

SENER



SECRETARÍA
DE ENERGÍA

CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

**RECOMENDACIONES
TÉCNICAS EN
INSTALACIONES
INDUSTRIALES DEL SECTOR
PRIVADO Y GOBIERNOS
MUNICIPALES Y ESTATALES**

**Secretaría de Energía
Comisión Nacional para el
Uso Eficiente de la Energía**

MARZO 2012

INDICE	Página
I.- Resumen Ejecutivo	3
II.- Presentación	3
III.- Introducción	3
IV.- Fases para lograr beneficios en la Eficiencia Energética	4
V.- Recomendaciones técnicas para minimizar desperdicios de Energía	14
Generación y Distribución de Vapor	15
Usuarios de Vapor	17
Torres de Enfriamiento	19
Calentadores a Fuego Directo	21
Sistemas de Refrigeración	23
Aire Comprimido	24
Ventiladores	25
Bombas	26
Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (HVAC)	28
Envolvente en Edificios	30
Recomendaciones generales para el ahorro de energía en Motores Eléctricos	31
Cargas Eléctricas	37
Distribución de la Energía Eléctrica	38
VI.- Evaluación de equipos y proyectos para modernización de instalaciones (Segunda Fase)	41

I.-Resumen Ejecutivo

El propósito de este manual está relacionado con el apoyo que se proporciona a los responsables de las instalaciones industriales de la Administración Pública Federal y a los Privados, para que se implementen acciones de Eficiencia Energética en las mismas.

Los beneficios que se logran con dicha implementación están ligados a diversas áreas, incluyendo el desarrollo económico de las comunidades, vida más confortable y mejores estilos de vida, un nivel más alto de procesamiento de productos útiles a la sociedad, alimentos, seguridad en la disponibilidad de energía, salud y resultados ambientales.

Realizando una revisión de las mejores prácticas a nivel internacional en relación a la Eficiencia Energética, esta guía recomienda qué pasos deben de seguirse dentro de un Programa de Eficiencia Energética (PEE) y qué funciones se deben establecer para lograr la Eficiencia Energética, también recomienda un conjunto de indicadores en los niveles de producción, ya sean de forma parcial o total.

II. Presentación

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de de la Energía – CONUEE – proporciona a los responsables de las instalaciones industriales el siguiente documento con la finalidad de orientar a los Funcionarios de los diversos organismos que tengan obligatoriedad o que requieran reducir los costos ocasionados por el uso de la energía en sus instalaciones.

Se espera proporcionar una visión clara de las diferentes etapas y aspectos por considerar para el desarrollo de programas que, analizando integralmente las oportunidades de ahorro existentes en cada caso, permitan el cumplimiento del propósito antes señalado en el menor plazo posible, con el óptimo balance entre los beneficios obtenidos y la inversión de recursos económicos y humanos requeridos.

III. Introducción

Con lo anterior, la CONUEE espera facilitar el proceso que va desde la toma de decisiones hasta la obtención y aseguramiento de las economías procuradas, cuyos beneficios trascienden el ámbito de los propios organismos por su contribución a la reducción de la contaminación ambiental y al mejor aprovechamiento de nuestros recursos naturales y económicos, tan necesarios para México y de gran importancia para las generaciones futuras.

Se debe reconocer que los panoramas del uso eficiente de la energía han cambiado radicalmente, cada vez son más las empresas tanto privadas como públicas que empiezan a interesarse en la aplicación de medidas correctivas para usar mejor su energía, ésto sin duda debido a la acción conjunta de medidas de difusión y de concientización, con la participación de amplios sectores de la comunidad, las políticas de precios y tarifas gubernamentales que inducen favorablemente al mejor uso y conservación de la energía y por último la necesidad de ser competitivo.

Los efectos del ahorro de energía han sido fundamentales no sólo para el sector energético, sino para las economías en su conjunto. A nivel mundial, los esfuerzos de ahorro se han centrado en los Sectores Industriales y en el comercial-residencial.

Indicador Energético

Un indicador energético se puede definir como la energía que se suministra por cada unidad de producto que se obtiene, esto se cuantifica una vez que se tienen los consumos mensuales totales de los energéticos utilizados, convertidos a una unidad energética común (KWh, Btu, Kcal, bbl de petróleo etc.) y la producción mensual total del producto o productos que se manejan en la empresa o industria en una unidad másica común (tonelada, Kg, etc.), ejemplo:

$$I_{\text{energético}} = \text{Btu consumidos} / \text{Ton de Producto}$$

Estos índices están afectados de manera directa con la eficiencia y la capacidad de producción de cada industria o empresa; por ejemplo si aumenta el consumo de energéticos manteniendo la misma producción, el índice crece, lo que significa que la eficiencia de algún sistema o equipos disminuye, en cambio si la producción disminuye manteniendo el mismo consumo energético, el índice también crece, indicativo que los sistemas utilizados para la producción no pueden absorber los cambios en la baja de producción, pero para el caso donde se utilice la misma cantidad de producto y se disminuye el consumo de combustible, el índice decrecerá indicando que se tienen mejoras.

IV. Fases para lograr beneficios en la Eficiencia Energética (E. E.)

En la práctica se ha visto que al desarrollar los programas de Conservación y Eficiencia Energética, los organismos y las empresas no sólo obtienen beneficios directos en la reducción de los costos de su factura energética que normalmente representan entre un 15 y 25% de su monto.

En las siguientes secciones se revisarán algunos aspectos relacionados con la administración energética, tratando entre otros los siguientes aspectos:

b.1).- Revisar toda la información disponible sobre la planta, y dividir entre ellos las tareas de recopilación de datos y mediciones.

b.2).- Información disponible sobre la planta:

- ◆ Tamaño de la planta, su edad y localización
- ◆ Estructura administrativa de la planta
- ◆ Tipos de líneas de producción y productos principales
- ◆ Horarios típicos de operación de la planta
- ◆ Consumos energéticos anuales (incluye demanda máxima)
- ◆ Costos de combustibles y tarifas eléctricas aplicables

b.3).- Identificar la instrumentación que será utilizada

b.4).- Elaborar un cronograma de trabajo en el que se indiquen las fechas en que se reportarán avances al Delegado responsable.

- **Desagregación del uso de energía**

Para poder identificar las oportunidades de ahorro energético es necesario tener la distribución de la energía en la empresa o industria, esta distribución se debe hacer en dos rubros:

Por combustibles

Una vez que se tienen los consumos totales por tipo de energético utilizado en la empresa o industria:

- Electricidad
- Combustibles líquidos
- Combustibles gaseosos

Se deben llevar a una unidad común energética para saber, comparativamente, cual de todos los energéticos se consume más, representando el suministro en un diagrama de Sankey (3) o distribución energética por mes y por año.

Por procesos

Una vez que el desagregado energético se tiene por tipo de combustible utilizado se hace un desagregado por sistemas o equipos que utilicen un tipo específico de combustible.

- **Base de datos**

Una vez que se recopiló y analizó la información de los sistemas o equipos en los que se detectaron áreas de oportunidad de ahorro energético, se debe vaciar la información a una base de datos a la cual el Coordinador del proyecto tenga fácil acceso.

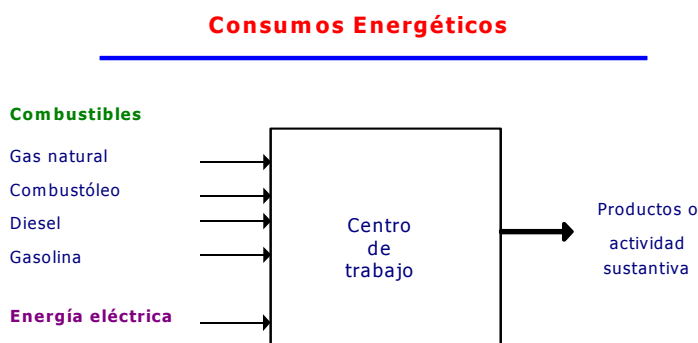
La información debe ser confidencial o restringida por áreas o departamentos, la información que contendrá dicha base será: información de los consumos globales de energía, de diseño de los sistemas o equipos analizados, actual de operación, medidas a implementar por el centro de trabajo para mejorar la operación y aprovechamiento energético de dichos sistemas o equipos.

- **Análisis e identificación del comportamiento energético**

Este análisis tiene como finalidad conocer el qué, cómo y cuál es el consumo energético y productos o actividad sustantiva en cada instalación de la empresa.

En primera instancia se considera a la instalación como una caja negra, figura No. 3, es decir se tomarán los consumos globales facturados en la empresa así como su producción o actividad sustantiva final. Para determinar los diferentes insumos energéticos se divide el consumo total, inicialmente en dos grandes rubros: energía eléctrica (facturada) y energía térmica utilizada, que se dividirá en los distintos combustibles: gas natural, combustóleo, diesel, gasolina, etc.

Figura 3. Esquema de caja negra. Insumos energéticos y producción.



