlos.

### 2. Cuantificar excedentes de energía.

Una vez concluidos los balances de energía, se hace necesaria una reunión entre el equipo de cuantificación -

con los ingenieros que prepararon los balances para de terminar si las pérdidas de energía son explotables, - aún fuera del área de proceso. Un ejemplo de lo anterior es el uso de los gases de combustión, pero supo - niendo que dicho aire no es posible utilizarlo de esta forma debido al diseño de la caldera, entonces el Comi - té de Conservación de Energía de la Planta puede suge - rir otros usos como es por ejemplo la generación de va - por de baja presión.

3. Inspeccionar estaciones de reducción de presión.  
Determinar la localización de las estaciones reducto - ras de presión del gas, vapor y aire de alta presión - y sus respectivos flujos con el fin de evaluarlos.
4. Revisar las necesidades de aire comprimido en la Plan - ta.  
Esta inspección normalmente permite ahorrar energía mi - nimizando los niveles de presión requeridos, ya que si uno o varios casos pueden satisfacerse con aire de ba - ja presión, se justifica la evaluación de la instala - ción de otro compresor para generar aire con tales fi - nes.
5. Revisar sistemáticamente el Sistema de Generación de - Vapor.
  - a) Trampas para vapor. Analizar si estas fueron selec - cionadas de acuerdo a la función que van a desempe - ñar, si son del tamaño adecuado o si están instala - das adecuadamente, si cuentan con un programa de re - visión periódica, ya que estos representan puntos - que pueden redituar ahorros considerables.
  - b) Retornar los condensados. Los condensados son gene - ralmente un punto en el cual se tienen pérdidas de calor, agua, energía eléctrica entre otras, y que - no se les presta la debida atención. Para evitarlo

es necesario identificar y cuantificar las líneas de condensado desde el punto de vista económico para -- instalar bombas, aislamientos, tuberías, con el fin de regresarlo al tanque de alimentación de agua de la caldera. Si el condensado está contaminado es necesario tomar en cuenta la posibilidad de filtrarlo.

e) Generar vapor de baja presión. Es necesario buscar sitios en donde el vapor de alta presión puede sustituirse por vapor de baja presión ya que esto permite utilizar el vapor producido por tuberías o por un calentador de baja presión separado de la caldera de alta presión.

6. Determinar sobre capacidades de motores eléctricos y equipo.

Motores eléctricos y equipo tales como bombas centrífugas operan con mayor eficiencia a una carga máxima y si están operando con una carga mínima, se observa un desperdicio de energía eléctrica, por lo que es necesario evaluar la sustitución de un motor o equipo menor en -- donde se tengan estos sobre diseños.

7. Aislamientos.

Inspeccionar los sistemas de aislamientos con detector de rayos infrarojos para localizar pérdidas de calor y reparar en donde sea necesario el aislamiento.

8. Sistemas de combustión.

Determinar la eficiencia de combustión en todos los hornos, evaluar la factibilidad económica de reemplazar -- quemadores por otros de tipo dual (gas-líquido) además de analizar los gases de la chimenea para verificar que la combustión sea completa buscando mantener un porcentaje óptimo de exceso de aire.

Sección de Cuantificación de  
Ahorros de Energía

Jefe de Producción "A"

Jefe de Producción "B"

## 2.5.4

FECHA: \_\_\_\_\_

PARA: JEFE DE PRODUCCION "A"  
JEFE DE PRODUCCION "B"  
JEFE DE MANTENIMIENTO  
JEFE DE SERVICIOS  
ADMINISTRATIVOS

DE: COORDINADOR DE CONSERVACION DE  
ENERGIA.

ASUNTO: Equivalentes y Costos estándar de Energía para la Planta.

Es necesario implantar un método uniforme para calcular el valor de nuestros ahorros de energía para -- los diversos usos de los que se obtienen por lo que se - debe instituir un sistema contable basado en los BTU'S - utilizados.

Por ejemplo, la energía eléctrica utilizada en la Planta la determinaremos por medio del índice \$/Kw-Hr que se paga a la Compañía de Luz, esto es refutable ya - que existe un índice mucho más objetivo el que se determina conociendo que un Kw-Hr es capaz de producir 3412 - BTU'S pero tomando en cuenta las ineficiencias de la --- Planta, aproximadamente 10,000 BTU de combustible son -- quemados por la Compañía de Luz para generar 1 Kw-Hr., así que el equivalente para la energía eléctrica es: --- 10,00 BTU/Kw-Hr.

Siguiendo este ejemplo un equivalente de energía se puede definir como el número de BTU'S de combusti

ble que se consumen al generar una unidad de energéticos - como son 1Kw-Hr o 1,000 Lb. de vapor.

Una vez establecido, el equivalente de energía - es el factor que puede utilizarse a través del programa para situar todos los proyectos en una base común en el programa de conservación de energía.

En seguida deberán considerarse los combustibles que normalmente se compran en la Planta. El equivalente de la energía es el calor de la combustión. El costo de la unidad estará dado por:

<u>Combustible</u>	<u>Costo</u>	<u>Equivalente energía</u>	<u>Costo/MBTU</u>
Gas Natural	\$ ____/1000 cuft	____ BTU/cuft	\$ ____/MBTU
Combustóleo	\$ ____/Gal.	____ BTU/cuft	\$ ____/MBTU
Carbón	\$ ____/Ton.	____ BTU/cuft	\$ ____/MBTU

Los costos del vapor generado, aire comprimido, agua, agua tratada establecida por el Departamento de Contabilidad incluyen depreciación, mantenimiento y costos de operación, etc. y no pueden ser usados en la tabla anterior. Cuando se obtienen ahorros de estos servicios, solamente le ahorra el combustible o la energía eléctrica que se usa para generar, comprimir o bombear estos servicios. Por ejemplo en el caso de generadores de vapor basándonos en la eficiencia de la caldera, los costos que se utilizarán en la contabilidad de ahorros de energía son, así pues, los costos de los equivalentes de energía.

<u>VAPOR</u>	<u>COSTO</u>	<u>EQUIVALENTE/ENERGIA</u>
400 PSIG	\$ ____/1000 Lb	____ BTU/1000 Lb
150 PSIG	\$ ____/100 Lb	____ BTU/1000 Lb

En lo que se refiere a aire comprimido el agua de servicio y el agua tratada para la caldera, los costos son el resultado del uso de la energía necesaria para su

compresión o bombeo. Los equivalentes de energía son considerados 10,000 BTU/kw-Hr.

<u>Servicios</u>	<u>Costo</u>	<u>Equivalente/Energía</u>
Aire comprimido	\$_____/1000 cuft	_____ BTU/1000 cuft
Agua de servicio	\$_____/1000 Lb	_____ BTU/1000 Lb
Agua tratada	\$_____/1000 Lb	_____ BTU/1000 Lb

Cuando ahorramos condensado regresándolo a las calderas, reducimos la necesidad de agua tratada para la caldera y ahorramos la diferencia de BTU'S entre el calor contenido del condensado en °F y del agua de alimentación a su temperatura. De esta forma nuestro equivalente de -- energía para condensado es \_\_\_\_\_ BTU/1000 Lb y su costo es \$\_\_\_\_\_/1000 Lb.

En el anexo adjunto (Anexo 1) se establece el -- procedimiento del cálculo del costo estándar de energía -- por unidad de producción de acuerdo a la guía que también se adjunta.

A t e n t a m e n t e

---

Coordinador de Conservación de  
Energía

c.c.p. Gerente de Planta.

2.5.5.

FECHA: \_\_\_\_\_

PARA: COMITE DE CONSERVACION DE ENERGIA.

DE: COORDINADOR DEL COMITE DE AHORRO  
DE ENERGIA.

ASUNTO: Continuación del Programa.

Hasta este punto el programa de conservación de energía ha tenido éxito pero es necesario contar con uno - que prolongue indefinidamente este buen inicio. Se debe - hacer hincapié en las actividades de comunicación y educación, así como en las concientización del personal. Actividades que permitirán continuar con nuestro programa como son:

1. Juntas mensuales del Comité de Conservación - de Energía.
2. Juntas mensuales de cada miembro del Comité - con sus supervisores o representantes del área.
3. Se debe incluir un curso sobre ahorro de energía en los programas de entrenamiento del personal.
4. Publicar boletines periódicos con los logros alcanzados.
5. Publicar mensual o quincenalmente un poster - con ideas de ahorro.
6. Colocar frases alusivas en Switches, Válvulas Motores, etc. para obtener ahorros.

7. Impartir pláticas técnicas sobre aspectos como selección adecuada de equipo, uso de trampas de vapor, selección de aislamiento.
8. Enviar cartas a los empleados dando ideas de ahorro en el hogar.

A t e n t a m e n t e

---

Coordinador del Comité de Ahorro  
de Energía

A N E X O "A"

Procedimiento para determinar  
el Costo estándar de energía  
por unidad de producción

OBJETIVO: Determinar el porcentaje de ahorro en el contenido de energía expresado en BTU'S por unidad de producto.

PROCEDIMIENTO: Use el formato de este anexo para determinar el contenido de energía en BTU'S por proceso o por unidad de producto. Elaborándolo se podrá determinar si las metas propuestas de ahorro de energía le han alcanzado o no.

Guía para llenar la forma de cálculo del estándar del contenido de energía por producto.

Llenar la forma adjunta de acuerdo a las instrucciones siguientes:

1. Producto terminado listo para embarcar.
2. N° de identificación del producto.
3. Unidades del producto (elaboradas durante un período de tiempo determinado).
4. Materias primas y otros materiales utilizados en la elaboración de un producto, ejemplo catalizador.
5. Unidades de las materias primas utilizadas durante este período de tiempo.
6. Cada material tiene un contenido específico de energía. Esta energía contenida se mide en BTU'S.
7. Inciso (5) multiplicado por inciso (6).
9. Servicios incluyendo principalmente electricidad y combustible.
10. Unidades de servicios utilizadas durante este período de tiempo.
11. Para combustibles es el poder calorífico. Para otros servicios ésta es la energía necesaria para generar una unidad de servicio (ejemplo: 1 Kw-Hr.).
12. Inciso (10) multiplicado por inciso (11).
14. Los desperdicios es material el cual no es posible evaluarlo económicamente y el cual requiere BTU'S adicionales para usarlos.
15. La energía disponible para el uso del desperdicio.
17. Unidades de desperdicio producidas durante este período

de tiempo (no son necesarias para el cálculo pero son -  
útiles como referencia futura).

19. Sobrantes son materiales que pueden ser rendidos resul-  
tantes de la propia elaboración del producto.

20. Cantidad de co-productos obtenidos.

21. La energía útil en el co-producto. Como un cálculo use  
la relación del valor del co-producto al valor del pro-  
ducto multiplicado por el contenido bruto de energía --  
del producto.

22. Número 20 por número 21.

PLANTA	DEPTO.	RESPONSABLE
PRODUCTO		2 CLAVE DEL PRODUCTO

4 MATERIAS PRIMAS	TOTAL		7 TOTAL BTU'S
	5 UNIDADES	6 BTU'S/ UNIDAD	
TOTAL BTU'S 8			

TOTAL DE UNIDADES PRODUCIDAS 3

UNIDADES DE PRODUCCION (TON M<sup>3</sup>, PIEZAS, ETC.)

9 SERVICIOS	10 TOTAL		12 TOTAL BTU'S
	UNIDADES	11 BTU'S/ UNIDAD	
TOTAL BTU'S 13			

14 PERDIDAS	TOTAL PERDIDAS BTU'S
TOTAL BTU'S 16	

TOTAL DE PERDIDAS (TON. M<sup>3</sup>, PIEZAS, ETC.)

Contenido (bruto) de energía por producto (8+13+6) BTU'S 18

ENERGIA PRODUCIDA	TOTAL	BTU'S	TOTAL
19 por co-productos			
TOTAL BTU'S 23			

Contenido (neto) de energía por producto (18-23) BTU'S 24

Contenido de energía por unidad de producción 24 ÷ 3 25

Meta de consumo de energía para este período BTU'S 26

Si 26 = 25 la meta se ha cumplido 27

Si 26 ≠ 25 calcule la desviación ocurrida:

26 - 25 = 28

28 ÷ 26 = 29

29 x 100 = 30

Si 26 es mayor que 25 copie 30 aquí 31+

Si 26 es menor que 25 copie 30 aquí 32-

## 2.5.6 CONCLUSIONES DEL CAPITULO II.

La parte medular de la implementación del Programa de Ahorro de Energía es crear una verdadera conciencia en todo el personal de la planta ya que sin su participación cualquier acción que llevemos a cabo no logrará los resultados deseados, en un capítulo posterior se dan algunas ideas para motivar al personal en aspectos no sólo relacionados con el trabajo sino también con su hogar, con lo cual se complementa este Capítulo y de esta forma se logran resultados óptimos en el fin que perseguimos, o sea, utilizar los energéticos racionalmente.

III. IDEAS DE AHORRO DE ENERGIA Y  
EJEMPLOS

### III. IDEAS DE AHORRO DE ENERGIA Y EJEMPLOS.

#### 3.0 INTRODUCCION.

En este capítulo, se indican formas de ahorrar - energía además de indicar el procedimiento de cálculo de las mismas, las sugerencias que aquí se presentan se enfocan principalmente a situaciones que se presentan en plantas industriales, cuando se desee aplicar un ejemplo a un caso en particular deberán tomarse en cuenta los costos - vigentes en la fecha en la que se aplique tomando en cuenta factores como inflación, flotación de la moneda y tarifas regionales.

El significado de las abreviaturas utilizadas en este capítulo se especifican en el Capítulo VI "TABLAS Y FACTORES".

#### 3.1 USO PROGRAMADO DE EQUIPO ELECTRICO PARA DISMINUIR LAS LAS DEMANDAS MAXIMAS O DEMANDA PICO.

La reprogramación del empleo de equipo eléctrico para disminuir la demanda de potencia, no disminuirá la - energía eléctrica usada, suponiendo que el mismo equipo - esté siempre en operación, pero reducirá el cargo por demanda máxima pagado a la compañía eléctrica.

Teóricamente, si se reduce la demanda pico se reduce el equipo de reserva requerido por el sistema eléctrico de suministros, y a su vez, se puede postergar la - necesidad de instalar equipo adicional para satisfacer -- las demandas de carga de los sistemas.

A pesar de que las contribuciones individuales - de los consumidores industriales de energía eléctrica para disminuir la demanda del pico no es muy grande, el ha-

cerlo presenta ventajas.