Para determinar la distribución energética en la empresa se requieren datos históricos de consumo energético y de producción, para facilitar esta tarea se presenta el siguiente formato para realizar el análisis posterior de la información.

Año	Producción	Consumo de Energía			
		E. Eléctrica	Gas Natural	Combustóleo	Diesel
		(KWh)	(m ³)	(L)	(L)
ENE					
FEB					
MAR					

Figura 4. Tabla de consumo de energía

Para lograr un fácil manejo y procesamiento de los consumos e indicadores energéticos es necesario tener la información en una misma unidad de energía, ver figura 5. Las utilizadas con mayor frecuencia son: MBtu, Mcal, MWh, BCE; sin embargo cuando el centro de trabajo se encuentra familiarizado con alguna otra se recomienda aplicarla.

b).- Establecimiento del monitoreo y control de la energía

- **Diagrama de Consumo Energético**

Una vez unificado el criterio en las unidades se construye el diagrama de consumo energético, ver figura 5, con el que se identifica la contribución de cada energético en la instalación lo que permite junto con los indicadores de consumo energético (ICE) determinar cuales son las áreas que presentan mayores oportunidades de ahorro energético y en las que se pueden implementar algunas medidas de aprovechamiento.

Determinar la distribución de la energía que se consume de forma global en el centro de trabajo

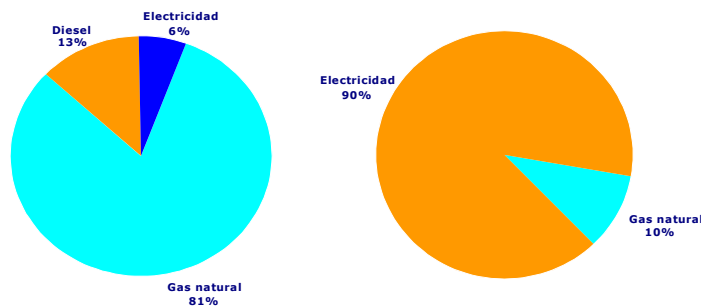


Figura 5. Ejemplos de la Distribución del Consumo Energético en una instalación

Algunas de las actividades más importantes que se deben considerar se resumen a continuación

- ◆ Desarrollar una base de datos de consumos de la planta
- ◆ Preparar índices de consumo de energía
- ◆ Evaluar la operación de la planta
- ◆ Estimar el potencial de ahorro de energía
- ◆ Revisar el programa de ahorro de energía de la planta en su totalidad.

Desarrollo del sistema de control y seguimiento de indicadores energéticos por actividad sustantiva

Este sistema de control permite realizar el monitoreo del desempeño energético para diferentes series de tiempo y rangos de producción. Permite vigilar, detectar y corregir las desviaciones para un uso racional de la energía. En el comportamiento típico de toda instalación (Fig. 7) se observa que la tendencia de la línea es asintótica presentando que a menor producción el valor del indicador es mayor, sin embargo al aumentar la producción va disminuyendo su valor hasta obtener una asíntota.

• Indicadores de consumo energético

Los índices energéticos se utilizan para determinar la Eficiencia Energética de las operaciones y el potencial de ahorro de energía. Estos índices pueden servir para comparar la eficiencia de diferentes plantas, pero son más valiosos en el seguimiento de la eficiencia de una misma planta a través del tiempo y bajo una variedad de condiciones.

Por centro de trabajo (ICE_G) de acuerdo con su producto o actividad sustantiva.

$$ICE_G = \frac{\text{Consumo energético total}}{\text{Productos o actividad sustantiva}}$$

$$ICE_G = \frac{\text{Consumo (gas natural + combustóleo + diesel + gasolina + electricidad)}}{\text{Productos o actividad sustantiva}}$$

Por tipo de energético (ICE_T) Indicador Térmico:

$$ICE_T = \frac{\text{Consumo (gas natural + combustóleo + diesel + gasolina)}}{\text{Productos o actividad sustantiva}}$$

Por tipo de energético (ICE_E) Indicador Eléctrico:

$$ICE_E = \frac{\text{Consumo (energía eléctrica)}}{\text{Productos o unidades de la actividad sustantiva}}$$

Se insiste en la importancia de la definición de las unidades para la cuantificación de los potenciales y ahorros, todo esto para que sea más sencilla y rápida la comparación de los consumos energéticos en el centro de trabajo.

- **Construcción de la Curvas de Comportamiento Energético**

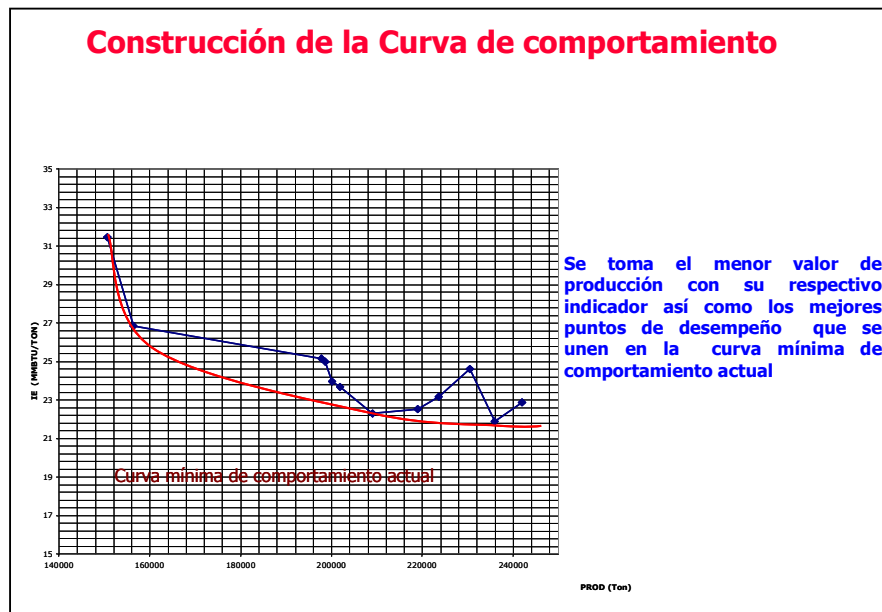
Como hemos referido, los indicadores de consumo energético se obtienen con los datos de consumo de energía y producción correspondiente a cada mes, como se ilustra en la siguiente tabla:

Año 2007			
Mes	Energía global (MBtu/mes)	Producción (ton)	ICE (MBtu/ton)
Enero	762,044	28,833	26.43
Febrero	678,151	29,601	22.91
Marzo	806,808	35,094	22.99
Abril	824,581	36,534	22.57
Mayo	837,304	40,197	20.83
Junio	844,730	43,859	19.26
Julio	877,624	41,068	21.37
Agosto	865,864	40,651	21.30
Septiembre	678,814	27,820	24.40
Octubre	628,588	23,578	26.66
Noviembre	783,137	28,385	27.59
Diciembre	856,753	39,193	21.86

De acuerdo a la metodología propuesta, para la construcción de la gráfica **ICE VS Producción** resulta necesario ordenar la información con respecto al nivel de producción de manera ascendente, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Año 2008		
Mes	Producción (ton)	ICE (MMBtu/ton)
Octubre	23,578	26.66
Septiembre	27,820	24.40
Noviembre	28,385	27.59
Enero	28,833	26.43
Febrero	29,601	22.91
Marzo	35,094	22.99
Abril	36,534	22.57
Diciembre	39,193	21.86
Mayo	40,197	20.83
Agosto	40,651	21.30
Julio	41,068	21.37
Junio	43,859	19.26

Como se observa los datos en la tabla deberán coincidir tanto en los valores de producción e índice correspondientes a su mes. Revisar que en el ordenamiento de estos datos, no se omita alguna información. El desempeño energético presentado en la siguiente gráfica corresponde a la información del 2007.



Gráfica 1.- Gráfico que representa el desempeño energético

La curva de referencia (benchmark) se traza uniendo los mejores valores de los indicadores, éste es el primer valor de la gráfica corresponde al menor valor de producción y su respectivo indicador, los siguientes valores serán los mejores puntos de desempeño acorde con la producción.

Año 2007			
Mes	Energía total (MBtu/mes)	Producción (ton)	ICE (MBtu/ton)
Enero	762,044	28,833	26.43
Febrero	678,151	29,601	22.91
Marzo	806,808	35,094	22.99
Abril	824,581	36,534	22.57
Mayo	837,304	40,197	20.83
Junio	844,730	43,859	19.26
Julio	877,624	41,068	21.37
Agosto	865,864	40,651	21.30
Septiembre	678,814	27,820	24.40
Octubre	628,588	23,578	26.66
Noviembre	783,136	28,385	27.59
Diciembre	856,753	39,193	21.86

Año 2008			
Mes	Energía total (MBtu/mes)	Producción (ton)	ICE (MBtu/ton)
Enero	885,936	41,671	21.26
Febrero	841,816	42,217	19.94
Marzo	824,062	39,906	20.65
Abril	724,773	40,994	17.68
Mayo	853,489	42,910	19.89
Junio	817,596	35,891	22.78
Julio	867,024	35,345	24.53
Agosto	754,728	30,506	24.74
Septiembre	761,063	33,765	22.54
Octubre	765,592	34,831	21.98
Noviembre	664,134	31,416	21.14
Diciembre	688,035	38,245	17.99

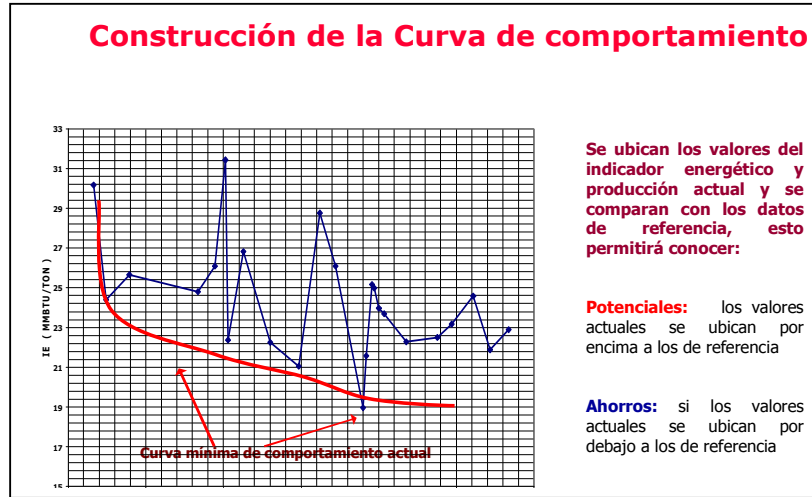
Tablas 3 y 4. Datos mensuales de consumo energético y producción. Años 2007 y 2008

Esta etapa del Programa comprende la identificación de los potenciales de ahorro y la determinación de las metas de reducción energética, con base en la cuantificación previa de oportunidad de ahorro, que una vez

estudiada y definida por el Comité se establecerá una campaña de ahorro de energía para lograr alcanzar la meta definida.

- **Como se identifican**

La clave reside básicamente en generar el sistema de indicadores de desempeño energético de acuerdo a la actividad sustantiva de la empresa, tal como se describirá en el capítulo siguiente, toda actividad productiva sigue un patrón definido de consumo energético, normalmente por arriba del indicado de diseño. Un ejemplo de lo anterior es el siguiente:



Gráfica 2.- Representación del patrón definido de consumo energético en instalaciones industriales

- **Evaluación de potenciales y ahorro energéticos reales de operación**

Ahorro de energía (AE):

$$AE = \sum [(IE_{referencia} - IE_{actual}) * Producción]_i$$

Para nuestro ejemplo de un solo punto:

$$AE_1 = (IE_{01} - IE_{02}) * Producción$$

$$AE_1 = (21.37 - 17.68) \frac{MMBtu}{ton} * \frac{40,994 ton}{mes}$$

$$PAE_1 = 151,267.86 \frac{MMBtu}{mes}$$

Potenciales de ahorro de energía (PAE):

$$PAE = \sum [(IE_{actual} - IE_{referencia}) * Producción]_i$$

Para nuestro ejemplo de un solo punto:

$$PAE_1 = (IE_{02} - IE_{01}) * Producción$$

$$PAE_1 = (24.74 - 22.91) \frac{MMBtu}{ton} * \frac{30,506.4 ton}{mes}$$

$$PAE_1 = 55,826.712 \frac{MMBtu}{mes}$$

• Revisión y Avance del Programa

Para preparar el informe final de resultados del proyecto, se debe contar con toda la información y documentación generada durante las diferentes etapas de diagnóstico, diseño e implantación del Programa.

Con esta recopilación de información se genera el archivo del proyecto, el cual deberá presentarse de manera ordenada, clasificando la información de forma que se cubran todas las necesidades al requerirse alguna información en cada uno de los diferentes niveles jerárquicos.

Por ejemplo: por fecha, tipo de información, comunicados, información técnica (parámetros de medición de consumos de energéticos), metodologías, información económica, directorio de personal, directorio de proveedores, manuales de equipos, informes de resultados de capacitación, minutas de reuniones de trabajo, reportes semanales o quincenales de avance en las acciones descritas por el personal a cargo para que ésta pueda ser consultada en el momento que se requiera.

• Cuantificación de beneficios, comparación de metas e índices

Como se recomendó anteriormente se debe elaborar una programación de todas las actividades a realizarse durante el desarrollo del proyecto, lo que dará como resultado contar con un punto de referencia, a partir del cual se evalúa en qué etapa se encuentra el proyecto a la fecha.

Los resultados generados de esta comparación, deben acentuar la comparación de las metas y los objetivos propuestos durante la etapa del Diagnóstico y verificar estrictamente el cumplimiento de cada uno de los puntos propuestos y previstos a desarrollar durante las diferentes etapas del proyecto.

Además demostrará si en realidad se alcanzaron los objetivos, dando pie a la identificación de factores negativos (en el caso que existieran), que en algún momento hayan sido causa de retraso, negligencia o incertidumbre en el proyecto.

- **Sistemas de identificación de oportunidades**

En la identificación de las áreas de oportunidad debe participar el personal de la Institución cuyas responsabilidades estén ligadas con el diseño, la operación y el mantenimiento de sus procesos, equipos e instalaciones y principalmente, quienes vayan a tener a su cargo la implantación de dichas medidas y el aseguramiento de sus resultados, debiendo involucrarse en este proceso (probablemente con distintos grados de intensidad) los funcionarios responsables de las áreas de ingeniería, construcción, mantenimiento, operación y producción así como de recursos humanos, administración y finanzas; para lo anterior, la consulta de los apoyos ofrecidos por consultores y proveedores puede resultar de una gran utilidad.

- **Comparaciones (Benchmarking)**

Se pueden comparar los resultados, de la implementación de programas de ahorro de energía a niveles de: instalación, procesos y sistemas, los tres tipos de comparaciones se pueden hacer en dos formas: Comparando la misma instalación, proceso o sistema contra si mismo para establecer un punto de referencia al que se pretendería llegar o mantenerse en el uso de los energéticos, y comparando la instalación, proceso o sistema contra otro similar en condiciones y forma.

Actualmente, el benchmarking se ha convertido en una forma de mantenerse en competencia.

- **Potenciales de ahorro de energía e Informes**

Otra **Fase, referente a la Conservación y Uso Racional de la Energía** tiene como finalidad conocer ¿cuánto, cómo, dónde y porqué? del consumo de energía en la empresa, y para determinar el grado de eficiencia de su utilización se requiere de una inspección y un análisis energético detallado de los consumos y pérdidas de energía.

Por lo que en esta fase resulta de vital importancia para minimizar los costos y aumentar la productividad, calidad y el control del efecto sobre el medio ambiente de cualquier empresa, en las nuevas condiciones que se están creando a nivel nacional e internacional.

El informe que deberá presentarse en esta sección contendrá como mínimo información referente a puntos, sistemas o áreas donde se haya detectado fallas o fugas de energía, la información deberá estar ejemplificada y cuantificada en porcentaje de pérdidas y su equivalente energético.

También se deberá contar con planos donde se indiquen las fallas o fugas.

- **Talleres**

Como ya se mencionó la capacitación es una de las partes fundamentales para el buen desarrollo del programa, ya que con ésta se pueden alcanzar niveles de excelencia en el desarrollo integral de los apartados que intervienen durante el Programa.

La capacitación deberá ser impartida hacia todos los niveles en la estructura del personal del Programa. La capacitación se realizará con el personal que directamente se encuentra involucrado en la aplicación y ejecución de medidas; por ésto se debe comenzar con el Nivel Gerencial, ya que es el encargado de dirigir, organizar, orientar, atender y transmitir los conceptos para la aplicación de medidas, por lo que el nivel deberá haber comprendido y fortalecido los conceptos referidos al Programa de Eficiencia Energética.

Deberá establecerse un cronograma de cursos, pláticas y talleres donde se brinde una capacitación constante a todo el personal, la serie de eventos se darán de acuerdo al lapso de tiempo que determine el Comité o bien considerar el tema dentro del Programa de Capacitación continua de la empresa.

**V.- Recomendaciones
Técnicas para
minimizar
desperdicios de
energía**

Este apartado contendrá los resultados en los análisis de comportamiento de equipo y sistemas y las posibilidades de ahorro de energía que, con base en dichos análisis, se hayan determinado.