Por ejemplo, considérese que en una planta hay en operación 12 hornos eléctricos de 30 Kw, cada uno toma su máxima o se mantienen en 10 Kw para conservar la temperatura. Todos los hornos tendrán un ciclo de encendido, calentamiento y enfriamiento cada 24 horas. Si se programa su uso de tal manera que no se tengan más de dos hornos en su ciclo de encendido simultáneamente, se lograrán los siguientes ahorros en la demanda eléctrica:

Cuando todos los hornos se encienden simultáneamente:

$$\begin{aligned} \text{Demanda pico} &= 12 \text{ hornos} \times 30 \text{ Kw/horno} \\ &= 360 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Cuando sólo se encienden 2 hornos en forma simultánea y los otros 10 están en su período de calentamiento:

$$\begin{aligned} \text{Demanda pico} &= 2 \text{ hornos} \times 30 \text{ Kw/horno} + 10 \text{ hornos} \\ &\quad \times 10 \text{ Kw/horno} = 160 \\ \text{Reducción de} &= 360 \text{ Kw} - 160 \text{ Kw} \\ \text{Demanda pico} &= 200 \text{ Kw} \\ \text{Ahorros anuales} &= 200 \text{ Kw} \times \$30.00/\text{Kw mes} \times 12 \text{ mes}/ \\ \text{obtenidos en la} &\quad \text{año} - \$ 72,000/\text{año} \\ \text{demanda} & \end{aligned}$$

En otro ejemplo, si una bomba de 800 HP se usa 8 horas cada 24 horas, su operación en períodos fuera de la demanda pico, dará como resultado una reducción de \$28.00/Kw mes en la demanda de carga.

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual} &= 800 \text{ HP} \times 0.746 \text{ Kw/HP} \times \$28.00/\text{Kw} \\ \text{obtenido en la} &\quad \text{mes} \times 12 \text{ mes/año} \\ \text{demanda de carga} &= \$200,500/\text{año} \end{aligned}$$

### Sugerencias:

Es conveniente llevar una gráfica de demanda contra tiempo para evaluar las posibilidades de ahorro.

Si la gráfica muestra picos cíclicos elevados, se rá indicio de la posibilidad de tener ahorros programando la operación fuera de las horas de demanda máxima.

### 3.2 CORRECCION DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA.

La penalización por el bajo factor de potencia en la facturación de la energía eléctrica a menudo puede re - presentar un ahorro considerable si se corrige con la ayuda de capacitores.

Ejemplo:

Una industria opera con una demanda base de facturación de 350 Kw con la tarifa 8 y con un factor de potencia de 0.65. Por ser dicha cifra menor a la límite de --- 0.85, la cláusula de penalización afecta a la facturación con un factor de  $0.85/0.65 = 1.3077$ , o sea:

Facturación mensual por demanda (350 Kw)	\$ 5,050.00
Facturación mensual por energía (176,400 Kw/hr)	\$46,894.50
T o t a l :	\$51,944.50
Cargo por bajo factor de potencia: \$51,944.50 X 1.3077	
Facturación total	\$67,927.42

Para instalar las capacitores para corregir el -- factor de potencia a 0.85, la gráfica adjunta muestra que -

son necesarios 0.55 KVAR por cada KW de demanda. Supuesto un precio unitario de los capacitores de 500 \$/KVAR, la in versión necesaria sería de:

$$\text{Costo de los capacitores} = 350 \text{ Kw} \times 0.55 \text{ KVAR/Kw} \times 500 \text{ \$/KVAR} = \$ 96,250$$

La facturación mensual con el factor de potencia corregido sería ahora de:

$$\text{Facturación mensual} = 51,944.50$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual} &= \$ (67,927.42 - 51,944.50) \text{ mes} \times 12 \text{ meses} \\ &= \$191,795 \text{ por año} \end{aligned}$$

Explicación breve:

Los equipos eléctricos tales como los motores --- eléctricos, transformadores, vibradores magnéticos, sole - noides, son del llamado tipo inductivo y disponen de una - o más bobinas magnéticas por las que fluyen los componen - tes diferentes de la potencia eléctrica.

Una componente, medida en Kilowatts (KW), es la - que hace el trabajo útil y es la cantidad registrada por - el wattímetro, sin embargo produce calor en su transmisión a través de los generadores, transformadores y líneas con - ductoras de la electricidad, constituyendo ésto una pérdi - da de energía.

Por ser diferentes ambas componenetes, a la poten - cia total se le conoce con el nombre de potencia aparente y su valor se calculo como:

$$\text{Potencia aparente} = \sqrt{(KW)^2 + (KVAR)^2}$$

El factor de potencia (F.P.) es el valor relativo de la componente real (KW), respecto a la potencia aparente.

$$\text{F.P.} = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia aparente}} = \frac{\text{KW}}{(\text{KW})^2 + (\text{KVAR})^2}$$

Los focos y los radiadores eléctricos de resistencia son equipos no-inductivos, siendo su factor de potencia de 1.0. Los motores en cambio, operan con factores de Potencia de 0.3 a 0.9, como se ilustra en la figura 2.

La C.F.E. establece un valor aceptable mínimo de 0.85 para el factor de potencia, penalizando en sus tarifas industriales y comerciales a los consumidores que registran valores menores, de acuerdo con la fórmula:

$$\text{Facturación penalizada: Facturación original} \times \left(\frac{0.85}{\text{factor de potencia}}\right).$$

La solución normal para corregir el bajo factor de potencia consiste en instalar capacitores en paralelo a los equipos que influyan más en ese bajo factor. Si se instalan capacitores suficientes, la corriente reactiva (KVAR) no será abastecida desde la planta eléctrica de C.F.E. sino desde el capacitor al motor. La figura 1 puede usarse para seleccionar el tamaño adecuado de capacitores en KVAR para diferentes valores del factor de potencia. Es importante que los capacitores sean del valor adecuado.

#### Sugerencias:

Verifíquese si la facturación del servicio eléctrico incluye una penalización por bajo factor de potencia y de ser así entoncés considérese la instalación de capacitores estáticos. Los ingenieros de la C.F.E. o consultores electricistas podrán asesorar en la correcta selección e instalación.

### 3.3 AISLAMIENTO DE LINEAS DE VAPOR.

En un estudio del sistema de vapor de una planta, se encontró que había sin recubrir 36.5 mts. de tubería de 12.7 mm. de diámetro y 21.3 mts. de tubería de 25.4 mm. -- que manejaban vapor de  $11.6 \text{ kg/cm}^2$  (150 PSIG), así como -- 70.1 mts. de tubería de 50.8 mm. que transportaba vapor de  $3.14 \text{ kg/cm}^2$  (30 PSIG).

El costo del vapor es de \$ 95/Mkcal.

La pérdida de calor, se puede determinar de la figura 1:

$$\begin{aligned} \text{Línea de 12.7 mm (1/2 Pulg.)} &= 36.5 \text{ m}/30.5 \text{ m} \times 108.4 \text{ Mkcal/a} \\ &= 91 \text{ Mkcal/a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Línea de 25.4 mm (1 Pulg.)} &= 21.3 \text{ m}/30.5 \text{ m} \times 108.4 \text{ Mkcal/a} \\ &= 76 \text{ Mkcal/a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Línea de 50.8 mm (2 Pulg.)} &= 70.1 \text{ m}/30.5 \text{ m} \times 93.24 \text{ Mkcal/a} \\ &= 214 \text{ Mkcal/a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total calor perdido} &= 381 \text{ Mkcal/a} \end{aligned}$$

La cantidad de calor que se ahorra al aislar las tuberías de vapor, dependera del tipo de aislamiento y de otras variables como las características del vapor. Si se supone una eficiencia del 95% en el aislamiento, se tendrá un ahorro de:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual} &= 381 \frac{\text{Mkcal}}{\text{a}} \times 0.95 \times \$ 95/\text{Mkcal} \\ &= \$ 34,400/\text{a} \end{aligned}$$

Para el vapor sobrecalentado, las pérdidas son -- muy semejantes a las del vapor saturado. Las temperaturas más altas se compensan don los menores coeficientes de tensión de calor.

#### Sugerencias:

1. Programar dentro del mantenimiento de la Plan-

ta, la instalación de aislamiento a las tuberías.

2. Utilizar recomendaciones de compañías especializadas en la instalación de materiales aislantes.

### 3.4 EMPLEO DE TRAMPAS DE VAPOR EN PROCESOS CICLICOS QUE USAN CALENTAMIENTO CON VAPOR.

La instalación de trampas de vapor en un grupo de prensas para moldeo de discos, logró un ahorro de energía de 15,860 Mkcal/año.

Los discos se moldean por compresión de resinas termoplásticas usando vapor para calentamiento del ciclo y agua para enfriamiento. Primeramente, los moldes son calentados por el paso de vapor de  $11.6 \text{ kg/cm}^2$  (150 PSIG) sobre los canales de los moldes y descargándolo en el drenaje. Se pensó originalmente que el uso de trampas no era práctico, por presentar mucha restricción al flujo del agua de enfriamiento y alargar el ciclo de moldeo hasta un grado inaceptable.

Posteriormente, se encontró que se podrían usar trampas únicamente durante el ciclo de calentamiento y -- por medio de una válvula solenoide derivadora no se utilizarían durante el ciclo de enfriamiento por agua y se cierra por medio de un programador cuatro segundos después -- de que se corta el agua y se alimenta el vapor.

La instalación de trampas y derivadoras redujo el consumo de vapor por disco de 2.7 kg a 1.4 kg y se logró además reducir el ciclo de moldeo en vez de alargarlo.

Otras modificaciones realizadas, como el diseño de nuevos métodos de moldeo con una transmisión de calor más eficiente, redujo el consumo de vapor al 1 kg por disco.

Al mismo tiempo, la producción (teórica) se incrementó de 40 discos por hora por prensa a 90 discos por hora.

Si durante un año se producen 20,000,000 de discos y el vapor empleado en las prensas suministra 610 Kcal/kg - se tendrá un ahorro de energía de:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual de} &= 20,000,000 \text{ disco/a} \times (2.7 - 1.4 \text{ kg}) \times \\ \text{Energía} & \quad 610 \text{ Kcal/kg} \\ &= 15,860 \text{ Mkcal/año} \end{aligned}$$

Si el costo de la energía es de \$ 95/Mkcal, el ahorro será:

$$\begin{aligned} &= 15,860 \text{ Mcal/a} \times \$ 95/\text{Mkcal} \\ &= \$ 1,506,700/\text{a} \end{aligned}$$

#### Sugerencias:

Verifíquese todos los equipos calentados por vapor e instálense trampas de vapor donde se requiera. Las trampas se pueden usar aún cuando la alimentación de vapor sea intermitente y para tiempo tan cortos como 10 ó 20 seg. -- Considérese también el retorno del vapor condensado al tanque de agua de alimentación de la caldera.

### 3.5 RECUPERACION DE CONDENSADOS AL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION DE LA CALDERA.

Se puede reducir en un 10 a 30% el combustible --- usando en la generación de vapor si se recupera el condensado y se emplea como parte del agua de alimentación de la --

caldera. Por ejemplo, en una planta donde el costo del vapor es de \$ 95/Mkcal, se mandaba vapor saturado a un edificio con una presión de 15.1 kg/cm<sup>2</sup> (200 PSIG) y un flujo de 12,260 kg/h, durante un promedio de 8,000 h/a. El vapor se reducía a través de válvulas de control y calentadores hasta 2.8 kg/cm<sup>2</sup> (25 PSIG). El condensado se regresaba a las calderas como agua de alimentación. El cálculo de la cantidad y valor del calor recuperado se indica a continuación:

De la figura 1, se obtiene que en el vapor de 2.8 kg/cm<sup>2</sup> (25 PSIG), producto de la condensación de vapor saturado de 15.1 kg/cm<sup>2</sup> (200 PSIG), permanece el 17% del calor.

$$\begin{aligned} & \text{Calor recuperado en el condensado} \\ & = 17\%/100\% \times 644 \text{ kcal/kg} \times 12\,260 \text{ kg/h} \times 8000 \text{ h/a} \\ & = 10738 \text{ Mkcal/a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{El valor del calor recuperado} \\ & = 10,738 \text{ Mkcal/a} \times \$ 95/\text{Mkcal} = \$ 1,020,000/\text{a} \end{aligned}$$

Se debe observar que estos valores representan -- ahorros potenciales de calor, ya que no se tomaron en cuenta las pérdidas de calor en el retorno del condensado al sistema de alimentación de la caldera. Estas pérdidas de calor dependerán de factores como la longitud de las líneas de retorno de su aislamiento.

La recuperación de condensado, además de ahorrar calor, ayudará en los siguientes aspectos:

1. Ahorrará agua de repuesto a la caldera.
2. Ahorrará energía y productos químicos empleados en el tratamiento de agua.
3. Reducirá la contaminación del agua.
4. Reducirá (sin eliminarlas) las pérdidas causa-

das por las fugas en las trampas de vapor.

Sugerencias:

Estimar el costo del sistema de recuperación de condensado e instalarlo si se justifica.

Se deben tener precauciones en la recuperación de condensados para evitar contaminaciones con aceite o productos químicos.

Los sistemas de recuperación de condensado deben tener aislamiento térmico para conservar el calor y evitar quemaduras al personal.

### 3.6 EVITAR LAS FUGAS DE VAPOR.

En una planta donde el costo de vapor es de \$ 95/Mkcal, se encontró una fuga de 3.17 mm. (1/8 de pulg) en una tubería de vapor de operación de 8.06 Kg/cm<sup>2</sup> (100 PSIG). De la Figura 1 se determina que el vapor perdido equivale a 136 Mkcal/a.

Al reparar la fuga se tendrá un ahorro anual de:

$$= 136 \text{ Mkcal/a} \times \$ 95/\text{Mkcal} = \$ 12,920/\text{a.}$$

Sugerencias:

1. Revisar las líneas de vapor para detectar fugas, empleando medidores acústicos y de temperatura. Algunas fugas importantes de vapor -- son difíciles de encontrar, como por ejemplo:
  - a) Fugas en trampas o líneas derivadoras (bypass), que descargan al drenaje o al sistema de condensado.
  - b) Fugas en válvulas que conectan equipo fuera de servicio.

- c) Fugas en calentadores u otros equipos conec  
tados al sistema de vapor.
2. Establecer un programa de inspección regular -  
para detectar las fugas ocultas.
3. Cortar el vapor al equipo que queda fuera de -  
servicio.
4. Modificar el trayecto de tuberías, cuando sea  
posible, para evitar sitios poco accesibles en  
donde se pueden tener fugas poco observables.
5. Reparar las fugas de vapor lo más pronto posi-  
ble.

### 3.7 INSPECCION Y REPARACION DE TRAMPAS DE VAPOR.

La operación eficiente de cualquier sistema de va-  
por requiere el uso de trampas cuya inspección debe hacer-  
se en forma periódica para darles un mantenimiento adecua-  
do, ya que es la única forma de eliminar automáticamente -  
el aire y el condensado tan pronto como se acumulan, sin -  
perder vapor.

Las inspecciones iniciales generalmente revelan -  
que aproximadamente un 7% de las trampas en un sistema pre-  
sentan fugas y se ha demostrado que con un mantenimiento -  
adecuado e inspecciones frecuentes esto se puede reducir a  
1%.

Por ejemplo, en una planta donde el vapor tiene  
un costo de \$ 95/Mkcal y en la que un programa de inspec -  
ción reveló que existía una fuga en una trampa de una lí -  
nea de vapor  $8.06 \text{ Kg/cm}^2$  (100 PSIG). El orificio en la --

trampa era de 6.3 mm. De la gráfica del ejemplo 3.6, vemos que las pérdidas de vapor alcanzaban a 530 Mkal/a.