Una inspección visual a la instalación para encontrar oportunidades para mejorar el uso de energía y evitar derroches:

- ◆ Superficies calientes descubiertas, o con aislamiento en malas condiciones.
- ◆ Fugas de vapor, agua, combustible, aire o de otros fluidos costosos.
- ◆ Sistemas de iluminación funcionando innecesariamente
- ◆ Equipo operando innecesariamente
- ◆ Sistemas de control mal ajustados o en mal funcionamiento
- ◆ Horarios de operación de equipos desajustados con los horarios de producción

Generación y Distribución de Vapor

A continuación se proporciona un listado con algunas recomendaciones que son factibles de aplicar, dicha información se basa en la experiencia que se ha tenido en diversas instalaciones visitadas por funcionarios técnicos de esta Comisión.



Observar y corregir

- ✓ **Si se detecta presencia de CO en los gases de combustión, indica que existe deficiencia en la combustión del combustible.**
- ✓ Revisar el recubrimiento y los conductos de los gases de chimenea para detectar fugas de aire.
- ✓ Reducir la temperatura de chimenea a 165°C para combustibles con azufre.
- ✓ Mantener el exceso de aire recomendado por el fabricante de los quemadores para operar de forma eficiente la caldera. Un exceso de aire alto provoca mala combustión en los quemadores.
- ✓ *Mantener el exceso de oxígeno del 2 al 4% para combustibles líquidos y por debajo del 8% para sólidos.*
- ✓ *Índice de opacidad alto indica depósitos de cenizas en el hogar y en las superficies de intercambio de calor.*
- ✓ La presencia de hollín en la caldera (combustible líquido) y el aumento de la temperatura de los gases de combustión

disminuyen la transferencia de calor. Optimizar el programa de limpieza para el soplador de hollín.

- ✓ Utilizar controles con ajuste de oxígeno para el flujo de aire/combustible.
- ✓ Minimizar los combustibles en el gas de chimenea y cenizas.
- ✓ Quemar el combustible con el costo más bajo.
- ✓ Utilizar combustibles con alto contenido de carbón.
- ✓ Minimizar el uso del estabilizador de combustible si es costoso.
- ✓ Controlar al mínimo la temperatura del tanque de combustible.
- ✓ Mantener la superficie interna de los tubos libre de depósitos.
- ✓ Dividir el control de rango de la velocidad del ventilador y los reguladores de tiro.
- ✓ Instalar intercambiadores de calor con purga.
- ✓ Operar las bombas para la alimentación de agua a la caldera a la presión mínima de descarga.
- ✓ Revisar los calentadores del agua de alimentación para una transferencia de calor eficiente.



- ✓ Reducir el venteo del deareador a $< 0.1\%$ del flujo de agua o $< 0.5\%$ del flujo de vapor.
- ✓ Mantener la presión y temperatura del vapor al máximo si el sistema de distribución de vapor tiene turbinas.
- ✓ Disminuir la presión en el cabezal de vapor si el sistema no tiene turbinas.
- ✓ Reutilizar las corrientes de agua residual para la evacuación de las cenizas.
- ✓ Revisar regularmente la eficiencia de calderas/vaporizadores.
- ✓ Optimizar las cargas entre calderas y vaporizadores.
- ✓ En las calderas o vaporizadores quemar residuos no peligrosos.
- ✓ En las calderas acuatubulares mantener niveles de sólidos totales disueltos hasta un máximo de 2,500 ppm en el agua de alimentación a la caldera.
- ✓ Utilizar precalentadores de agua y de aire para incrementar la eficiencia de operación de la caldera.

Usuarios de Vapor



- ✓Automatizar la purga de la caldera.
- ✓Revisar el consumo actual de vapor contra el de diseño.
- ✓Eliminar o buscar un uso para el vapor venteado.
- ✓Optimizar el balance del vapor con la combinación correcta de motores y turbinas.
- ✓Retornar todo el condensado de vapor.

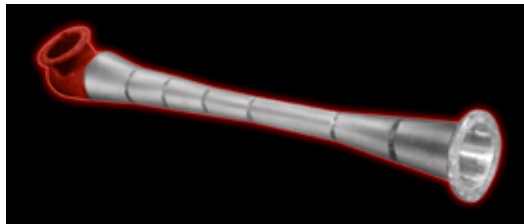


- ✓Bloquear las líneas de vapor que no se utilizan.
- ✓Eliminar las líneas extensas con bajo flujo de vapor.
- ✓Recuperar el calor residual donde sea posible.
- ✓Reducir la presión del vapor de calentamiento durante las temporadas más calurosas.
- ✓Cambiar a los usuarios de vapor a una presión de cabezal más baja de ser posible
- ✓Ajustar la presión del cabezal de vapor para maximizar el trabajo de la turbina.
- ✓Si el escape de la turbina debe ser venteado, ventear las turbinas a la atmósfera.
- ✓Cerrar las válvulas manuales de la turbina.
- ✓Instalar pequeñas boquillas en las turbinas de vapor.

- ✓Revisar regularmente el rendimiento de las turbinas y condensadores.



- ✓Establecer un programa efectivo de mantenimiento para las trampas de vapor.
- ✓Reducir las trampas de vapor descompuestas a $< 5\%$ del total.
- ✓No se recomienda aislamiento para las trampas termostáticas ni para las trampas de cubeta invertida, la trampa de flotador si debe ser aislada.



- ✓Las pérdidas en las trampas termodinámicas pueden ser reducidas por ajuste de una cubierta aislante en la parte superior del bonete.
- ✓Reemplazar los eyectores de vapor por bombas mecánicas de vacío.
- ✓Asegurar que los eyectores tengan el tamaño correcto de boquilla.
- ✓Operar el número mínimo de eyectores.
- ✓Asegurar que los eyectores tengan el suministro correcto de vapor y escape.
- ✓Minimizar el venteo en el sistema del aceite térmico.
- ✓Proveer nuevos trazados de calor como son los eléctricos, no de vapor.
- ✓Programar un proyecto para la realización de una inspección tecnológica con la finalidad de ubicar puntos de pliegue (PINCH).

- ✓ Instalar compresores a chorro de vapor para lograr que el vapor de baja presión sea útil.



- ✓ Instalar tanques flash de condensados para recuperar vapor de baja presión.

- ✓ Utilizar turbinas en lugar de válvulas reductoras de presión



(PRVs) para reducir la presión del vapor.

- ✓ Establecer un programa de mantenimiento y reparación de fugas de vapor.
- ✓ Asegurar que la válvula con derivación de flujo alrededor de las PRVs no tenga fuga.
- ✓ Mantener todo el vapor, el aceite térmico, y las líneas de condensado apropiadamente aisladas

Torres de Enfriamiento



Revisar y corregir

- ✓ Dar mantenimiento al equipo de la torre para operar a las condiciones de diseño.
- ✓ Estrangular el flujo de agua en la instalación para conseguir el diferencial de temperaturas (ΔT) de diseño.
- ✓ La pérdida máxima por evaporación para las torres de contraflujo y flujo cruzado tiene como máximo un 2% del flujo total del agua de recirculación

- ✓ En las torres de flujo cruzado arreglar las cajas de salpiqueo. En torres de concreto construir una caja de desborde cerrada alrededor de la caja de salpiqueo.



- ✓ Instalar álabes ajustables en el ventilador.
- ✓ Seleccionar la velocidad del ventilador a las condiciones ambientales.
- ✓ La separación de la punta del aspa del ventilador a la pared interior de la chimenea o venturi está en función del diámetro del ventilador, para ventiladores de 264" a 336" es de 1-3/8" +/- 3/8".
- ✓ Si los ventiladores se encuentran desbalanceados, hay que balancearlos.
- ✓ Al observar que el relleno está incompleto, roto o doblado, arreglar el sistema de distribución e instalar los perfiles o tabletas faltantes.
- ✓ Si observa una lluvia constante alrededor de la torre, los eliminadores están operando inadecuadamente o están en mal estado, arreglar o cambiar las piezas faltantes.
- ✓ Las boquillas tapadas o con la roseta rota se deberán limpiar o reponer las boquillas faltantes.



- ✓ Si el reductor de velocidad se encuentra en mal estado, enviarlo para su servicio o para su revisión y mantenimiento.
- ✓ Revisar que las válvulas de control de flujo se encuentren completas, que estén habilitadas y que reduzcan o aumenten el flujo según se desee.
- ✓ Corregir la vibración trepidatoria en las flechas de transmisión y/o en caso de notar anomalías realinear todo el acoplamiento.
- ✓ De los motores eléctricos normalmente las plantas se encargan de su mantenimiento sin problemas.
- ✓ Reparar las paredes laterales y persianas en mal estado de

las torres de asbesto-cemento, si no se encuentran muchas dañadas se pueden instalar nuevamente de este material cuidando que las ondas de las láminas sean similares a la original.