Al reparar la fuga se tendrá un ahorro de:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual} &= 530 \text{ Mkal/a} \times \$ 95/\text{Mcal} \\ &= \$ 50,350/\text{a} \end{aligned}$$

#### Sugerencias:

1. Establecer un programa para la inspección sistemática, prueba y reparación de trampas de vapor, Inclúyase un sistema de reportes para asegurar la realización del programa, así como para establecer el valor del mismo.
2. La prueba e inspección, con frecuencia de una vez por semana, debe satisfacer los siguientes puntos:
  - a) ¿Está la trampa eliminando todo el condensado?
  - b) ¿Queda cerrada después de que opera?
  - c) ¿La línea de derivación (by-pass) está cerrada y libre de fugas?
  - d) ¿La frecuencia de descarga tiene un intervalo aceptable?

Una frecuencia de descarga alta indicará probablemente que la trampa no es de suficiente capacidad.

Una descarga poco frecuente, indicará un exceso de capacidad y por tanto ineficiencia.

### 3.8 MEJORAR EL AISLAMIENTO DE LOS HORNOS.

En un horno doblador de vidrio que consumía gas

se logró reducir sustancialmente este consumo, logrando un ahorro anual en los costos de \$ 4,700.00 al reaislarlo con un material cerámico de baja densidad. El horno cuyas dimensiones son 13.7 m de largo x 1.8 m. de ancho, se transformó de las paredes de los lados refractarios y de ladrillo rojo, a predes de placas metálicas aisladas con fibra cerámica de baja densidad. El horno normalmente opera 16 h. al día por 210 días por año y se enciende una vez por día de trabajo. Las características de consumo del horno, antes y después de reaislarlo se muestran en la siguiente tabla:

	Con el nuevo	
	Horno original	Aislante
Tiempo de calentamiento	2 1/2 h.	1/2 h
Gas usado en el calentamiento	103 M <sup>3</sup>	15 M <sup>3</sup>
Gas normalmente quemado en el proceso	34 M <sup>3</sup>	31 M <sup>3</sup> /h
Gas empleado/16 h-día	643 M <sup>3</sup>	518 M <sup>3</sup>
Gas ahorrado/d = 125 M <sup>3</sup>		

$$\text{Ahorro total anual} = 125\text{M}^3/\text{d} \times 210 \text{ d/a} = 26,250\text{M}^3/\text{a de gas}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorros anuales de} &= 26,250 \text{ M}^3/\text{a} \times 8,898 \text{ Kcal/M}^3 \\ \text{energía} &= 223,6 \text{ Mcal/a.} \end{aligned}$$

Si el costo del gas es de \$ 0.18/M<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual en} &= 26,250 \text{ M}^3/\text{a} \times \$ 0.18/\text{M}^3 \\ \text{los costos} &= \$ 4,725 \text{ por año} \end{aligned}$$

Con costos mayores de combustible, los ahorros se incrementarían.

Se obtienen también otras ventajas como incrementos de 10% en la producción, debido a que el período de calentamiento es más rápido; mejoran las condiciones de trabajo por ser menores las pérdidas de calor a través de las paredes, y distribución uniforme del calor obteniéndose un factor de fractura más bajo.

### Sugerencias:

Checar las condiciones del aislante en sus hornos. Cuando se tenga que reemplazar, invetíguese la posibilidad de hacerlo por un refractario de fibra cerámica. Estos materiales permiten un calentamiento más rápido y eliminan muchas desventajas del ladrillo convencional.

### 3.0 TEMPERATURA ADECUADA PARA LA ATOMIZACION DEL PETROLEO.

Se encontró que si se calentaba el petróleo a una temperatura adecuada podía lograrse un ahorro de \$ 90,700.00 por año. Estos ahorros potenciales se observaron en una --- planta empacadora de carne donde tres calderas de petróleo --- tenían una generación combinada de 90,800 kg/h de vapor de -- proceso. La relación combustible/aire era ajustada manual] --- mente por el operador para mantener claros los gases de combustión. Esta práctica resultó aproximadamente en 15% de ex --- ceso de aire con el combustible tipo N° 6, usado y alimenta --- do a la temperatura especificada de 88°C.

Al cambiar las abastecimientos de combustible y ad --- quirir combustible con diferente especificación, fué necesari --- o reajustar el flujo de aire de combustión para mentener --- limpios los gases de salida. Después de algunos meses se hi --- zo un análisis de gases en que se encontró que el exceso de --- aire estaba entre 25 y 30%. Se llamó entoncés al represen --- tante de la fábrica de quemadores para determinar por qué el --- exceso de aire no podía reducirse sin la presencia de humo --- negro en los gases.

El representante determinó que la temperatura de --- inyección de combustible de 88°C especificada para el combus --- tible tipo N°6 no era adecuada para el suministro del nuevo --- combustible. El aconsejó que se elevara la temperatura a --

104°C para que la viscosidad del nuevo combustible inyectado a los quemadores fuera igual que la anterior.

De la Figura 1 los ahorros de combustible estimados cuando se reduce el exceso de aire de 30 a 15 por ciento, es de 1.0% (Nota: esta estimación es conservadora debido a la limitación de la Figura 1, donde los ahorros de combustible son nulos abajo de 20% de exceso de aire y se suponen las temperaturas de la chimenea entre 204 y 316°C).

Con las calderas operando 7,200 h/a a un 80% de eficiencia y consumiendo 555 kcal/kg de vapor.

Requerimientos anuales de energía:

$$\begin{aligned} &= 90,800 \text{ kg/h} \times 555 \text{ kcal/kg} \times 7,200 \text{ h/a} \times \\ &\quad \frac{1}{0.8 \text{ eficiencia}} \\ &= 453,600 \text{ Mkcal/a} \end{aligned}$$

Si los ahorros de combustible estimados son de 1.0 por ciento.

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual de} &= 453,600 \text{ Mkcal/a} \times 0.01 \\ \text{combustible} &= 4,536 \text{ Mkcal/a} \end{aligned}$$

Si el costo de combustible es de \$ 20/Mkcal.

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual de} &= 4,536 \text{ Mkcal/a} \times \$ 20/\text{Mkcal} \\ \text{costos} &= \$ 90,720 \end{aligned}$$

Sugerencias:

Checar la temperatura de inyección de combustible y compararla con las recomendaciones para los quemadores indicados por los fabricantes de las calderas.

### 3.10 REGISTRO DE LA EFICIENCIA DE LAS CALDERAS.

El ahorro de energía que se puede lograr al 11e -

vase registros adecuados de las variaciones de eficiencia de las calderas, se puede observar en el siguiente ejemplo:

En una fábrica en la que se contaba con varias -- calderas que quemaban diesel y cuya producción conjunta de vapor era de 45,500 kg/h, se encontró que en una de ellas se había dañado un deflector interno. El costo de la reparación era \$ 18,750.00, en cambio, el costo del combustible que se desperdiciaba a causa de la falla era de \$ 500.00 por día.

Las calderas eran de tipo moderno y estaban equipadas con medidores de flujo de amplio intervalo para el control de la combustión y eficiencia por el fabricante.

Se estableció un programa para tomar lecturas de -- los flujos de vapor y combustible para poder determinar diariamente la eficiencia de las calderas y este valor se graficaba con objeto de comparar el comportamiento con la -- eficiencia original. Este procedimiento fue satisfactorio, ya que hacía notar cuando era necesario hacer un ajuste a -- los sistemas de control de la combustión.

Por este sistema se observó que la eficiencia de -- una de las calderas que generaba 27,240 kg/h de vapor, empezó a disminuir rápidamente, bajando 2% en dos semanas. Al analizar las lecturas de la unidad se observó que la temperatura promedio de los gases de combustión se había elevado más de 55.5°C, lo cual indicaba que uno de los deflectores se había dañado, causando el aumento de temperatura de los -- gases, y como resultado, la pérdida de eficiencia.

La caldera tenía una producción diaria de vapor de 653,760 kg y para producir cada kg. se requerían 544 kcal. El consumo diario de combustible era de 48M<sup>3</sup>, con poder calorífico de 9.3 Mkcal/M<sup>3</sup>; de lo anterior, la eficiencia de la caldera puede expresarse como:

$$= \frac{653,760 \text{ kg vap/d} \times 544 \text{ kcal/kg}}{48 \text{ M}^3 \times 9.3 \times 10^6 \text{ kcal/M}^3} \times 100\% = 79.8\%$$

La velocidad de la pérdida de calor cuando la eficiencia baja a un ritmo del 2% será:

Calor suministrado con una eficiencia de 79.8%

$$= 48 \text{ M}^3 \times 9.3 \text{ Mkcal/M}^3 = 446.4 \text{ Mkcal/d}$$

Calor suministrado a una eficiencia de 77.8%

$$= \frac{653,760 \text{ kg/d} \times 544 \text{ kcal/kg}}{0.778} = 457 \text{ Mkcal/d}$$

Pérdida de calor = 10.6 Mkcal/d

Cuando el costo del combustible es de \$ 54/Mkcal, las pérdidas en los costos son:

$$= 10.6 \text{ Mkcal/d} \times \$ 54/\text{Mkcal} = 572/\text{d}$$

Los costos de reparación estimados = \$ 18,750

Acción sugerida:

Establecer un programa para registrar la eficiencia de la caldera como una forma de controlar el consumo de energía.

IV. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD Y  
CONTAMINACION

## IV. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD Y CONTAMINACION.

### 4.0 INTRODUCCION.

A medida que se desarrolla el programa de racionalización del uso de energía, inevitablemente se tendrán efectos sobre el control de la contaminación y ciertas acciones de racionalización en el uso de energía afectarán las condiciones de seguridad y salud de la planta.

En la mayoría de los casos, estos programas aumentarán el control sobre la contaminación y muchos de los pasos de ahorro de energía coinciden con los programas de control de contaminación en la planta. Sin embargo, en algunos casos las medidas para conservar o recuperar energía pueden crear problemas de contaminación, si o se toman las medidas apropiadas conforme se producen los cambios.

Al avanzar en el control del empleo de la energía se consigue un mejor control de los procesos, mejor aislamiento de los equipos con eliminación de superficies calientes y la reducción de las pérdidas de energía por fugas de fluidos calientes, dando por resultado una ganancia en la seguridad de las plantas. En ciertos casos donde es necesaria una atención especial de los equipos de proceso, se requieren acciones más frecuentes de los operadores y del personal de mantenimiento y los riesgos de accidentes pueden incrementarse.

Los siguientes conceptos precisan algunas ventajas y enfatizan algunas precauciones específicas. No son universales, pero ilustran la necesidad de revisar las oportunidades de racionalización de energía propuestas, de acuerdo con sus ventajas o desventajas, en términos de seguridad, prevención y protección contra fuegos, y control de la contaminación. Las ventajas son en general --

acreditables como ahorros en los costos y las desventajas pueden consistir en gastos extras, necesarias para adoptar las medidas apropiadas que contrarresten los efectos negativos.

Cuando se identifican ahorros o costos, deben incluirse en la evaluación de las alternativas económicas de racionalización. Se encuentran en la bibliografía diversas referencias de interés para esta sección.

#### 4.1 BENEFICIOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION RESULTANTES DE LA RACIONALIZACION EN EL USO DE ENERGIA.

La aplicación de determinadas medidas de ahorro de energía producirán una reducción de pérdidas de material, recuperación de calor o un proceso mejor, y en general tendrá también por añadidura beneficios ambientales. La selección se basa en la asociación esperada y no siempre puede ser significativa. La lista no es exhaustiva y se notará que las ventajas para el control de la contaminación no se mencionan en muchos de los casos.

##### A. Reparación de fugas en tuberías y válvulas.

La reparación de fugas será un primer paso en cualquier programa de racionalización de energía y control de contaminación. Las fugas en los procesos se convierten en pérdidas de materiales químicos y energía calorífica, dando como resultado un incremento de consumos de materiales básicos y los consiguientes costos adicionales de combustible. Además, estas fugas difunden materiales al medio ambiente o a los sistemas de tratamiento de desperdicios, dando como resultado una degradación ambiental o un aumento en el costo del tratamiento de desechos.

B. Substitución de eyectores de vapor por bombas de vacío.

Los condensadores barométricos frecuentemente asociados con eyectores de vapor pueden producir problemas de contaminación como los discutidos anteriormente. Además, la descarga directa de estos eyectores, con frecuencia crea problemas de ruido. La sustitución de los -- eyectores por bombas de vacío eliminará los - requerimientos de agua de condensar el vapor de estos eyectores.

C. Minimización del uso de vapor "vivo" como un fluido de calentamiento o como gas agotado - (strip-ping gas).

El vapor vivo inyectado en cualquier fluido de proceso da como resultado un incremento en -- las cargas de desecho y la producción de agua altamente contaminada, impidiendo además la - posibilidad de recuperación de calor. Sustituyendo el calentamiento directo disminuirán los desechos en la planta. Sin embargo, la - eliminación de vapor como un fluido interme - dio o la sustitución de un gas inerte por vapor como intermedio, puede tener consecuencias mixtas de tipo ambiental. Esto se discute en la sección 4.2 sobre precauciones de control de contaminación.

D. Eliminación de Condensadores Barométricos.

Los condensadores barométricos utilizan grandes cantidades de agua de enfriamiento en con - tacto con los materiales de proceso. Estos - materiales contaminan el agua de enfriamiento, la cual se debe tratar posteriormente. Los - condensadores tipo indirecto en los cuales se

mantiene el agua separada de los fluídos de -  
proceso eliminan una gran fuente de agua de -  
desecho.

Excepto por la necesidad de limpieza periódica (desincrustación) de las superficies, se -  
prefieren los condensadores de tipo indirecto para el control de la contaminación y a menudo el remplazo de los condensadores directos puede justificarse únicamente por los costos del control de contaminación del agua.

E. Retorno del condensado a las calderas de la -  
Planta.

Muchas plantas aún descargan los condensado -  
res a las alcantarillas. Esto da como resultado una gran cantidad de agua contaminada, -  
la que necesariamente requerirá de tratamiento de desecho.

F. Operación óptima de eyectores de vacío de múltiples etapas.

Cuando se requiere el uso de eyectores de vacío su optimización reducirá las necesidades de vapor y en consecuencia los requerimientos de agua en el condensador barométrico. Esto permitirá una reducción directa en el volumen del agua de desecho que deba ser tratada.

G. Recuperación y reutilización del agua de enfriamiento.

La reutilización del agua de enfriamiento se fomenta generalmente como medio de reducir -- las cargas térmicas en los ríos. Cuando se proyecta la instalación de torres de enfriamiento existen otros requerimientos para pro-

tección del ambiente. Estos se discuten la -  
sección 4.2

H. Reemplazo del agua de enfriamiento por aire -  
de enfriamiento.

Existen algunas áreas donde la contaminación  
térmica representa un problema considerable.  
En estos casos, se debe investigar el reempla  
zo del agua de enfriamiento por sistemas de -  
aire frío. Aunque generalmente es más caro -  
que el agua de enfriamiento, el aire tiene la  
ventaja de reducir los requerimientos para --  
una torre de enfriamiento con su consiguiente  
descarga, la cual puede requerir tratamiento.