- ✓ Operar las torres con el número mínimo de bombas.
- ✓ Mantener ciclos correctos de concentración

Calentadores a Fuego Directo



Revisar, reparar y corregir

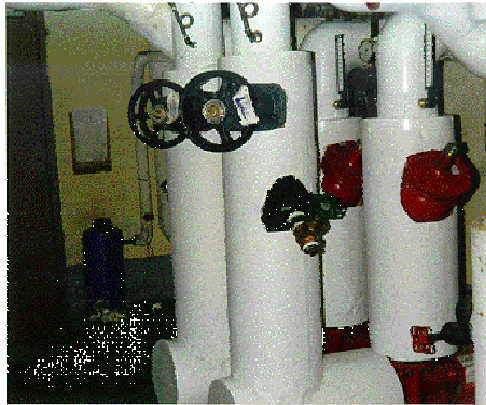
- ✓ Temperatura de la chimenea por arriba de la temperatura de diseño, ajustar el exceso de oxígeno, ajustar el tiro del calentador, limpiar la zona de convección, soplar el hollín de los tubos.



- ✓ La unidad se apaga debido al sobrecalentamiento de la zona de convección provocando la caída del refractario del techo, que el acero estructural se deforme y abra y los tubos de la zona de convección se empiecen a caer. Abra el regulador de tiro de la chimenea para incrementar ligeramente el tiro de una presión positiva a una presión negativa de 0.05" c.a., si el regulador de tiro está abierto, disminuya la liberación de calor hasta eliminar la presión positiva en la zona de convección.
- ✓ Altos niveles de NOx en la chimenea, revisar la posición de los registros de aire secundario y terciario, revisar los niveles de oxígeno y de NOx, checar que el registro de aire terciario se encuentra abierto, revisar que exista flujo de gas a las boquillas primarias de gas y a las boquillas de gas por etapas, consultar con el fabricante del quemador.
- ✓ Si se tiene escurrimiento de aceite del quemador y formación de charcos de aceite por debajo del quemador, limpiar el cañón de aceite, reemplazar la boquilla de aceite si sus puertos se encuentran corroídos y ajustar la temperatura de aceite hasta alcanzar una viscosidad de 200 ssu o menor en el quemador, la boquilla de aceite en la garganta del quemador a su posición correcta y la presión diferencial de vapor.
- ✓ Si el operador no puede encender el quemador reponer los pilotos para poder encender (ignitar) el quemador, asegurarse que exista flujo de gas o aceite al quemador, cerrar los registros de aire, ajustar la boquilla de gas o aceite a su posición correcta.
- ✓ Alta presión de gas registrada en la línea de alimentación que inevitablemente se libera calor teniendo patrones de flama irregular, puntos calientes, falla al tratar de conseguir la correcta temperatura de salida del producto, limpiar los orificios de gas en el quemador, limpiar las boquillas de gas, ajustar el tiro a nivel del quemador para una adecuada liberación de calor.

Sistemas de Refrigeración

- ✓ Permitir que la presión del condensador disminuya cuando se reduzca la temperatura del agua de enfriamiento.
- ✓ Controlar la presión del condensador para reducir la potencia.
- ✓ Variar con la presión del condensador el punto de ajuste del control de la derivación del gas caliente.
- ✓ Conservar limpios los condensadores



- ✓ Monitorear el consumo de energía por tonelada de producto para detectar rendimientos energéticos bajos de las máquinas.
- ✓ Incrementar la diferencia de temperatura del agua refrigerada (ΔT) a valores de diseño o mayores.
- ✓ Evitar que el líquido refrigerante se fugue hacia el compresor
- ✓ Almacenar cantidades adecuadas del refrigerante
- ✓ Operar el evaporador de refrigeración a la temperatura práctica más alta (presión)
- ✓ Minimizar o eliminar las fugas de aire a las máquinas de refrigeración
- ✓ Operar el número mínimo de máquinas de refrigeración
- ✓ Instalar un sistema de control de optimización de la refrigeración
- ✓ Optimizar la concentración del sistema de salmuera
- ✓ Instalar almacenamiento térmico para cambiar la carga eléctrica fuera de la hora pico
- ✓ Usar refrigeración por absorción
- ✓ Cambiar las cargas del agua refrigerada por agua de enfriamiento cuando sea posible
- ✓ Preenfriar con agua de enfriamiento antes de aplicar agua refrigerada.

Aire Comprimido

- ✓ Enfriar entre las etapas del compresor.
- ✓ Monitorear la temperatura y presión de cada etapa para detectar problemas.



Revisar e implementar

- ✓ Censar las cargas de los compresores centrífugos y llevar las oscilaciones a compresores recíprocos.
- ✓ Optimizar la distribución de carga entre los compresores.
- ✓ Usar un compresor "booster" para cargas pequeñas con alta presión.
- ✓ Utilizar álabes guía de entrada (IGV) para controlar el flujo de aire a la salida del compresor centrífugo.
- ✓ El consumo de energía en kW/100 SCFM (ft³/min estándar) debe ser <19 @ 100 psi y <24 @ 160 psi.
- ✓ Mantener limpios los filtros de la toma de aire.
- ✓ Enfriar la toma de aire donde sea posible.
- ✓ Controlar las válvulas antirretorno mediante el flujo en vez de considerar la presión.
- ✓ Mantener las válvulas antirretorno cerradas.
- ✓ Reducir la presión del sistema a la mínima necesaria.
- ✓ Usar un soplador de aire en lugar de aire comprimido.
- ✓ No utilizar aire comprimido para limpiar o agitar.
- ✓ Suprimir el aire comprimido al equipo fuera de operación.

- ✓ Monitorear el uso del aire comprimido para detectar cambios anormales
- ✓ Eliminar los reguladores de presión que purguen aire.
- ✓ Eliminar las fugas en las trampas de aire.
- ✓ Reparar las fugas de aire.
- ✓ Reemplazar los secadores de aire sin recuperación de calor por los que recuperan calor.

Ventiladores



Revisar y ajustar lo siguiente

- ✓ Utilizar impulsores de velocidad variable.
- ✓ Reducir la velocidad cambiando la polea para minimizar la estrangulación en el regulador de tiro.
- ✓ Controlar el flujo de salida de aire en el ventilador empleando álabes guías de entrada para reducir las pérdidas por estrangulación.
- ✓ Dimensionar el conducto de aire para obtener las mínimas pérdidas de presión estática.
- ✓ Minimizar las fugas del conducto de aire.
- ✓ Inspección periódica de todos los componentes del sistema.
- ✓ Lubricar los cojinetes de acuerdo a las instrucciones del fabricante y reemplazarlos si es necesario.
- ✓ Para cojinetes lubricados con aceite, supervisar la calidad del aceite y si es necesario, reemplazar el aceite.
- ✓ Para cojinetes lubricados con grasa, checar la calidad de la grasa y si es necesario, reponer los cojinetes.
- ✓ Supervisar que los cojinetes estén protegidos adecuadamente de la contaminación.



- ✓ Reparar el motor o sustituirlo



- ✓ Limpiar el ventilador. Limpiar regularmente los ventiladores que operen en corrientes de aire de humedad elevada.
- ✓ Ajustar los cinturones del ventilador para minimizar las pérdidas de energía teniendo cuidado de no sobretensar los cinturones.
- ✓ En arreglos múltiples de cinturones, cuando un cinturón se degrade y se tenga que sustituir, todos los cinturones deben ser reemplazados al mismo tiempo

Bombas

En ambientes de operación agresivos, la erosión y la corrosión pueden reducir el espesor de los álabes, debilitándolos y creando un desequilibrio en el impulsor. El impulsor debe ser reemplazado o se debe instalar un ventilador nuevo.



Revisar y reparar

- ✓ Reducir la presión del sistema a las necesidades mínimas de los usuarios.
- ✓ Sustituir el flujo por gravedad donde sea posible



- ✓ Usar una bomba de aumento de presión durante periodos cortos en donde se necesite una presión elevada.



- ✓ Conectar intercambiadores de calor en serie para reducir el flujo de agua de enfriamiento.
- ✓ Operar el número mínimo de bombas para la carga.
- ✓ Instalar pequeños impulsores para evitar pérdidas por estrangulación.
- ✓ Dar mantenimiento a las bombas para producir la presión de descarga de diseño.
- ✓ Usar un impulsor de frecuencia variable para controlar la presión de descarga.

- ✓ Revise si existen fugas y ajústelas de acuerdo a las instrucciones del fabricante de la bomba. Instale empaques o, si es necesario, sustituya todos los empaques.



- ✓ Las fugas sobrepasan las especificaciones del fabricante, reemplace el sello mecánico.



- ✓ Lubrique los cojinetes de acuerdo a las instrucciones del fabricante de la bomba, sustitúyalos si es necesario.
- ✓ Determine si la alineación motor/bomba se encuentra dentro de los límites de servicio de la bomba.

**Calefacción,
Ventilación y aire
acondicionado
(HVAC)**

Para el cuidado de la energía en la operación del presente equipo se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

**Cuidar y revisar
lo siguiente**

- ✓ Detener la operación de ventiladores innecesarios.
- ✓ Tener una "banda muerta" entre los puntos de ajuste del calentamiento y el enfriamiento.
- ✓ Emplear economizadores para utilizar el aire exterior cuando sea posible.