I. Recirculación del agua tratada.

La práctica de recircular agua tratada se fo  
menta activamente en muchos países como una -  
medida para la reducción económica de la con  
taminación. En muchos casos esto se puede --  
justificar únicamente por razones ambientales.

J. Recuperación de calor de los gases de incine  
ración de desechos combustibles con una unidad  
de recuperación de calor.

Esto puede tener un beneficio ambiental direc  
to si los desechos se convierten en materia -  
les inofensivos. Sin embargo, se requieren -  
algunos cuidados los cuales se discutirán ba  
jo el título de "Precauciones" (4.2).

K. Mejorar el control de la combustión.

El mejoramiento en los controles de la combus  
tión es un método excelente para reducir los  
contaminantes, así como para incrementar la  
eficiencia en la utilización del combustible.

Sin embargo, en ciertas circunstancias las condiciones óptimas de eficiencia del combustible no corresponden a las de mínima contaminación, aunque estas diferencias son pequeñas por lo general.

L. Uso de los desechos y subproductos como combustible.

La costumbre de usar los desechos y subproductos como combustible puede tener efectos ambientales favorables si se investigan a fondo los problemas técnicos. Estos problemas que a menudo se transforman en problemas ambientales locales se discuten en "Precauciones" (4.2).

#### 4.2 PRECAUCIONES EN EL CONTROL DE LA CONTAMINACION.

Como ya se mencionó, las modificaciones hechas en algunos casos para ahorrar energía tendrán también beneficios ambientales. Se han seleccionado casos ilustrativos de medidas recomendadas para usar racionalmente la energía, que pueden tener efectos locales desfavorables si las consideraciones ambientales no se toman en cuenta. Sin embargo, se insiste en que al tomar en cuenta estos efectos, -- las condiciones ambientales mejorarán también por lo general.

A. Reducción de los gases de escape en los edificios y su recuperación.

Aunque esta práctica da como resultado una disminución tanto en los costos de control de la contaminación como en el ahorro de energía, se deben tomar muy en cuenta las características de seguridad y salubridad en el interior de --

Los edificios, considerando especialmente los materiales manejados.

En algunos países se exige que todo el sistema de ventilación se diseñe para que cualquier concentración de materiales tóxicos emitidos a la atmósfera mantengan una concentración inferior a un valor límite, por lo que es de gran importancia establecer adecuadamente estos límites. Esto se puede hacer a menudo, en tanto se reduce el flujo total de gases de escape mediante la selección adecuada de tapas y su sitio de colocación.

B. Considerar el cambio en unidades de destilación de vapor directo por vapor indirecto o destilación "seca".

Este método puede permitir la recuperación de calor que no se logra en la inyección de vapor directo y además reduce los volúmenes de agua de desecho; sin embargo, en la inyección directa los contaminantes atmosféricos se eliminarían en la etapa de condensación del agotador, pero si no existe la cantidad suficiente de agua será necesario pasar el vapor a través de un condensador indirecto. Cada caso requiere numerosos cálculos para determinar si resultará un problema de contaminación atmosférica. En muchos casos deben emplearse otras prácticas de diseño para eliminar estas condiciones, pero se deberá investigar esta posibilidad.

C. Operación de las columnas de destilación cerca de las condiciones de inundación para máxima eficiencia.

Esto se hará en muchos casos al reducir la --



presión de la columna de destilación, reducién do la eficiencia del condensador principal. -- Los ingenieros de proceso deberán recalcular - el comportamiento del condensador a presión reducida para asegurarse de que no acarreará problemas de contaminación. Si hubiere indicios de este problema, la capacidad del condensador se deberá mejorar por medio de superficies adicionales o más bajas temperaturas en los fluidos de enfriamiento.

D. Reemplazo de condensadores barométricos por -- condensadores de superficie.

Aunque esto se recomienda definitivamente para el control de la contaminación del agua y como medida de racionalización en el uso de energía, puede acarrear ciertos problemas de contaminación del aire. La mayoría de los condensadores barométricos actúan como limpiadores de -- los gases no condensables (Scrubbers) eliminando gases solubles, olores y ciertas partículas. Las condiciones de un condensador de superfi-cie pueden ser tales, que el fluido condensador no tenga la capacida suficiente para disolver algunos de los componentes no condensables de los gases, en cuyo caso se requerirá un tratamiento adicional de los mismos. Se necesita - el análisis de las condiciones específicas de la corriente de condensado para determinar si se presentan problemas de este tipo.

E. Limpieza periódica de las tuberías de agua pa-ra evitar incrustaciones.

Esta es una buena costumbre, pero se debe poner especial cuidado en que los compuestos que se usen para efectuar limpieza sean compatibles

con el sistema de tratamiento de desperdicios y que esto no se vea sobrecargado o afectado adversamente por descargar grandes cantidades de las soluciones limpiadoras utilizadas.

F. Recuperación y reutilización del agua de enfriamiento.

Si la instalación de la torre de enfriamiento requiriera cierto tratamiento del agua para inhibir la corrosión y la contaminación, la descarga de la torre contendría sales disueltas y residuos químicos de tratamiento, por lo que será necesario obtener permiso especial para hacer la descarga en corrientes de agua. Aunque esto no constituye un problema serio no debe pasarse por alto la necesidad de tramitar la licencia correspondiente ante la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

G. Utilización de los desechos y subproductos como combustibles.

Se pueden obtener algunos beneficios con respecto al control ambiental utilizando productos de desechos como combustible. Lo anterior sin embargo, acarrea algunos problemas de contaminación del aire que no se deben soslayar, ya que por ejemplo algunos metales pesados como el mercurio y el cadmio se encuentran en muchos productos de desecho y durante el proceso de incineración se dispersan frecuentemente en el efluente. Otro factor importante que debe tenerse en cuenta, es la variabilidad de diversos desechos líquidos en comparación con los combustibles. Los requerimientos de oxígeno para quemar muchos de los dese

chos varían radicalmente, dependiendo de las propiedades del combustible, por lo que la operación del incinerador deberá controlarse de acuerdo con estos cambios. Además, se puede producir ácido clorhídrico y otros productos corrosivos de los desechos que contienen hidrocarburos clorados. Asimismo, pueden presentarse compuestos fluorados en el caso de ciertos materiales modernos de desecho. La combustión de estos desperdicios puede ocasionar un impacto perjudicial en las superficies de los calentadores ocasionando costos que podrían anular los ahorros supuestos en el combustible, por lo que se deben incluir sistemas de control y eliminación de sustancias dañinas en el calentador o incinerador. Asimismo, muchas de las sustancias tóxicas necesitan una temperatura mínima para eliminar completamente su toxicidad. Es importante, por tanto, que el incinerador o el calentador cuenten con el material refractario que soporte tanto las altas temperaturas como las sustancias corrosivas.

H. Operación durante 3 ó 4 días completos en sustitución de dos turnos diarios.

En el caso de plantas que cuentan con un sistema propio de tratamiento biológico de desechos, este cambio en el programa de operación podría afectar el rendimiento de la planta de tratamiento a menos que se tomaran medidas especiales, ya que dicha planta se enfrentaría a problemas de aumento de carga durante los períodos de operación continua y de falta de carga durante la mitad del tiempo, aproximadamente. Aunque la estabilización del flujo permitiría a la mayoría de --

Las plantas de tratamiento de desechos operar satisfactoriamente en ciclos de uno o dos turnos diarios, para aquellos ciclos de tres o - cuatro días continuos de operación sería necesario un ajuste en la capacidad que permitiera a la alimentación un contacto adecuado con la biomasa.

#### I. Conversión de equipo de incineración indirecta a directa.

La incineración directa es aquella en que los gases de combustión están en contacto con los materiales que se procesan y hay la posibilidad de añadir nuevas sustancias a los gases - de combustión que podrían convertirse en contaminantes del aire. El efecto de disolución de la combustión tendría a arrastrar materiales de proceso al quemador, por lo que deberá evaluarse cuidadosamente esta posibilidad antes de efectuar el cambio a un sistema de incineración directa, ya que, por ejemplo, la - evaporación directa de ciertas sustancias es responsable en gran medida de los problemas - de olores en la industria del papel.

### 4.3 CONSIDERACIONES GENERALES DE SEGURIDAD.

Los procedimientos de operación y mantenimiento pueden variar en función de las necesidades de uso racional de energía, tanto para el equipo existente como para el nuevo y las modificaciones que se ameriten. Si lo anterior representa un incremento en el tiempo de estos cambios, sería conveniente coordinar estas actividades con - el programa de seguridad de la planta.

Los ingenieros de seguridad y otras personas responsables de identificar áreas peligrosas tienen suficiente experiencia para inspeccionar con mayor criterio las plantas. Por ejemplo, una bodega donde se almacenan materiales inflamables, generalmente se diseña para cierto número de cambios de volumen de aire por hora, que han sido calculados tomando en cuenta los requisitos de seguridad que exigen las compañías de seguros, los reglamentos locales y estatales de trabajo y la reglamentación de los organismos gubernamentales. Sería un grave error reducir arbitrariamente la ventilación en un almacén o área de producción para ahorrar energía sin que un ingeniero de seguridad tomara en cuenta los factores mencionados.

Los responsables de seguridad pueden detectar detalles que podrían pasar desapercibidos para otras personas, cuyo principal interés fuera únicamente mejorar los procesos de manufactura, y este punto de vista puede ser muy valioso para identificar posibilidades de racionalización en el uso de energía.

El hecho de incluir personal de seguridad en el grupo de racionalización del uso de energía, puede representar una doble ventaja: el beneficio de contar con personal experimentado en la inspección de plantas y la inclusión de consideraciones respecto a la seguridad en la planeación de los cambios tendientes a mejorar los consumos de energía.

Ciertas acciones orientadas hacia la racionalización pueden causar conflictos con las normas sanitarias y de seguridad, o bien con los requerimientos de las compañías de seguros. Por ejemplo, la electricidad se puede ahorrar reduciendo los niveles de iluminación pero los reglamentos pueden indicar niveles mínimos de iluminación para ciertas combinaciones de espacios y actividades.

A continuación se esbozan algunas recomendaciones publicadas sobre seguridad y salud:

"...La calefacción general de los edificios... establece que todas las partes ocupadas del edificio se mantengan a una temperatura no menor de 18°C..."

Esta sección, que se aplica a la ventilación de cuartos pintados por aspersión, sugiere que no es necesariamente una buena idea tomar aire caliente de los edificios para ventilar dichos cuartos, ya que se debe calentar una cantidad equivalente de aire para el edificio.

"Todo lavabo debe contar con agua caliente, fría o templada".

El grado "caliente" esta sujeto a interpretación pero puede ser una fuente de desperdicio de energía si esta agua caliente no se puede usar sin enfriamiento.

"Cada uno de los servicios del edificio - deberá estar provisto con equipo capaz de mantener una temperatura por lo menos de 21°C durante el clima frío".

Esta observación se aplica a lugares en que se la bora temporalmente, especialmente en lavanderías y baños que requieren de un ambiente tibio para la gente que los utilice. Se deben considerar ahorros potenciales de energía en el cumplimiento de estos reglamentos.

"...Los niveles de iluminación en baños y almacenes deben ser por lo menos 20 pies bujías, a 76 cm. del piso. Otros cuartos que incluyen cocinas y viviendas estarán por lo menos a 30 pies bujías, a 76 cm. - del piso".

Esta sección también se refiere a espacio de trabajo temporal y puede entenderse que no sea menor que los requerimientos en instalaciones permanentes.

(1910.143 (b) (2) (vii) "...La iluminación deberá suministrarse con una intensidad no menor de 10 pies bujías a 76 cm. del piso".

(1910.178 (h) y 1910.219 (c) (5)... "El control de la iluminación para una intensidad adecuada deberá proveerse en las áreas de operación".

(1926.154 (d)) "...Se prohíben calentadores de combustible sólido y sopletes o lámpa - ras de aceite en construcciones y andamios".

Esta prohibición del uso de calentadores de combustible sólido requiere el uso de calentadores más sofisticados que son combustibles escasos.

V. PARTICIPACION DEL PERSONAL DE  
LA PLANTA

## V. PARTICIPACION DEL PERSONAL DE LA PLANTA.

### INTRODUCCION.

Un programa de racionalización energética en cualquier comercio o industria, tendrá éxito solamente si cuenta con el interés y la participación de sus empleados. Aquellos que contribuyan y se sientan copartícipes en la planeación e implementación de los detalles de este programa, seguramente se sentirán orgullosos de los resultados.

El primer objetivo de este plan será desarrollar una actitud en los empleados respecto a la importancia de la problemática energética, ya sea que se aplique al hogar del empleado, a la compañía, o a la comunidad.

Otro objetivo será motivar a cada uno para que practique el uso racional de la energía en toda ocasión.

Estos objetivos se pueden alcanzar solo a través de una adecuada comunicación con los empleados, educándolos en todos los aspectos relacionados con el uso racional de energía, tanto en su trabajo como en su vida personal.

La comunicación respecto a la energía se puede lograr en formas muy variadas: discusión personal, seminarios y sesiones de trabajo debidamente programadas, distribución de literatura informativa y descriptiva, presentación de transparencias y películas y muy especialmente realizar en la práctica el uso racional de energía por parte de la gerencia en toda ocasión. La asesoría necesaria para la preparación de una comunicación efectiva que debe aplicarse al programa de uso racional, podrá obtenerse de especialistas en este campo.

### USO RACIONAL DE ENERGIA EN EL TRABAJO.

El uso adecuado de la comunicación estricta y au-

divo visual será de gran ayuda para sensibilizar al personal en relación con la importancia del tema. Ejemplos claros son las cartas personales, boletines o posters que ilustren los objetivos y logros del uso racional de energía. La participación de los empleados se puede aumentar con ejemplos e ideas que hayan sido implantadas, fotografías de las personas que generan ideas en relación al tema, así como información sobre los ahorros alcanzados.

La competencia positiva entre los diversos departamentos, secciones o grupos dentro de la empresa, podría también generar entusiasmo entre los empleados y deben apoyarse los programas que promuevan esta competencia. Otro tipo de competencia puede ser patrocinada por la compañía y aun subsidiada. La "caja de sugerencias" produce a menudo ideas muy valiosas para el uso racional de energía. El debido reconocimiento a las ideas valiosas es la clave del éxito de esta técnica. Los resultados de los programas de este tipo se pueden evaluar en términos de millones de calorías equivalentes por unidad de producto, o por hora normal de operación, o bien alguna otra unidad accesible. Los resultados deberán compararse con los obtenidos en períodos anteriores para darles un significado más real.