- ✓ Utilizar el aire de escape para calentar o enfriar otras áreas.
- ✓ Equilibrar los flujos de aire para satisfacer las cargas actuales.
- ✓ Asegurar que el flujo del aire de escape se iguale o se equilibre con el suministro del aire acondicionado.
- ✓ Asegurar que el conducto del aire no tenga obstrucciones.
- ✓ Asegurar que los difusores terminales y los conductos de aire estén limpios.
- ✓ Mantener limpios los serpentines.



- ✓ Mantener limpios los filtros de aire.
- ✓ Mantener limpios los ventiladores.
- ✓ Controlar el flujo empleando los lavadores de aire donde sea posible la operación adiabática.
- ✓ Reparar o reemplazar las boquillas lavadoras del aire que no atomicen apropiadamente.
- ✓ Disminuir los impulsores de las bombas lavadoras de aire cuando estén sobrediseñados o instalar impulsores más pequeños.
- ✓ Asegurar que las válvulas de control de los serpentines cuando no se utilicen se encuentren completamente apagadas.
- ✓ Asegurar que las trampas de vapor de los serpentines calentadores funcionen.

- ✓ Asegurar que los reguladores de tiro en el serpentín o en los sistemas lavadores de aire estén cerrados completamente.
- ✓ Maximizar la temperatura del aire de suministro durante la temporada de frío y minimizarla durante la temporada de calor de acuerdo con las necesidades del personal y del producto.
- ✓ Minimizar el control de humedad de acuerdo con las necesidades del personal y del producto.
- ✓ Minimizar o eliminar la calefacción y el enfriamiento en áreas desocupadas.
- ✓ Instalar termostatos en paredes interiores.
- ✓ Calibrar y eliminar controles con bajo o sin funcionamiento.
- ✓ Instalar controles directos digitales (DDC) para reemplazar los controles neumáticos.
- ✓ Instalar sistemas de administración de HVAC.



- ✓ Utilizar economizadores en la torre de enfriamiento en invierno para reemplazar el agua refrigerada donde sea posible.
- ✓ Reducir el punto de ajuste del precalentador.
- ✓ Instalar aislamiento apropiado en los sistemas de agua refrigerada.
- ✓ Usar circuitos primarios-secundarios y sistemas de agua refrigerada de flujo variable donde sea posible.
- ✓ Reemplazar los cinturones gastados o flojos de los ventiladores.



- ✓ Instalar recuperadores de calor donde sea posible.
- ✓ Instalar o cambiar a sistemas de distribución de aire de volumen variable.
- ✓ Realizar una inspección infrarroja para localizar pérdidas de calor.

Envolvente en Edificios



Cuidar y revisar lo siguiente

- ✓ Instalar burletes para crear un sello hermético entre las partes móviles de las puertas y ventanas para minimizar la infiltración de aire. Existe una variedad de materiales de burletes para puertas como: vinilo, esponja, fieltro, metal en forma de V y tiras de polipropileno.
- ✓ Instalar sellos en las puertas colgantes en áreas con un alto uso.
- ✓ Usar ventiladores de techos para eliminar la estratificación del aire en áreas con un techo alto.
- ✓ Instalar un aislamiento adecuado del edificio.



- ✓ Instalar sistemas de rociado en el techo de los edificios para el enfriamiento por evaporación.



- ✓ Para reducir el costo de aire acondicionado proporcione sombra o protección del sol a las ventanas o puertas de cristal que dan al este o al oeste, posiblemente esté permitiendo que entre el calor. Puede emplear jardinería ornamental, toldos u oscurecimiento de las ventanas.



- ✓ Donde sea apropiado vuelva a techar con materiales blancos puesto que reflejan el calor del sol.
- ✓ Ventilar el ático.
- ✓ Instalar un aislamiento adecuado en las paredes.
- ✓ Aislar las paredes de división entre los espacios acondicionados y sin acondicionar.
- ✓ Mantener las puertas del garaje y almacén cerradas.
- ✓ Usar puertas que cierren solas.



- ✓ Utilizar el calafateo para sellar los espacios entre las partes de las puertas y ventanas que no se mueven (alrededor de los marcos) y otras pequeñas aberturas para ayudar a reducir la cantidad de aire que entra o sale. Tipos comunes de calafateo: a base de aceite, acrílico-látex, butilo, polivinilo y silicón.
- ✓ Reemplazar ventanas rotas.
- ✓ Instalar vestíbulos para prevenir la infiltración excesiva de aire.
- ✓ Encerrar los materiales abandonados

**Recomendaciones
generales para el
ahorro de energía en
Motores Eléctricos**

- ✓ Comprar motores nuevos de alta eficiencia en lugar de rebobinar los motores descompuestos.
- ✓ Al rebobinar un motor usar un procedimiento aprobado.
- ✓ Instalar motores de alta eficiencia para nuevas aplicaciones.
- ✓ Cambiar a motores más pequeños en impulsores cargados ligeramente.



- ✓ Revisar la aplicación para cada motor en operación
 - Emplear impulsores de frecuencia variable si varía ampliamente el flujo/carga.
 - Elegir correctamente la potencia del motor. El rendimiento máximo se obtiene cuando éste opera entre el 75% y el 95% de su potencia nominal y cae bruscamente para cargas reducidas o cuando trabaja sobrecargado. Adicionalmente los motores de inducción a cargas bajas o en vacío tienen un factor de potencia muy bajo.
 - Seleccionar el motor de acuerdo con su ciclo de trabajo. Operar un motor para servicio continuo, en

accionamientos de operación intermitente, con frecuentes arranques y paros, ocasiona una depreciación de sus características de operación y eficiencia. Además de que se puede dañar el aislamiento de los devanados por la elevación de la temperatura

- Seleccionar el armazón del motor, de acuerdo con el ambiente en que va a estar trabajando. Los motores abiertos son más sencillos y por lo tanto menos costosos, además de operar con mayor factor de potencia. Sin embargo, en condiciones adversas del medio, los motores cerrados serán los indicados.
- Seleccionar correctamente la velocidad del motor. Si la carga lo permite prefiera motores de alta velocidad, son más eficientes y si se trata de motores de corriente alterna, trabajan con un mejor factor de potencia.
- Utilizar motores de inducción trifásicos en lugar de monofásicos. En motores de potencia equivalente, su eficiencia es de 3 a 5% mayor y su factor de potencia mejora notablemente.
- Utilizar motores síncronos en lugar de motores de inducción. Cuando se requieran motores de gran potencia y baja velocidad la elección de un motor síncrono debe ser considerada. Compare en costo con uno de inducción de características similares, su eficiencia es de 1 al 3% mayor, su velocidad es constante y contribuye a mejorar el factor de potencia de la instalación.
- Sustituir los motores antiguos o de uso intenso. Los costos de operación y mantenimiento de motores viejos o de motores que por su uso han depreciado sus características de operación, pueden justificar su sustitución por motores normalizados y de alta eficiencia.
- Efectuar correctamente la instalación eléctrica y el montaje de los motores y su carga. Las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas en su capítulo referente a motores, y las recomendaciones de los fabricantes son consulta obligada para asegurar el funcionamiento adecuado de los equipos.
- Realizar en forma correcta la conexión a tierra de los motores. Una conexión defectuosa o la ausencia de ésta,

puede poner en peligro la vida de los operarios si se presenta una falla a tierra. Además de ocasionar corrientes de fuga que no son liberadas por el equipo de protección con un dispendio de energía.

- Evitar concentrar motores en locales reducidos o en lugares que puedan dificultar su ventilación. Un sobrecalentamiento del motor se traduce en una disminución de su eficiencia.
- Corregir la caída de tensión en los alimentadores. Una tensión reducida en las terminales del motor, acarrea entre otros, un incremento de la corriente, sobrecalentamiento y disminución de su eficiencia. Las normas permiten una caída máxima del 3% (o del 5% en la combinación de alimentador y circuito derivado) pero es recomendable que no rebase el 1%.
- Balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio entre fases no debe excederse en ningún caso del 5%, pero mientras menor sea el desbalance, los motores operan con mayor eficiencia.
- Compensar la energía reactiva demandada por los motores de corriente alterna más importantes o con mayor número de horas de funcionamiento, mejorando el factor de potencia de la instalación, con lo que se reducen las pérdidas de la potencia y de la tensión en los conductores.
- Procurar que los motores síncronos funcionen con un factor de potencia cercano a la unidad, para mejorar el factor de potencia de la instalación.
- Evitar hasta donde sea posible el arranque y la operación simultánea de motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad, para disminuir el valor máximo de la demanda.
- Utilizar arrancadores a tensión reducida, en aquellos

motores que realicen un número elevado de arranques. Con ésto se evita un calentamiento excesivo en los conductores y se logra disminuir las pérdidas durante la aceleración.