La educación del empleado se puede efectuar en muy diversas formas, tales como sesiones de trabajo y cursos de entrenamiento para supervisores, artículos en las publicaciones internas de la empresa y lista de casos de referencia sobre uso racional de energía que pueden proporcionarse a cada empleado. Es importante que estos comprendan que la restricción en el suministro de energéticos significa algo más que hacer largas colas de espera en la gasolinera o tener apagones temporales. Deben tener conciencia de que el uso indebido de energía en sus hogares podría afectar su disponibilidad (a corto o largo plazos), en las fuentes de trabajo. Ellos deberían saber que hay efectos directos e indirectos de la llamada "crisis de la

energía"; como ejemplo de los efectos directos se tendría la incapacidad para suministrar el petróleo crudo, el gas natural o la electricidad, energéticos necesarios para accionar el equipo y maquinaria de su planta, oficina y comercio. De los efectos indirectos se tiene la incapacidad que sufriría su empresa para abastecerse o conseguir las materias primas, las refacciones y las partes del producto que procese. Lo importante es mostrar el panorama adecuado que ayude a entender en que la medida la escases de energéticos fuera del país puede afectar la seguridad de sus empleos, así como las restricciones en los servicios de electricidad y transporte.

Una lista clara y concisa de lo que debe o no hacerse será una guía muy útil para la práctica del uso racional de energía, si se distribuye debidamente entre los empleados cuyo trabajo se relaciona con su utilización y control.

La lista deberá actualizarse frecuentemente de acuerdo con las necesidades. Los supervisores deberán responsabilizarse de asegurar la inclusión de todos los temas en la lista.

#### USO RACIONAL EN EL TRANSPORTE.

Uno de los sectores adicionales a la industria que interviene en forma considerable en el consumo de energía es el transporte, a través del cual todos los empleados incurren en su empleo.

La gasolina consumida por los automóviles en EUA fue del orden del 13% de la oferta global de energía en 1973, y en México en 1975, la gasolina representó el 16% de la oferta global de energía.

La tabla 1 nos muestra varios casos relacionados con la operación de automóviles. Puede ser de utilidad a

los automovilistas y dará resultados en el uso racional de energía, así como considerables ahorros a los propietarios.

En varios países hay diferentes normas y publicaciones dirigidas a los empleados de las empresas, para motivar el ahorro de energéticos a través del uso adecuado del transporte.

Debe ofrecerse asesoría y apoyo a los empleados para que integren grupos mínimos de tres personas que utilicen un solo automóvil para trasladarse a su trabajo. Los ahorros anuales familiares se muestran en la tabla 1.

Para grupos numerosos de empleados que trabajen en un área común, aunque no sea necesariamente para la misma empresa, podrían ofrecerse medios de transporte colectivo a través de programas establecidos previamente. La implantación de sistemas cooperativos de transporte podría organizarse con la participación de compañías localizadas áreas industriales de las ciudades.

Los grupos de automovilistas, no son la única alternativa para reducir el uso de energía por parte de los empleados. Por ejemplo, un horario continuo de trabajo podría maximizar el empleo de la luz diurna.

Un sistema de turnos adecuados ayudaría a evitar congestionamientos de tránsito, por ejemplo una semana laboral de 4 días y 10 horas diarias, el cual se adopta frecuentemente en algunos países, o bien horarios escalonados. Este plan no solamente reduce en 20% las necesidades de transporte para empleados, sino que además permite el uso racional de los servicios relacionados con el horario de trabajo, tales como alumbrado, calefacción, aire acondicionado y otros.

Las empresas también deberían evaluar el transpor

te público. Cuando es limitado o cuando no existe, la empresa puede ofrecer el servicio desde centros de recolección para los empleados. Esta alternativa podría operarse sobre la base de beneficio para los empleados sin buscar ventajas adicionales para la empresa.

T A B L A 1

<u>OCUPANTES</u>	<u>POBLACION</u>	<u>CONSIDERANDO 3</u> <u>HOMBRES POR</u> <u>CARRO CO-</u> <u>LECTIVO</u>	<u>PROMEDIO DE</u> <u>AHORRO/FA</u> <u>MILIA</u>
Ocupantes			
Ocupantes-viaje promedio	1.4	2.8+	
Carro-viaje/año promedio	360	180	180 viajes
<u>Carro Km.-viajes promedio</u>	<u>5445</u>	<u>1692</u>	<u>2722 Km.</u>
AÑO			
Gasolina empleada a (6 Km/Lt)	962 Lt.	127	481 Lt.
Costo de la gasolina (\$2.10/Lt.)	\$1200.00	\$600.00	\$600.00/a
Otros costos de operación (\$0.80/Km)	\$4300.00	\$2150.00	\$2150.00/a
Ahorros totales por familia			\$ 2750.00/a

\* Suposiciones: El transporte colectivo de tres personas ajustado a una ausencia promedio de 17 días/año por cada persona.

## USO RACIONAL DE LA ENERGIA EN EL DOMICILIO.

El consumo de energía del sector residencial representó en 1975 el 8.5% del consumo global de energéticos en nuestro país y es en este sector donde puede haber algunas perspectivas de ahorro a través de la participación de los empleados. Muchas de las medidas económicas aplicables en el trabajo son también de importancia en los servicios domiciliarios. Por esto conviene conceder importancia a la asistencia y orientación dirigida a los empleados para la práctica en el hogar y en cualquier lugar.

Existe literatura que deberá distribuirse entre los empleados, sobre el uso racional de energía con listas de medidas que permitan reducir los costos en el hogar, relacionados con el alumbrado, la compra y uso de aparatos eléctricos y el aire acondicionado, si bien en nuestro país la mayoría de las casas no cuentan con estos sistemas.

### RESUMEN.

Los empleados deberán ser conscientes respecto al uso de energía. El concepto de una disponibilidad ilimitada de energía debe cambiarse por uno nuevo: "¿Cómo se podrá realizar ese trabajo con un empleo mínimo de energía?". La comunicación y la educación son dos elementos esenciales para la participación de los empleados y deben ser un compromiso continuo a cumplir por parte de la Gerencia.

## SUGERENCIAS PARA AHORRO DE ENERGIA

1. APAGAR LAS LUCES INNECESARIAS.
2. DISMINUIR LOS FLUJOS DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.
3. DETECTAR PERMANENTEMENTE LOS REQUERIMIENTOS DE PURGAS DE GAS.
4. DAR MANTENIMIENTO A LOS EQUIPOS DE MEDICION.
5. REVISAR LAS TRAMPAS DE VAPOR Y REPARAR O REEMPLAZAR - LAS DEFECTUOSAS, MANTENER LAS VÁLVULAS DE DERIVACIÓN CERRADAS.
6. MONITOREAR Y DISMINUIR LOS REFLUJOS.
7. ELIMINAR FUGAS EN LOS EQUIPOS.
8. OPTIMIZAR EL AIRE DE COMBUSTIÓN EN HORNOS Y CALDERAS.
9. DISMINUIR LA RECIRCULACIÓN EN BOMBAS Y SISTEMAS DE -- COMPRESIÓN.
10. AUMENTAR LA EFICIENCIA DE TRANSFERENCIA DE CALOR, MAN TENIENDO LIMPIOS LOS EQUIPOS.
  - A. HACER LIMPIEZA MECÁNICA O QUÍMICA.
  - B. LIMPIAR PERIÓDICAMENTE CON AGUA A PRESIÓN Y CONTRA CORRIENTE LAS TUBERÍAS.
  - C. MANTENER LAS VELOCIDADES ADECUADAS.

## COMO AHORRAR ENERGIA EN EL AUTOMOVIL

1. REDUCIR LA VELOCIDAD EN VÍAS RÁPIDAS CUANDO SEA POSIBLE.
2. MANEJE DESPACIO, EVITE EL USO EXCESIVO DE LOS FRENOS Y SI ES POSIBLE REDUZCA LA VELOCIDAD CON MOTOR ANTES DE PISAR EL FRENO.
3. NO MANTENGA ENCENDIDO INNECESARIAMENTE EL MOTOR CON EL COCHE PARADO.
4. MIENTRAS ESPERA, NO MANTENGA EL MOTOR ENCENDIDO MÁS DE TRES MINUTOS.
5. EN CLIMAS FRÍOS, EN LUGAR DE CALENTAR EL MOTOR CON EL COCHE PARADO, MANEJE DESPACIO EL PRIMER CUARTO DE KM.
6. MANTENGA SU AUTOMÓVIL EN BUENAS CONDICIONES:  
DÉ A SU AUTOMÓVIL UNA REVISIÓN PERIÓDICA Y AFÍNELO CUANDO MENOS CADA 6 MESES. SE AHORRARÁ GASOLINA DE ESTA MANERA.
7. SUPERVISE ADECUADAMENTE EL LLENADO DEL TANQUE DE GASOLINA.
8. NO PERMITA QUE LE LLENEN EXCESIVAMENTE EL TANQUE DE GASOLINA PARA EVITAR QUE SE DESPERDICIE, YA QUE ESTO CONTRIBUYE ADEMÁS A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.
9. USE CON SENSATEZ EL AIRE ACONDICIONADO DE SU COCHE:  
PIENSE QUÉ TAN NECESARIO ES, ANTES DE ENCENDERLO, SI ES POSIBLE NO LO UTILICE, Y CUANDO LO HAGA MANTENGA LA TEMPERATURA A UN NIVEL QUE SEA CONFORTABLE.
10. USE GASOLINA DEL OCTANAJE ADECUADO.

## VI. TABLAS Y FACTORES

## FUEL HEATING VALUES

Fuel	Higher Heating Value
<b>Coal</b>	
anthracite .....	13,900 Btu/lb
bituminous .....	14,000 Btu/lb
sub-bituminous .....	12,600 Btu/lb
lignite .....	11,000 Btu/lb
 <b>Heavy Fuel Oils and Middle Distillates</b>	
kerosene .....	134,000 Btu/gallon
No. 2 burner fuel oil .....	140,000 Btu/gallon
No. 4 heavy fuel oil .....	144,000 Btu/gallon
No. 5 heavy fuel oil .....	150,000 Btu/gallon
No. 6 heavy fuel oil, 2.7% sulfur .....	152,000 Btu/gallon
No. 6 heavy fuel oil, 0.3% sulfur .....	143,800 Btu/gallon
 <b>Gas</b>	
natural .....	1,000 Btu/cu ft
liquefied butane .....	103,300 Btu/gallon
liquefied propane .....	91,600 Btu/gallon

Source: *Brick and Clay Record*, October 1972; reprinted with permission of the Cahner's Publishing Co. Chicago, Ill.

## TYPICAL PROPERTIES OF FUEL OILS

	Kero- sene	No. 2 Burner Fuel	No. 4 Fuel Oil	No. 4 Fuel Oil 1.0% Sulfur	No. 4 Fuel Oil 0.4% Sulfur	No. 5 Fuel Oil	No. 5 Fuel Oil 1.0% Sulfur	No. 6 Fuel Oil 2.7% Sulfur	No. 6 Fuel Oil 1.0% Sulfur	No. 6 Fuel Oil 0.5% Sulfur	No. 6 Fuel Oil 0.3% Sulfur
Gravity, °API	41.4	36.3	23.3	26.1	27.3	22.0	24.1	14.1	22.9	24.8	26.0
Pounds per Gallon	6.814	7.022	7.612	7.476	7.420	7.676	7.573	8.082	7.632	7.539	7.401
Flash Point, °F	133	165	170	194	189	180	193	176	200+	200+	200+
Btu/gal	134,000	140,000	144,000	143,800	143,000	150,000	144,500	152,000	145,500	144,000	143,800
Viscosity, SSU at 100°F	31.5	35.0	96	78	91	180	160	160 <sup>1)</sup>	400	235	164
Pour Point, °F	-30	0	-10	-20	+15	0	0	+25	+55	+55	+55
Sulfur, weight percent	0.04	0.18	1.62	0.93	0.37	1.43	0.91	2.71	0.96	0.44	0.28
Carbon Residue, weight percent	0.01	0.05	2.9	1.9	1.8	3.5	3.9	12.4	7.0	5.4	4.8
BS&W, percent	-	1.30 <sup>2)</sup>	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.40	0.40	0.30	0.30
Vapor Pressure, psig at 100°F			188								4
Distillation, 95% point, °F			-40								dry
Residue, vol %			0.05								-30
Oil-ring test			none								0.501
											Specific Gravity, 60/60°F

<sup>1</sup> Saybolt Furol Viscosity at 122°F.

<sup>2</sup> mg/100 ml.

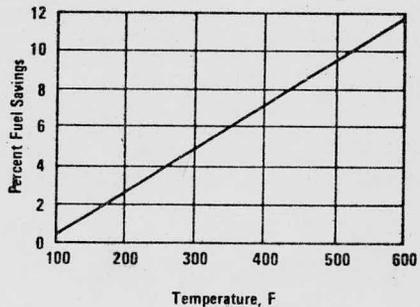
Source: *Brick and Clay Record*, Oct. 1972; Reprinted with permission of the Cahner's Publishing Co. Chicago, Ill.

## USUAL AMOUNT EXCESS AIR SUPPLIED TO FUEL-BURNING EQUIPMENT

Fuel	Type of Furnace or Burners	Excess Air Percent by Weight
Pulverized coal	Completely water-cooled furnace for slag-tap or dry-ash-removal	15-20
	Partially water-cooled furnace for dry-ash-removal	15-40
Crushed coal	Cyclone Furnace—pressure or suction	10-15
	Coal	
Coal	Spreader stoker	30-60
	Water-cooled vibrating-grate stoker	30-60
	Chain-grate and traveling-grate stokers	15-50
	Underfeed stoker	20-50
Fuel oil	Oil burners, register-type	5-10
	Multifuel burners and flat-flame	10-20
Acid sludge	Cone and flat-flame type burners, steam-atomized	10-15
Natural, coke-oven, and refinery gas	Register-type burners	5-10
	Multifuel burners	7-12
Blast-furnace gas	Intertube nozzle-type burners	15-18
Wood	Dutch oven (10-23% through grates) and Hoff-type	20-25
Bagasse	All furnaces	25-35
Black liquor	Recovery furnaces for kraft and soda-pulping processes	5-7

Source: *Steam—Its Generation and Use*, 38th edition, 1972; Reprinted with permission of the Babcock and Wilcox Co., New York, N.Y.

## FUEL SAVING COMBUSTION AIR TEMPERATURE



Approximate improvement in efficiency when heated combustion air is used in boiler units.

Source: *Steam—Its Generation and Use*, 38th edition, 1972.