- Utilizar arrancadores estrella-delta o de devanado partido, como alternativa de los arrancadores a tensión reducida cuando la carga impulsada no requiera de alto par de arranque. Son más económicos y eficientes en términos de energía, pero tienen el inconveniente de que el par de arranque se reduce notoriamente.
- Sustituir en los motores de rotor devanado, los reguladores con resistencias para el control de la velocidad, por reguladores electrónicos más eficientes. En las resistencias se llega a consumir hasta un 20% de la potencia que el motor toma de la red.
- Instalar arrancadores electrónicos en lugar de los reóstatos convencionales para el arranque de los motores de corriente directa. Permiten una mayor eficiencia en el arranque con el consiguiente ahorro de energía.
- Sustituir motores con engranes, poleas, bandas u otro tipo de transmisión, para reducir la velocidad del motor, por motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos
- Instalar motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos, en aquellos accionamientos, en donde la carga sea variable y se pueda controlar ajustando la velocidad. Por ejemplo en sistemas de bombeo o compresión que deben suministrar caudales variables y que para hacerlo utilicen válvulas u otros dispositivos de control. La eficiencia total del motor y su carga se eleva notablemente con ahorros importantes de energía.
- Evaluar la posibilidad de conectar la ventilación solamente durante las bajas velocidades, en aquellos motores de velocidad ajustable y ventilación separada provista por equipos auxiliares. Con ésto se puede reducir el consumo

de energía en el sistema de ventilación.

- Preferir el acoplamiento individual, en accionamientos con un grupo de, motores, así se consigue mejor que cada motor trabaje lo más cerca posible de su máxima carga.
- Acoplar directamente el motor a la carga siempre que el accionamiento lo permita. Con lo que se evitan pérdidas en el mecanismo de transmisión.
- Instalar acoplamientos flexibles en aquellos motores sometidos a un número elevado de arranques súbitos. Se pueden atenuar los efectos de una alineación defectuosa, reducir los esfuerzos de torsión en la flecha del motor y disminuir las pérdidas por fricción.
- Instalar equipos de control de la temperatura del aceite de lubricación de cojinetes de motores de gran capacidad a fin de minimizar las pérdidas por fricción y elevar la eficiencia.
- Mantener en buen estado y correctamente ajustados los equipos de protección contra sobrecalentamientos o sobrecargas en los motores. Los protegen de daños mayores y evitan que operen con baja eficiencia.
- Revisar periódicamente las conexiones del motor, junto con las de su arrancador y demás accesorios. Conexiones flojas o mal realizadas con frecuencia originan un mal funcionamiento del motor y ocasionan pérdidas por disipación de calor.
- Mantener en buen estado los portaescobillas, escobillas, conmutadores y anillos colectores en motores de corriente directa, síncronos y de rotor devanado. Un asentamiento incorrecto de las escobillas sobre el conmutador en los anillos colectores, provoca sobrecalentamientos y pérdidas de energía.
- Mantener bien ajustado y en óptimas condiciones el interruptor de arranque de los motores monofásicos de

fase partida. El mal funcionamiento de este accesorio que se emplea para desconectar el devanado de arranque (y el condensador en los motores de arranque por condensador) provoca un sobrecalentamiento en los conductores con una pérdida de energía y en caso extremo la falla del motor.

- Mantener en óptimas condiciones los sistemas de ventilación y enfriamiento de los motores, para evitar sobrecalentamientos que puedan aumentar las pérdidas en los conductores del motor y dañar los aislamientos.
- Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo ocasionar daños mayores en el motor y en la carga.
- Reparar o cambiar los ejes del motor y de la transmisión, si se han doblado por sobrecarga o por mal uso. Un eje en mal estado incrementa las pérdidas por fricción y puede ocasionar daños severos sobre todo en los cojinetes del motor.
- Mantener en buen estado los medios de transmisión entre el motor y la carga, tales como: poleas, engranes, bandas y cadenas. Si estos no se encuentran en condiciones apropiadas o su instalación es incorrecta, pueden ocasionar daños importantes, además de representar una carga inútil para el motor.
- Mantener en óptimas condiciones los cojinetes del motor. Una cantidad considerable de energía se pierde en cojinetes en mal estado o si su lubricación es inadecuada (insuficiente o excesiva). Repárelos o sustitúyalos si tienen algún desperfecto y siga las instrucciones del fabricante para lograr una correcta lubricación.
- Realizar la inspección periódica del motor, incluyendo lecturas de corriente, potencia (kW), velocidad (rpm),



resistencia de aislamiento, etc., con objeto de verificar si se mantienen en condiciones apropiadas de funcionamiento y eficiencia, y poder tomar acciones correctivas, cuando se requieran.

- Efectuar rutinariamente la limpieza del motor, con el propósito de eliminar la suciedad, el polvo y objetos extraños, que impidan su óptimo funcionamiento. La regularidad con que ésta se realice dependerá de las condiciones en las que el motor trabaje, pero es recomendable desmontarlo al menos una vez al año para realizar la limpieza completa de todos sus componentes.
- Mantener actualizados los manuales de operación de los motores, incorporando en éstos las modificaciones que tengan lugar.
- Colocar carteles con instrucciones concretas para los operarios, con la finalidad de que los motores operen con la mayor seguridad y eficiencia




Cargas Eléctricas

- ✓ Suministrar trazado eléctrico en vez de trazado de vapor.
- ✓ Proveer controles en el trazado eléctrico.
- ✓ Mantener el trazado térmico en los termostatos y controles.
- ✓ No proveer trazado térmico para protección de congelamiento en líneas de 6" o mayores.
- ✓ Mantener fresco el equipo eléctrico.
- ✓ Utilizar la luz del día cuando sea posible.
- ✓ Apagar el sistema de iluminación y las computadoras cuando no se utilicen.



- ✓ Emplear  fotoceldas,  temporizadores, o sensores de movimiento para operar los sistemas de iluminación.
- ✓ Remover las lámparas donde la iluminación es mayor de lo que

se requiere.

- ✓ Reemplazar  lámparas incandescentes por  lámparas fluorescentes, de vapor de sodio, o de  haluros metálicos.

- ✓ Sustituir las lámparas incandescentes de las alarmas de incendio y regaderas de seguridad por lámparas fluorescentes compactas.
- ✓ Reemplazar balastos y lámparas fluorescentes por balastos electrónicos de alta eficiencia y lámparas T8.
- ✓ Solicitar una inspección del sistema de iluminación.
- ✓ Limpiar las luminarias para mejorar la eficiencia y los niveles de iluminación


Distribución de Energía Eléctrica



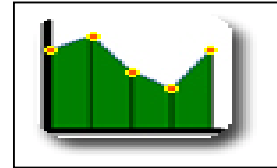
Recomendaciones para tomarse en cuenta

- ✓ Realizar el suministro de energía eléctrica bajo un mismo contrato.
- ✓ Tomar ventaja de los incentivos para la administración de la demanda.
- ✓ Solicitar un Contrato por falla de electricidad.
- ✓ Tener un plan de reducción de carga para evitar nuevos picos eléctricos.
- ✓ Tomar ventaja de los incentivos para compartir la demanda pico de electricidad.

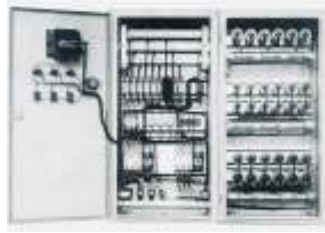


- ✓ Utilizar  generadores de diesel para reducir los picos de demanda.
- ✓ Incrementar la carga en el generador de la turbina para reducir los picos de demanda.

- ✓ Transferir carga de los motores a las turbinas para reducir picos.
- ✓ Evitar fijar picos por equipo cíclico innecesario.
- ✓ Operar equipo secundario y procesos tipo batch fuera de las horas pico.
- ✓ Retrasar la operación de los motores hasta que pueda ser evitado un nuevo pico.
- ✓ Iniciar rápidamente la operación de los motores grandes para evitar un nuevo pico.



- ✓ Instalar un sistema para el monitoreo de la electricidad que permita administrar la carga.
- ✓ Analizar la tendencia de las cargas de la planta para evitar incrementar equipo de distribución innecesario.
- ✓ Analizar el consumo de la electricidad para identificar oportunidades de reducción energética.
- ✓ Instalar bancos de capacitores para incrementar el factor de potencia.
- ✓ Instalar sistemas solares fotovoltaicos para cargas pequeñas esporádicas.
- ✓ Para nuevos transformadores eléctricos especificar que sean de alta eficiencia
- ✓ Reutilizar el agua en donde sea posible.
- ✓ Usar agua sin tratamiento en lugar de agua filtrada.
- ✓ Controlar el flujo de agua en los enfriadores y condensadores con un flujo óptimo.
- ✓ Mantener toda la instrumentación calibrada.
- ✓ Medir y registrar todos los consumos energéticos y analizar el comportamiento y las tendencias.
- ✓ Operar la cantidad mínima de equipo para satisfacer las cargas del sistema.
- ✓ Usar sistemas de control digital (DCS) y de optimización de energía para controlar los procesos eficientemente.