### FUEL OIL GRADES

Fuel oil (CS-12-48) Grade No.	Gravity, °API	Sp gr	Lb per gal	Btu per lb	Net Btu per gal
6	3	1.0520	8.76	18,190	152,100
6	4	1.0443	8.69	18,240	151,300
6	5	1.0366	8.63	18,290	149,400
6	6	1.0291	8.57	18,340	148,800
6	7	1.0217	8.50	18,390	148,100
6	8	1.0143	8.44	18,440	147,500
6	9	1.0071	8.39	18,490	146,900
6	10	1.0000	8.33	18,540	146,200
6	11	0.9930	8.27	18,590	145,600
6	12	.9861	8.22	18,640	144,900
6, 5	14	.9725	8.10	18,740	143,600
6, 5	16	.9593	7.99	18,840	142,300
5	18	.9465	7.89	18,930	140,900
4, 5	20	.9340	7.78	19,020	139,600
4, 5	22	.9218	7.68	19,110	138,300
4, 5	24	.9100	7.58	19,190	137,100
4, 2	26	.8984	7.49	19,270	135,800
4, 2	28	.8871	7.39	19,350	134,600
2	30	.8762	7.30	19,420	133,300
2	32	.8654	7.21	19,490	132,100
2	34	.8550	7.12	19,560	130,900
1, 2	36	.8448	7.04	19,620	129,700
1, 2	38	.8348	6.96	19,680	128,500
1	40	.8251	6.87	19,750	127,300
1	42	0.8156	6.79	19,810	126,200

The relation between specific gravity and degrees API is expressed by the formula:

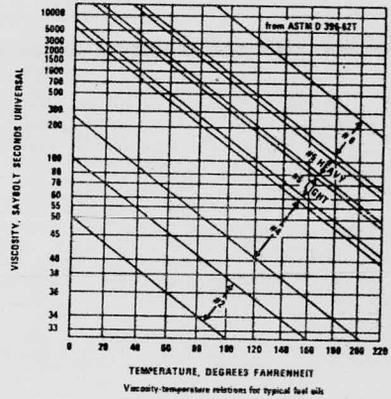
$$\frac{141.5}{131.5 + \text{°API}} = \text{sp gr at 60 F.}$$

For each 10° F above 60 F add 0.7° API

For each 10° F below 60 F subtract 9.7° API

Source: *Gas Engineers Handbook, 1966*; reprinted with permission of the Industrial Press, New York, N.Y.

### VISCOSITY-TEMPERATURE RELATIONS FOR TYPICAL FUEL OILS



Source: *Gas Engineers Handbook, 1966*; reprinted with permission of the Industrial Press, New York, N.Y.

No.	Substance	Molecu- lar Formula	Lb per Cu Ft	Cu Ft per Lb	Sp Gr Air = 1.0000	Heat of Combustion				For 100% Total Air Moles per mole of Combustible or Cu Ft per Cu Ft of Combustible						For 100% Total Air Lb per Lb of Combustible						
						Gross		Net		Required			Flue Products			Required			Flue Products			
						(High)	(Low)	(High)	(Low)	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Air	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Air	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	
1	Carbon*	C	12.01	—	—	—	—	14,093	14,093	1.0	3.76	4.76	1.0	—	3.76	2.66	8.86	11.53	3.66	—	8.86	
2	Hydrogen	H <sub>2</sub>	2.016	0.0053	187.723	0.0696	325	275	61,095	51,623	0.5	1.88	2.38	—	1.0	1.88	7.94	26.41	34.34	—	8.94	26.41
3	Oxygen	O <sub>2</sub>	32.00	0.0846	11.819	1.1053	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	Nitrogen (atm)	N <sub>2</sub>	28.01	0.0744	13.443	0.9718	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Carbon monoxide	CO	28.01	0.0740	13.506	0.9672	321	321	4,347	4,347	0.5	1.88	2.38	1.0	—	1.88	0.57	1.90	2.47	1.57	—	1.90
6	Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	44.01	0.1170	8.548	1.5282	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>Paraffin series</b>																						
7	Methane	CH <sub>4</sub>	16.04	0.0425	23.552	0.5543	1012	911	23,875	21,495	2.0	7.53	9.53	1.0	2.0	7.53	3.99	13.28	17.27	2.74	2.25	13.28
8	Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30.07	0.0803	12.455	1.0488	1773	1622	22,323	20,418	3.5	13.18	16.68	2.0	3.0	13.18	3.73	12.39	16.12	2.93	1.80	12.39
9	Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44.09	0.1196	8.365	1.5617	2524	2322	21,669	19,937	5.0	18.82	23.82	3.0	4.0	18.82	3.63	12.07	15.70	2.99	1.63	12.07
10	n-Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.12	0.1582	6.321	2.0665	3271	3018	21,321	19,678	6.5	24.47	30.97	4.0	5.0	24.47	3.58	11.91	15.49	3.03	1.55	11.91
11	Isobutane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.12	0.1582	6.321	2.0665	3261	3009	21,271	19,628	6.5	24.47	30.97	4.0	5.0	24.47	3.58	11.91	15.49	3.03	1.55	11.91
12	n-Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72.15	0.1904	5.252	2.4872	4020	3717	21,095	19,507	8.0	30.11	38.11	5.0	6.0	30.11	3.55	11.81	15.35	3.05	1.50	11.81
13	Isopentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72.15	0.1904	5.252	2.4872	4011	3708	21,047	19,459	8.0	30.11	38.11	5.0	6.0	30.11	3.55	11.81	15.35	3.05	1.50	11.81
14	Neopentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72.15	0.1904	5.252	2.4872	3994	3692	20,978	19,390	8.0	30.11	38.11	5.0	6.0	30.11	3.55	11.81	15.35	3.05	1.50	11.81
15	n-Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86.17	0.2274	4.398	2.9704	4768	4415	20,966	19,415	9.5	35.76	45.26	6.0	7.0	35.76	3.53	11.74	15.27	3.06	1.46	11.74
<b>Olefin series</b>																						
16	Ethylene	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28.05	0.0742	13.475	0.9740	1604	1503	21,636	20,275	3.0	11.29	14.29	2.0	2.0	11.29	3.42	11.39	14.81	3.14	1.29	11.39
17	Propylene	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42.08	0.1110	9.007	1.4504	2340	2188	21,048	19,687	4.5	16.94	21.44	3.0	3.0	16.94	3.42	11.39	14.81	3.14	1.29	11.39
18	n-Butene	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56.10	0.1480	6.756	1.9336	3084	2885	20,854	19,493	6.0	22.59	28.59	4.0	4.0	22.59	3.42	11.39	14.81	3.14	1.29	11.39
19	Isobutene	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56.10	0.1480	6.756	1.9336	3069	2868	20,737	19,376	6.0	22.59	28.59	4.0	4.0	22.59	3.42	11.39	14.81	3.14	1.29	11.39
20	n-Pentene	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70.13	0.1852	5.400	2.4190	3837	3585	20,720	19,359	7.5	28.23	35.73	5.0	5.0	28.23	3.42	11.39	14.81	3.14	1.29	11.39
<b>Aromatic series</b>																						
21	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	0.2060	4.852	2.6920	3752	3601	18,184	17,451	7.5	28.23	35.73	6.0	3.0	28.23	3.07	10.22	13.30	3.38	0.69	10.22
22	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92.13	0.2431	4.113	3.1760	4486	4285	18,501	17,672	9.0	33.88	42.88	7.0	4.0	33.88	3.13	10.40	13.53	3.34	0.78	10.40
23	Xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106.16	0.2803	3.567	3.6618	5230	4980	18,650	17,760	10.5	39.52	50.02	8.0	5.0	39.52	3.17	10.53	13.70	3.32	0.85	10.53
<b>Miscellaneous gases</b>																						
24	Acetylene	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26.04	0.0697	14.344	0.9107	1477	1426	21,502	20,769	2.5	9.41	11.91	2.0	1.0	9.41	4.07	10.22	13.30	3.38	0.69	10.22
25	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128.16	0.3384	2.955	4.4208	5854	5654	17,303	16,708	12.0	45.17	57.17	10.0	4.0	45.17	3.00	9.97	12.96	3.43	0.56	9.97
26	Methyl alcohol	CH <sub>3</sub> OH	32.04	0.0846	11.820	1.1052	868	767	10,258	9,066	1.5	5.65	7.15	1.0	2.0	5.65	5.0	4.98	6.48	1.37	1.13	4.98
27	Ethyl alcohol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46.07	0.1216	8.221	1.5890	1600	1449	13,161	11,917	3.0	11.29	14.29	2.0	3.0	11.29	4.08	6.93	9.02	1.92	1.17	6.93
28	Ammonia	NH <sub>3</sub>	17.03	0.0456	21.914	0.5961	441	364	9,667	7,985	0.75	2.82	3.57	—	1.5	3.32	4.1	4.69	6.10	—	1.59	5.51
SO <sub>2</sub>																						
29	Sulfur*	S	32.06	—	—	—	—	—	3,980	3,980	1.0	3.76	4.76	1.0	—	3.76	0.0	3.29	4.29	2.00	—	3.29
30	Hydrogen sulfide	H <sub>2</sub> S	34.08	0.0911	10.979	1.1898	646	595	7,097	6,537	1.5	5.65	7.15	1.0	1.0	5.65	4.1	4.69	6.10	1.88	0.53	4.69
31	Sulfur dioxide	SO <sub>2</sub>	64.06	0.1733	5.770	2.2640	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	Water vapor	H <sub>2</sub> O	18.02	0.0476	21.017	0.6215	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	Air	—	—	0.0766	13.063	1.0000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\*Carbon and sulfur are considered as gases for molar calculations only.

All gas volumes corrected to 60 F and 30 in. Hg dry.

Source: *Gas Engineers Handbook*, 1965; Reprinted with the permission of The Industrial Press, New York, N.Y.

## TEMPERATURE OF WASTE-HEAT GASES

Source of Gas	Temp. F
Ammonia oxidation process	1350-1475
Annealing furnace	1100-2000
Cement kiln (dry process)	1150-1500
Cement kiln (wet process)	800-1100
Copper reverberatory furnace	2000-2500
Diesel engine exhaust	1000-1200
Forge and billet-heating furnaces	1700-2200
Gas turbine exhaust	850-900
Garbage incenerator	1550-2000
Open-hearth steel furnace, air blown	1000-1300
Open-hearth steel furnace, oxygen blown	1300-2100
Basic-oxygen furnace	3000-3500
Petroleum refinery	1000-1100
Sulfur ore processing	1600-1900
Zinc-fuming furnace	1800-2000

Source: *Steam-Its Generation and Use*, 38th edition, 1972;

PROPERTIES OF SATURATED STEAM AND SATURATED WATER (TEMPERATURE)

Temp ° F	Press. psia	Volume, ft <sup>3</sup> /lb			Enthalpy, Btu/lb			Entropy, Btu/lb x F			Temp ° F
		Water v <sub>f</sub>	Evap v <sub>fg</sub>	Steam v <sub>g</sub>	Water h <sub>f</sub>	Evap h <sub>fg</sub>	Steam h <sub>g</sub>	Water s <sub>f</sub>	Evap s <sub>fg</sub>	Steam s <sub>g</sub>	
32	0.08659	0.01602	3305	3305	-0.02	1075.5	1075.5	0.0000	2.1873	2.1873	32
35	0.09991	0.01602	2948	2948	3.00	1073.8	1076.8	0.0061	2.1706	2.1767	35
40	0.12163	0.01602	2446	2446	8.03	1071.0	1079.0	0.0162	2.1432	2.1594	40
45	0.14744	0.01602	2037.8	2037.8	13.04	1068.1	1081.2	0.0262	2.1164	2.1426	45
50	0.17796	0.01602	1704.8	1704.8	18.05	1065.3	1083.4	0.0361	2.0901	2.1262	50
60	0.2561	0.01603	1207.6	1207.6	28.06	1059.7	1087.7	0.0555	2.0391	2.0946	60
70	0.3629	0.01605	868.3	868.4	38.05	1054.0	1092.1	0.0745	1.9900	2.0645	70
80	0.5086	0.01607	633.3	633.3	48.04	1048.4	1096.4	0.0932	1.9426	2.0359	80
90	0.6981	0.01610	468.1	468.1	58.02	1042.7	1100.8	0.1115	1.8970	2.0086	90
100	0.9492	0.01613	350.4	350.4	68.00	1037.1	1105.1	0.1295	1.8530	1.9825	100
110	1.2750	0.01617	265.4	265.4	77.98	1031.4	1109.3	0.1472	1.8105	1.9577	110
120	1.6927	0.01620	203.25	203.26	87.97	1025.6	1113.6	0.1646	1.7693	1.9339	120
130	2.2230	0.01625	157.32	157.33	97.96	1019.8	1117.8	0.1817	1.7295	1.9112	130
140	2.8892	0.01629	122.98	123.00	107.95	1014.0	1122.0	0.1985	1.6910	1.8895	140
150	3.718	0.01634	97.05	97.07	117.95	1008.2	1126.1	0.2150	1.6536	1.8686	150
160	4.741	0.01640	77.27	77.29	127.96	1002.2	1130.2	0.2313	1.6174	1.8487	160
170	5.993	0.01645	62.04	62.06	137.97	996.2	1134.2	0.2473	1.5822	1.8295	170
180	7.511	0.01651	50.21	50.22	148.00	990.2	1138.2	0.2631	1.5480	1.8111	180
190	9.340	0.01657	40.94	40.96	158.04	984.1	1142.1	0.2787	1.5148	1.7934	190
200	11.526	0.01664	33.62	33.64	168.09	977.9	1146.0	0.2940	1.4824	1.7764	200
210	14.123	0.01671	27.80	27.82	178.15	971.6	1149.7	0.3091	1.4509	1.7600	210
212	14.696	0.01672	26.78	26.80	180.17	970.3	1150.5	0.3121	1.4447	1.7568	212
220	17.186	0.01678	23.13	23.15	188.23	965.2	1153.4	0.3241	1.4201	1.7442	220
230	20.779	0.01685	19.364	19.381	198.33	958.7	1157.1	0.3388	1.3902	1.7280	230
240	24.968	0.01693	16.104	16.121	208.45	952.1	1160.6	0.3533	1.3609	1.7142	240
250	29.825	0.01701	13.802	13.819	218.59	945.4	1164.0	0.3677	1.3323	1.7000	250
260	35.427	0.01709	11.745	11.762	228.76	938.6	1167.4	0.3819	1.3043	1.6862	260
270	41.856	0.01718	10.042	10.060	238.95	931.7	1170.6	0.3960	1.2769	1.6729	270
280	49.200	0.01726	8.627	8.644	249.17	924.6	1173.8	0.4098	1.2501	1.6599	280
290	57.550	0.01736	7.443	7.460	259.4	917.4	1176.8	0.4236	1.2238	1.6473	290
300	67.005	0.01745	6.448	6.466	269.7	910.0	1179.7	0.4372	1.1979	1.6351	300
310	77.67	0.01755	5.609	5.626	280.0	902.5	1182.5	0.4506	1.1726	1.6232	310
320	89.64	0.01766	4.896	4.914	290.4	894.8	1185.2	0.4640	1.1477	1.6116	320
340	117.99	0.01787	3.770	3.788	311.3	878.8	1190.1	0.4902	1.0990	1.5892	340
360	153.01	0.01811	2.939	2.957	332.3	862.1	1194.4	0.5161	1.0517	1.5678	360
380	195.73	0.01836	2.317	2.335	353.6	844.5	1198.0	0.5416	1.0057	1.5473	380
400	247.26	0.01864	1.8444	1.8630	375.1	825.9	1201.0	0.5667	0.9607	1.5274	400
420	308.78	0.01894	1.4808	1.4997	396.9	806.2	1203.1	0.5915	0.9165	1.5080	420
440	381.54	0.01926	1.1976	1.2169	419.0	785.4	1204.4	0.6161	0.8729	1.4890	440
460	466.9	0.0196	0.9746	0.9942	441.5	763.2	1204.8	0.6405	0.8299	1.4704	460
480	566.2	0.0200	0.7972	0.8172	464.5	739.6	1204.1	0.6648	0.7871	1.4518	480
500	680.9	0.0204	0.6545	0.6749	487.9	714.3	1202.2	0.6890	0.7443	1.4333	500
520	812.5	0.0209	0.5386	0.5596	512.0	687.0	1199.0	0.7133	0.7013	1.4146	520
540	962.8	0.0215	0.4437	0.4651	536.8	657.5	1194.3	0.7378	0.6577	1.3954	540
560	1133.4	0.0221	0.3651	0.3871	562.4	625.3	1187.7	0.7625	0.6132	1.3757	560
580	1326.2	0.0228	0.2994	0.3222	589.1	589.9	1179.0	0.7876	0.5673	1.3550	580
600	1543.2	0.0236	0.2438	0.2675	617.1	556.6	1167.7	0.8134	0.5196	1.3330	600
620	1786.9	0.0247	0.1962	0.2208	646.9	526.3	1153.2	0.8403	0.4689	1.3092	620
640	2059.9	0.0260	0.1543	0.1802	679.1	494.6	1133.7	0.8686	0.4134	1.2821	640
660	2365.7	0.0277	0.1166	0.1443	714.9	459.1	1107.0	0.8995	0.3502	1.2498	660
680	2708.6	0.0304	0.0808	0.1112	758.5	419.5	1068.5	0.9365	0.2730	1.2066	680
700	3094.3	0.0366	0.0386	0.0752	822.4	372.7	995.2	0.9901	0.1490	1.1390	700
705.5	3208.2	0.0508	0	0.0508	906.0	0	906.0	1.0612	0	1.0612	705.5

PROPERTIES OF SATURATED STEAM AND SATURATED WATER (TEMPERATURE) (Continued)

Press. psia	Temp. F	Volume, ft <sup>3</sup> /lb			Enthalpy, Btu/lb			Entropy, Btu/lb x F			Energy, Btu/lb		Press. psia
		Water v <sub>g</sub>	Evap. v <sub>fg</sub>	Steam v <sub>g</sub>	Water h <sub>f</sub>	Evap. h <sub>fg</sub>	Steam h <sub>g</sub>	Water s <sub>f</sub>	Evap. s <sub>fg</sub>	Steam s <sub>g</sub>	Water u <sub>f</sub>	Steam u <sub>g</sub>	
0.0880	32.018	0.01602	3302.4	3302.4	0.00	1075.5	1075.5	0	2.1872	2.1872	0	1021.3	0.0880
0.10	35.023	0.01602	2945.5	2945.5	3.03	1073.8	1076.8	0.0061	2.1705	2.1766	3.03	1022.3	0.10
0.15	45.453	0.01602	2004.7	2004.7	13.50	1067.9	1081.4	0.0271	2.1440	2.1411	13.50	1025.7	0.15
0.20	53.160	0.01603	1526.3	1526.3	21.22	1063.5	1084.7	0.0422	2.0738	2.1160	21.22	1028.3	0.20
0.30	64.484	0.01604	1039.7	1039.7	32.54	1057.1	1089.7	0.0641	2.0168	2.0809	32.54	1032.0	0.30
0.40	72.869	0.01606	792.0	792.0	40.92	1052.4	1093.3	0.0799	1.9782	2.0562	40.92	1034.7	0.40
0.5	79.586	0.01607	641.5	641.5	47.62	1048.6	1096.3	0.0925	1.9446	2.0370	47.62	1036.9	0.5
0.6	85.218	0.01609	540.0	540.0	53.25	1045.5	1098.5	0.1028	1.9155	2.0215	53.24	1038.7	0.6
0.7	90.09	0.01610	466.91	466.91	58.10	1042.7	1100.8	0.11	1.8906	2.0083	58.10	1040.3	0.7
0.8	94.38	0.01611	411.67	411.67	62.39	1040.3	1102.6	0.1174	1.8715	1.9970	62.39	1041.7	0.8
0.9	98.24	0.01612	368.41	368.41	66.24	1038.1	1104.3	0.1264	1.8566	1.9870	66.24	1042.9	0.9
1.0	101.74	0.01614	333.59	333.60	69.73	1036.1	1105.8	0.1326	1.8455	1.9781	69.73	1044.1	1.0
2.0	126.07	0.01623	173.74	173.74	94.03	1022.1	1116.2	0.1750	1.7450	1.9200	94.03	1051.8	2.0
3.0	141.47	0.01630	118.71	118.73	109.42	1013.2	1122.6	0.2009	1.6854	1.8864	109.41	1056.7	3.0
4.0	152.96	0.01636	90.63	90.64	120.92	1006.4	1127.3	0.2199	1.6428	1.8626	120.90	1060.2	4.0
5.0	162.74	0.01641	73.55	73.53	130.20	1000.9	1131.1	0.2349	1.6094	1.8443	130.18	1063.1	5.0
6.0	170.05	0.01645	61.967	61.98	138.03	996.2	1134.2	0.2474	1.5820	1.8294	138.01	1065.4	6.0
7.0	176.84	0.01649	53.634	53.65	144.83	992.1	1136.9	0.2581	1.5587	1.8168	144.81	1067.4	7.0
8.0	182.86	0.01653	47.278	47.35	150.87	988.3	1139.3	0.2676	1.5384	1.8060	150.84	1069.2	8.0
9.0	188.27	0.01656	42.385	42.40	156.30	985.1	1141.4	0.2762	1.5204	1.7967	156.28	1070.8	9.0
10	193.21	0.01659	38.404	38.42	161.26	982.1	1143.3	0.2836	1.5043	1.7879	161.23	1072.3	10
14.696	212.00	0.01672	26.782	26.80	180.17	970.3	1150.5	0.3121	1.4447	1.7568	180.12	1077.6	14.696
15	213.03	0.01673	26.274	26.29	181.27	969.7	1150.9	0.3137	1.4415	1.7552	181.16	1077.9	15
20	227.96	0.01683	20.070	20.087	196.27	959.7	1156.9	0.3358	1.3962	1.7320	196.21	1082.0	20
30	250.34	0.01701	13.7266	13.744	218.9	945.2	1164.1	0.3682	1.3313	1.6995	218.8	1087.9	30
40	267.25	0.01715	10.4794	10.497	236.1	933.6	1169.8	0.3921	1.2844	1.6765	236.0	1092.1	40
50	281.02	0.01727	8.4967	8.514	250.2	923.9	1174.1	0.4112	1.2474	1.6586	250.1	1095.3	50
60	292.71	0.01738	7.1862	7.174	262.2	915.4	1177.6	0.4273	1.2167	1.6440	262.0	1098.0	60
70	302.93	0.01748	6.1875	6.205	272.7	907.8	1180.6	0.4411	1.1901	1.6316	272.5	1100.2	70
80	312.04	0.01757	5.4536	5.471	282.1	900.9	1183.1	0.4534	1.1675	1.6208	281.9	1102.1	80
90	320.28	0.01766	4.8777	4.895	290.7	894.6	1185.3	0.4643	1.1470	1.6113	290.4	1103.7	90
100	327.82	0.01774	4.4133	4.431	298.5	888.6	1187.2	0.4743	1.1284	1.6027	298.2	1105.2	100
120	341.27	0.01789	3.7097	3.728	312.6	877.8	1190.4	0.4919	1.0960	1.5879	312.2	1107.6	120
140	353.04	0.01802	3.2010	3.219	325.0	868.0	1193.0	0.5071	1.0681	1.5752	324.5	1109.6	140
160	363.55	0.01815	2.8155	2.834	336.1	859.0	1195.1	0.5206	1.0435	1.5641	335.5	1111.2	160
180	373.08	0.01827	2.5129	2.531	346.2	850.7	1196.9	0.5328	1.0215	1.5543	345.8	1112.5	180
200	381.80	0.01839	2.2689	2.287	355.5	842.8	1198.3	0.5438	1.0016	1.5454	354.8	1113.7	200
250	400.97	0.01865	1.8245	1.8432	376.1	825.0	1201.1	0.5679	0.9585	1.5264	375.3	1115.8	250
300	417.35	0.01889	1.5238	1.5427	396.0	808.9	1202.9	0.5882	0.9223	1.5105	392.9	1117.2	300
350	431.73	0.01913	1.3064	1.3255	409.8	794.2	1204.0	0.6059	0.8909	1.4968	408.6	1118.1	350
400	444.60	0.0193	1.14162	1.1610	424.2	780.4	1204.6	0.6217	0.8620	1.4847	422.7	1118.7	400
450	456.28	0.0195	1.01224	1.0318	437.3	767.5	1204.8	0.6360	0.8378	1.4738	435.7	1118.9	450
500	467.01	0.0198	0.90789	0.9276	449.5	755.1	1204.7	0.6490	0.8148	1.4639	447.7	1118.8	500
550	476.94	0.0199	0.82183	0.8418	460.9	743.3	1204.3	0.6611	0.7936	1.4547	458.9	1118.6	550
600	486.20	0.0201	0.74962	0.7698	471.7	732.0	1203.7	0.6723	0.7738	1.4461	469.5	1118.2	600
700	503.08	0.0205	0.63505	0.6556	491.6	710.2	1201.8	0.6938	0.7377	1.4304	488.9	1116.9	700
800	518.21	0.0209	0.56809	0.5890	509.8	689.6	1199.4	0.7111	0.7051	1.4163	506.7	1115.2	800
900	531.95	0.0212	0.47968	0.5009	526.7	669.7	1196.4	0.7279	0.6753	1.4032	523.2	1113.0	900
1000	544.56	0.0216	0.42436	0.4460	542.6	650.4	1192.9	0.7434	0.6476	1.3910	538.6	1110.4	1000
1200	567.19	0.0223	0.34013	0.3625	571.9	631.5	1189.1	0.7578	0.6216	1.3794	553.1	1107.5	1200
1300	577.42	0.0227	0.30722	0.3299	585.6	618.0	1188.2	0.7744	0.5969	1.3683	566.9	1104.3	1300
1400	587.07	0.0231	0.27871	0.3018	598.8	576.5	1175.3	0.7966	0.5507	1.3474	592.9	1099.1	1400
1500	596.20	0.0235	0.25372	0.2772	611.7	558.4	1170.1	0.8085	0.5288	1.3373	605.2	1093.1	1500
2000	635.80	0.0257	0.16266	0.1883	731.7	466.2	1138.3	0.8625	0.4256	1.2881	662.6	1068.6	2000
2500	668.11	0.0286	0.10209	0.1307	731.7	301.6	1093.3	0.9139	0.3206	1.2345	718.5	1032.9	2500
3000	695.33	0.0343	0.05073	0.0850	801.8	218.4	1020.3	0.9728	0.1891	1.1619	782.8	973.1	3000
3208.2	705.47	0.0508	0	0.0508	906.0	0	906.0	1.0612	0	1.0612	875.9	875.9	3208.2

Source: Thermodynamic and Transport Properties of Steam, 1967, reprinted with permission of the American Society of Mechanical Engineers, New York, N.Y.

**PROPERTIES OF SUPERHEATED STEAM AND COMPRESSED WATER  
(TEMPERATURE AND PRESSURE)**

Abs. press. lb. per sq. (sat. temp.)	Temperature, F.														
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
1	0.0161	392.5	452.3	511.9	571.5	631.1	690.7								
(101.34)	0.0161	1150.2	1195.7	1241.8	1288.2	1335.9	1384.3	1433.6	1483.7	1534.7	1586.7	1639.6	1693.3	1747.9	1803.4
	0.1295	2.6509	2.1152	2.1722	2.2237	2.2708	2.3144								
5	0.0161	78.14	90.24	102.24	114.21	126.15	138.08	150.01	161.94	173.86	185.78	197.70	209.62	221.53	233.45
(162.24)	0.0161	1148.6	1164.8	1181.1	1197.4	1213.7	1230.0	1246.3	1262.6	1278.9	1295.2	1311.5	1327.8	1344.1	1360.4
	0.1295	1.8716	1.9369	1.9943	2.0460	2.0932	2.1369	2.1776	2.2159	2.2521	2.2866	2.3194	2.3509	2.3811	2.4101
10	0.0161	38.84	44.98	51.03	57.04	63.01	68.95	74.86	80.74	86.59	92.37	98.04	103.60	109.16	114.72
(193.21)	0.0161	1146.6	1193.7	1240.6	1287.8	1335.5	1384.0	1433.6	1483.7	1534.7	1586.7	1639.6	1693.3	1747.9	1803.4
	0.1295	1.7928	1.8593	1.9173	1.9692	2.0166	2.0603	2.1011	2.1394	2.1757	2.2101	2.2430	2.2744	2.3046	2.3337
15	0.0161	29.89	33.963	37.985	41.966	45.978	49.964	53.946	57.926	61.905	65.882	69.858	73.833	77.807	81.780
(213.03)	0.0161	1146.6	1193.7	1240.6	1287.8	1335.5	1384.0	1433.6	1483.7	1534.7	1586.7	1639.6	1693.3	1747.9	1803.4
	0.1295	0.2940	1.8134	1.8720	1.9242	1.9717	2.0155	2.0563	2.0946	2.1309	2.1653	2.1987	2.2309	2.2599	2.2850
20	0.0161	22.356	25.428	28.458	31.466	34.465	37.458	40.447	43.435	46.420	49.405	52.388	55.370	58.352	61.335
(237.96)	0.0161	108.11	1191.4	1239.2	1286.9	1334.9	1383.5	1432.9	1483.2	1534.3	1586.3	1639.3	1693.1	1747.8	1803.5
	0.1295	0.2940	1.7905	1.8397	1.8921	1.9397	1.9836	2.0244	2.0628	2.0991	2.1336	2.1665	2.1979	2.2282	2.2572
40	0.0161	11.016	12.624	14.165	15.685	17.195	18.699	20.199	21.694	23.184	24.669	26.149	27.624	29.094	30.559
(267.25)	0.0161	108.11	1191.4	1239.2	1286.9	1334.9	1383.5	1432.9	1483.2	1534.3	1586.3	1639.3	1693.1	1747.8	1803.5
	0.1295	0.2940	1.6992	1.7608	1.8143	1.8624	1.9065	1.9476	1.9860	2.0224	2.0569	2.0899	2.1214	2.1516	2.1807
60	0.0161	6.815	7.257	7.634	7.940	8.225	8.498	8.760	9.011	9.251	9.480	9.708	9.935	10.161	10.387
(292.71)	0.0161	108.11	1191.4	1239.2	1286.9	1334.9	1383.5	1432.9	1483.2	1534.3	1586.3	1639.3	1693.1	1747.8	1803.5
	0.1295	0.2939	1.6492	1.7134	1.7681	1.8168	1.8612	1.9024	1.9410	1.9774	2.0120	2.0450	2.0765	2.1064	2.1359
80	0.0161	5.016	5.0175	5.178	5.308	5.428	5.538	5.638	5.728	5.808	5.878	5.938	5.998	6.058	6.118
(312.04)	0.0161	108.21	108.24	269.74	1230.5	1281.3	1330.9	1380.5	1430.5	1481.1	1532.6	1584.6	1638.0	1692.0	1746.8
	0.1295	0.2939	0.4371	1.6790	1.7349	1.7842	1.8289	1.8702	1.9089	1.9454	1.9800	2.0131	2.0446	2.0750	2.1041
100	0.0161	3.616	3.616	3.6175	3.618	3.6185	3.619	3.6195	3.620	3.6205	3.621	3.6215	3.622	3.6225	3.623
(327.82)	0.0161	108.26	108.29	269.77	1227.4	1279.3	1329.6	1379.5	1429.7	1480.4	1532.7	1585.8	1639.7	1694.5	1750.2
	0.1295	0.2939	0.4371	1.6516	1.6516	1.6516	1.6516	1.6516	1.6516	1.6516	1.6516	1.6516	1.6516	1.6516	1.6516
120	0.0161	2.816	2.816	2.8175	2.818	2.8185	2.819	2.8195	2.820	2.8205	2.821	2.8215	2.822	2.8225	2.823
(341.27)	0.0161	108.31	108.33	269.81	1224.1	1274.4	1324.4	1374.4	1424.4	1474.4	1524.4	1574.4	1624.4	1674.4	1724.4
	0.1295	0.2939	0.4371	1.6286	1.6287	1.6288	1.6289	1.6290	1.6291	1.6292	1.6293	1.6294	1.6295	1.6296	1.6297
140	0.0161	2.216	2.216	2.2175	2.218	2.2185	2.219	2.2195	2.220	2.2205	2.221	2.2215	2.222	2.2225	2.223
(353.04)	0.0161	108.37	108.38	269.85	1220.8	1270.3	1320.3	1370.3	1420.3	1470.3	1520.3	1570.3	1620.3	1670.3	1720.3
	0.1295	0.2939	0.4370	1.6065	1.6066	1.6067	1.6068	1.6069	1.6070	1.6071	1.6072	1.6073	1.6074	1.6075	1.6076
160	0.0161	1.816	1.816	1.8175	1.818	1.8185	1.819	1.8195	1.820	1.8205	1.821	1.8215	1.822	1.8225	1.823
(363.55)	0.0161	108.42	108.42	269.89	1217.4	1266.9	1316.9	1366.9	1416.9	1466.9	1516.9	1566.9	1616.9	1666.9	1716.9
	0.1295	0.2938	0.4370	1.5906	1.6222	1.7039	1.7499	1.7919	1.8310	1.8678	1.9027	1.9359	1.9676	1.9980	2.0273
180	0.0161	1.416	1.416	1.4175	1.418	1.4185	1.419	1.4195	1.420	1.4205	1.421	1.4215	1.422	1.4225	1.423
(373.08)	0.0161	108.47	108.47	269.92	1213.8	1263.3	1313.3	1363.3	1413.3	1463.3	1513.3	1563.3	1613.3	1663.3	1713.3
	0.1294	0.2938	0.4370	1.5743	1.6376	1.6900	1.7362	1.7784	1.8176	1.8545	1.8894	1.9227	1.9545	1.9849	2.0142
200	0.0161	1.216	1.216	1.2175	1.218	1.2185	1.219	1.2195	1.220	1.2205	1.221	1.2215	1.222	1.2225	1.223
(381.80)	0.0161	108.52	108.51	269.96	1210.1	1259.6	1309.6	1359.6	1409.6	1459.6	1509.6	1559.6	1609.6	1659.6	1709.6
	0.1294	0.2938	0.4369	1.5593	1.6242	1.6776	1.7239	1.7631	1.8057	1.8426	1.8736	1.9080	1.9457	1.9827	2.0205
250	0.0161	0.816	0.816	0.8175	0.818	0.8185	0.819	0.8195	0.820	0.8205	0.821	0.8215	0.822	0.8225	0.823
(400.97)	0.0161	108.56	108.63	270.05	1206.5	1256.5	1306.5	1356.5	1406.5	1456.5	1506.5	1556.5	1606.5	1656.5	1706.5
	0.1294	0.2937	0.4368	1.5667	1.5951	1.6502	1.6976	1.7405	1.7801	1.8173	1.8524	1.8858	1.9177	1.9482	1.9776
300	0.0161	0.616	0.616	0.6175	0.618	0.6185	0.619	0.6195	0.620	0.6205	0.621	0.6215	0.622	0.6225	0.623
(417.35)	0.0161	108.74	108.74	270.14	1203.1	1253.1	1303.1	1353.1	1403.1	1453.1	1503.1	1553.1	1603.1	1653.1	1703.1
	0.1294	0.2936	0.4367	1.5664	1.5703	1.6254	1.6728	1.7157	1.7551	1.7919	1.8271	1.8607	1.8927	1.9231	1.9522
350	0.0161	0.416	0.416	0.4175	0.418	0.4185	0.419	0.4195	0.420	0.4205	0.421	0.4215	0.422	0.4225	0.423
(431.73)	0.0161	108.92	108.92	270.24	1200.1	1250.1	1300.1	1350.1	1400.1	1450.1	1500.1	1550.1	1600.1	1650.1	1700.1
	0.1293	0.2936	0.4367	1.5664	1.5483	1.6077	1.6571	1.7065	1.7559	1.8053	1.8547	1.9041	1.9535	2.0029	2.0523
400	0.0161	0.216	0.216	0.2175	0.218	0.2185	0.219	0.2195	0.220	0.2205	0.221	0.2215	0.222	0.2225	0.223
(444.60)	0.0161	109.05	108.97	270.33	1197.2	1247.2	1297.2	1347.2	1397.2	1447.2	1497.2	1547.2	1597.2	1647.2	1697.2
	0.1293	0.2935	0.4366	1.5663	1.5282	1.5901	1.6406	1.6850	1.7325	1.7821	1.8325	1.8825	1.9325	1.9825	2.0325
500	0.0161	0.016	0.016	0.0174	0.0186	0.0199	0.0211	0.0223	0.0235	0.0247	0.0259	0.0271	0.0283	0.0295	0.0307
(467.01)	0.0161	109.32	109.19	270.51	1203.8	1253.8	1303.8	1353.8	1403.8	1453.8	1503.8	1553.8	1603.8	1653.8	1703.8
	0.1292	0.2934	0.4364	1.5660	1.4921	1.5595	1.6123	1.6613	1.7069	1.7551	1.8051	1.8551	1.9051	1.9551	2.0051

**PROPERTIES OF SUPERHEATED STEAM AND COMPRESSED WATER  
(TEMPERATURE AND PRESSURE) (Continued)**

Abs pres lb per sq (at temp)	Temperature, F														
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
400 (486.20)	x 0.0161 60.58	0.0166 169.42	0.0174 270.70	0.0186 375.49	0.7944 1215.9	0.9456 1290.3	1.0726 1351.8	1.1892 1408.3	1.3006 1463.0	1.4093 1517.4	1.5160 1571.9	1.6211 1627.0	1.7252 1682.6	1.8284 1738.8	1.9309 1795.6
500 (503.08)	x 0.0159 69.84	0.0163 169.65	0.0172 270.89	0.0186 375.61	0.7928 1215.9	0.9437 1290.3	1.0707 1351.2	1.1873 1407.7	1.2987 1462.4	1.4074 1516.8	1.5141 1571.3	1.6182 1626.4	1.7223 1681.5	1.8255 1737.7	1.9280 1794.3
700 (518.21)	x 0.0161 69.84	0.0166 169.65	0.0174 270.89	0.0186 375.61	0.7928 1215.9	0.9437 1290.3	1.0707 1351.2	1.1873 1407.7	1.2987 1462.4	1.4074 1516.8	1.5141 1571.3	1.6182 1626.4	1.7223 1681.5	1.8255 1737.7	1.9280 1794.3
800 (531.95)	x 0.0161 70.11	0.0166 169.68	0.0174 271.07	0.0186 375.73	0.7928 1216.0	0.9437 1290.4	1.0707 1351.3	1.1873 1407.8	1.2987 1462.5	1.4074 1516.9	1.5141 1571.4	1.6182 1626.5	1.7223 1681.6	1.8255 1737.8	1.9280 1794.4
1000 (544.58)	x 0.0161 70.63	0.0166 170.36	0.0174 271.60	0.0186 376.08	0.7928 1216.1	0.9437 1290.5	1.0707 1351.4	1.1873 1407.9	1.2987 1462.6	1.4074 1517.0	1.5141 1571.5	1.6182 1626.6	1.7223 1681.7	1.8255 1737.9	1.9280 1794.5
1200 (567.19)	x 0.0161 71.16	0.0166 171.78	0.0174 272.14	0.0186 376.20	0.7928 1216.2	0.9437 1290.6	1.0707 1351.5	1.1873 1408.0	1.2987 1462.7	1.4074 1517.1	1.5141 1571.6	1.6182 1626.7	1.7223 1681.8	1.8255 1738.0	1.9280 1794.6
1400 (587.07)	x 0.0161 71.68	0.0166 173.24	0.0174 272.71	0.0186 376.44	0.7928 1216.3	0.9437 1290.7	1.0707 1351.6	1.1873 1408.1	1.2987 1462.8	1.4074 1517.2	1.5141 1571.7	1.6182 1626.8	1.7223 1681.9	1.8255 1738.1	1.9280 1794.7
1600 (604.87)	x 0.0161 72.21	0.0166 174.73	0.0174 273.32	0.0186 376.69	0.7928 1216.4	0.9437 1290.8	1.0707 1351.7	1.1873 1408.2	1.2987 1462.9	1.4074 1517.3	1.5141 1571.8	1.6182 1626.9	1.7223 1682.0	1.8255 1738.2	1.9280 1794.8
1800 (621.02)	x 0.0161 72.73	0.0166 176.27	0.0174 273.97	0.0186 377.00	0.7928 1216.5	0.9437 1290.9	1.0707 1351.8	1.1873 1408.3	1.2987 1463.0	1.4074 1517.4	1.5141 1571.9	1.6182 1627.0	1.7223 1682.1	1.8255 1738.3	1.9280 1794.9
2000 (635.80)	x 0.0161 73.26	0.0166 177.84	0.0174 274.67	0.0186 377.38	0.7928 1216.6	0.9437 1291.0	1.0707 1351.9	1.1873 1408.4	1.2987 1463.1	1.4074 1517.5	1.5141 1572.0	1.6182 1627.1	1.7223 1682.2	1.8255 1738.4	1.9280 1795.0
2500 (668.11)	x 0.0160 74.57	0.0165 173.74	0.0173 274.27	0.0184 377.82	0.7920 1216.0	0.9430 1290.4	1.0698 1351.3	1.1863 1407.8	1.2978 1462.5	1.3963 1516.9	1.4948 1571.4	1.5933 1626.4	1.6918 1681.5	1.7903 1736.6	1.8888 1791.7
3000 (705.08)	x 0.0160 76.4	0.0165 175.3	0.0173 275.6	0.0184 378.7	0.7920 1216.1	0.9430 1290.5	1.0698 1351.4	1.1863 1407.9	1.2978 1462.6	1.3963 1517.0	1.4948 1571.5	1.5933 1626.5	1.6918 1681.6	1.7903 1736.7	1.8888 1791.8
3500	x 0.0160 77.2	0.0165 176.0	0.0173 276.2	0.0184 379.1	0.7920 1216.2	0.9430 1290.6	1.0698 1351.5	1.1863 1408.0	1.2978 1462.7	1.3963 1517.1	1.4948 1571.6	1.5933 1626.6	1.6918 1681.7	1.7903 1736.8	1.8888 1791.9
4000	x 0.0159 78.5	0.0164 177.2	0.0172 277.1	0.0182 379.8	0.7912 1216.3	0.9422 1290.7	1.0690 1351.6	1.1855 1408.1	1.2970 1462.8	1.3955 1517.2	1.4940 1571.7	1.5925 1626.7	1.6910 1681.8	1.7895 1736.9	1.8875 1792.0
5000	x 0.0159 81.1	0.0163 179.5	0.0171 279.1	0.0181 381.2	0.7912 1216.4	0.9422 1290.8	1.0690 1351.7	1.1855 1408.2	1.2970 1462.9	1.3955 1517.3	1.4940 1571.8	1.5925 1626.8	1.6910 1681.9	1.7895 1737.0	1.8875 1792.1
6000	x 0.0158 81.7	0.0162 181.7	0.0170 281.0	0.0180 382.7	0.7912 1216.5	0.9422 1290.9	1.0690 1351.8	1.1855 1408.3	1.2970 1463.0	1.3955 1517.4	1.4940 1571.9	1.5925 1626.9	1.6910 1682.0	1.7895 1737.1	1.8875 1792.2
7000	x 0.0158 86.2	0.0163 184.4	0.0170 283.0	0.0180 384.2	0.7912 1216.6	0.9422 1291.0	1.0690 1351.9	1.1855 1408.4	1.2970 1463.1	1.3955 1517.5	1.4940 1572.0	1.5925 1627.0	1.6910 1682.1	1.7895 1737.2	1.8875 1792.3

Source: *Thermodynamic and Transport Properties of Steam*, 1967, reprinted with permission of the American Society of Mechanical Engineers, New York, N.Y.

## VII. BIBLIOGRAFIA

## VII. BIBLIOGRAFIA.

- \* "Energy Conservation Through Scheduling and Process Changes", "Energy Conservation Through Effective Energy Utilization", L. A. Wood, National Bureau of Standards, Special Publication N° 403, Vol. II.
- \* "A Guide to Power Factor Correction for the Plant Engineer" Sprague Electric Company, North Adams, Mass.
- \* "Chemical Engineers' Handbook", Perry, Chilton and Kirkpatrick, 4th Edition, 1963, Mc. GrawHill, New York.
- \* "Energy Conservation Opportunities in Steam Use", "Energy Conservation Through Effective Energy Utilization", National Bureau of Standards, Special Publication N° 403, Vol. II.
- \* "Energy Conservation Program Guide for Industry and Commerce (EPIC), Robert R. Gatts, Robert G. Massey, y John C. Robertson, Institute for Applied Technology, National Bureau of Standards, Washington D. C., 20234, Patrocinado por Federal Energy Administration y U. S. Department of Commerce, Sept. 1974.
- \* "Mechanical Engineers' Handbook", Baumeister and Marks, - 6th Edition, 1958, Mc Graw-Hill, New York.
- \* "Energy" "Intelligence and Analysis for Energy Consumers" (Publicación Semanal).
- \* Manual de Calderas Selmec, Clearer-Brooks, 1976, Departamento de Calderas de la Sociedad Electromecánica, S. A.

## BIBLIOGRAFIA.

- \* "Manual de Procedimientos para el Uso Eficiente de Energía en la Industria y el Comercio", Comisión de Energéticos, 1a. Edición, Editado por la Dirección General de Información de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.