Recomendaciones Generales

- ✓ Usar todos los energéticos a la temperatura y presión más económica.



- ✓ Optimizar los sistemas de tuberías para obtener un costo mínimo del ciclo de vida.
- ✓ Bloquear todos los equipos sin utilizar que consumen energía.
- ✓ Aislar tanques de calentamiento.
- ✓ Usar calentadores de succión en lugar de tanques de calentamiento.
- ✓ Reparar las fugas de agua caliente.
- ✓ Operar los calentadores de agua caliente a la temperatura mínima requerida.



- ✓ Mantener las superficies de los intercambiadores de calor limpias.
- ✓ Comprar solo equipo de alta eficiencia.
- ✓ Usar bombas de calor para suministrar agua caliente y refrigeración.
- ✓ Operar las máquinas de combustión interna (I/C) sólo cuando sea necesario.

Recomendaciones administrativas

Esta sección complementa las recomendaciones técnicas con las administrativas o de gerencia. Es muy probable describirlas de manera sumamente clara, directa y aplicable a la empresa, La discusión incluirá la definición de responsabilidad de las personas involucradas en la realización del programa incluyendo la supervisión del programa, la implantación técnica, el seguimiento y monitoreo.

Como última recomendación administrativa, el informe de la fase 1, deberá definir si es conveniente proceder al dictaminar los potenciales

aplicando las fases II y III.

VI- Evaluación de equipos y proyectos para modernización de instalaciones (Segunda Fase)

Evaluación de equipo de proceso y modernización de las instalaciones

Modernización de Instalaciones: una vez implantado las Mejores Practicas en la operación de la instalación y al mismo tiempo eliminar las fugas energéticas, como siguiente fase se busca mejorar la eficiencia de los equipos y sistemas que así lo permitan (por ejemplo: quemadores, luminarias, motores, etc.), ésto se realizará con una mediana inversión.

Algunas de las principales actividades a desarrollar se exponen a continuación, con la observación de que se genera un análisis de las más importantes y no se cubre todo el espectro de equipo en operación de las instalaciones industriales, pero se trató de cubrir el espectro más amplio.

Las actividades secuenciadas son:

Recopilar datos en sitio

Deben reunirse datos de todo aquello relacionado con el uso de la energía de la planta, incluyendo en forma indicativa, pero no limitativa, lo siguiente:

- ◆ Consumos mensuales correspondientes a los últimos 12 meses de operación, de los diferentes energéticos utilizados en la planta.
- ◆ Producción de la planta durante los períodos correspondientes; propiedades y consumo de materias primas.
- ◆ Horarios típicos de operación de la planta
- ◆ Identificación de los principales equipos consumidores de energía
- ◆ Características físicas de la planta, su estado general, así como el estado y edad de los equipos más importantes.
- ◆ Planes para el futuro, como por ejemplo: cambios de procesos o incrementos en la capacidad productiva, problemas que estuviera enfrentando la planta.
- ◆ Características y capacidades de los equipos consumidores de energía en la planta, incluyendo sistemas de vapor y electricidad, y líneas de producción, tanto de diseño como de operación actual.
- ◆ Estructura administrativa de la planta, criterios para la toma de decisiones (por ejemplo, período de amortización máximo, tasa interna de retorno mínima, siendo de suma importancia para presentar un plan de acción realista a la administración).

Mediciones

La toma de mediciones durante el trabajo tiene tres objetivos:

- ◆ Complementar los datos recopilados de la planta, para que se tenga un mejor respaldo técnico en áreas donde la información

- de la planta no esté disponible.
- ◆ Comprobar la operación de equipo importante en la planta, logrando una mejor base para las estimaciones de ahorros potenciales y proporcionando una idea objetiva de la eficiencia de la planta.
 - ◆ Apoyar a la elaboración del balance energético global de la planta

Las mediciones típicas que se llevan a cabo son:

- ◆ Eficiencias de combustión de calderas, hornos y otros equipos consumidores de combustibles: se miden por analizadores de gases químicos o automáticos computarizados.
- ◆ Temperaturas de pared y superficies de equipos y tuberías calientes o frías, se miden por termopar o pirómetros ópticos.
- ◆ Temperatura de gases de chimenea y líquidos de desperdicio, se miden por termopares.
- ◆ Estado de trampas de vapor, se miden normalmente por equipos de ultrasonido o infrarrojo.
- ◆ Factor de potencia, se mide el factor de potencia global de la planta y el de cada una de las subestaciones secundarias.
- ◆ Cargas eléctricas grandes, se mide el voltaje, el amperaje, la potencia y el factor de potencia, comprobando la carga promedio.

- **Diagnóstico energético**

Como se vio anteriormente, el diagnóstico energético en su etapa de primer nivel de la fase 1, tiene como resultado la determinación de cómo y en qué cantidad consume energéticos una empresa, la evaluación del comportamiento de equipos y sistemas y la determinación de potenciales de ahorro de energía. Se establecen las metas por alcanzar en el mejoramiento del consumo de energéticos por unidad de producción, enfocado principalmente hacia los sistemas auxiliares y de conversión primaria de energéticos.

A continuación en la etapa de la **Segunda y tercera Fase**, se analizan los sistemas propios de los procesos de la empresa, es decir las unidades productivas que los componen y se introducen los aspectos de calidad, mantenimiento y organización como elementos indirectos en el consumo de energía.

El Diagnóstico Energético es la herramienta básica para minimizar los costos y aumentar la productividad, calidad y el control del efecto sobre el medio ambiente de cualquier empresa, en las nuevas condiciones que se están creando a nivel nacional e internacional.

No es la única herramienta, sino que debe estar acompañada de todas las actividades relacionadas con la administración, organización, seguimiento y evaluación permanente de los resultados obtenidos y de toma de medidas correctivas, las cuales permitirán lograr la continuidad de acciones recomendadas, analizado y expuesto en la fase 1.

Asimismo, dichas fases aportan los elementos suficientes para definir la

importancia de la participación de los costos de la energía dentro del ciclo productivo es, conocer cuáles son las posibilidades y beneficios económicos reales que puede aportar el ahorro de energía dentro de las instalaciones industriales. Al respecto, la filosofía que tratará de establecer el manual estará enfocada a dos aspectos:

- El ahorro de energía es pivote de la productividad, calidad y efecto sobre el medio ambiente.
- La inversión realizada se paga con el ahorro obtenido.

Aun cuando es recomendable que los lectores tengan conocimientos básicos de las leyes de la Termodinámica, de sistemas eléctricos y del diseño de los equipos consumidores de energía que conforman los procesos industriales de su interés, el presente manual puede ser de gran provecho para personas de formación administrativa, involucradas en el aprovechamiento de la energía en operaciones industriales.

- **¿Qué beneficios me representa?**

En la práctica, se ha visto que al implementar éstos se obtienen beneficios directos en la reducción de costo por factura energética, que generalmente representa entre 10 al 20% del monto.

Evaluaciones energéticas y diagramas de distribución de energía (Diagramas de Sankey).

El Diagrama de Sankey ⁽²⁾ típicamente representa un diagrama o esquema de flujo, solo que en lugar de representar volúmenes másicos se representan flujos de energía, y siempre dichos flujos representados por medio de flechas son proporcionales a la cantidad o porcentaje que circularía por ellas, proporcionando una visión amplia de la distribución, pérdidas por chimeneas y por descargas y finalmente el aprovechamiento máximo de un proceso, dichos esquemas presentan el real del comportamiento y de la utilidad de la energía consumida en una instalación, sistema o equipos.

En la figura No. 7 y 7 A, se ilustran algunas representaciones típicas de una instalación y de un sistema, lo que facilita el control energético en cada una de las diferentes operaciones unitarias, incluyendo el área de servicios. El esquema presenta la contribución de energía de cada corriente teniendo la flecha un tamaño proporcional al porcentaje de aportación. El total de la energía será el 100 % y que se irá desagregando el consumo por tipo de combustible, después por sistemas hasta obtener el consumo por equipos.

La representación gráfica del diagrama de distribución nos presenta de forma estructurada las siguientes variables:

- Tipos de combustibles
- Consumos
- Porcentajes de utilización
- Eficiencias
- Pérdidas

Los elementos para la construcción del diagrama son:

- **Censo de equipo**

Es el conjunto de datos de cada una de las unidades de procesamiento, el registro deberá de proporcionarse de acuerdo a las condiciones de diseño y operación actual.

- **Medición**

Conjunto de valores obtenidos de la operación real de un proceso, mismos que deberán ser monitoreados a lo largo del periodo de referencia y para las diferentes estaciones del año

Los factores que se deben considerar para realizar las mediciones son:

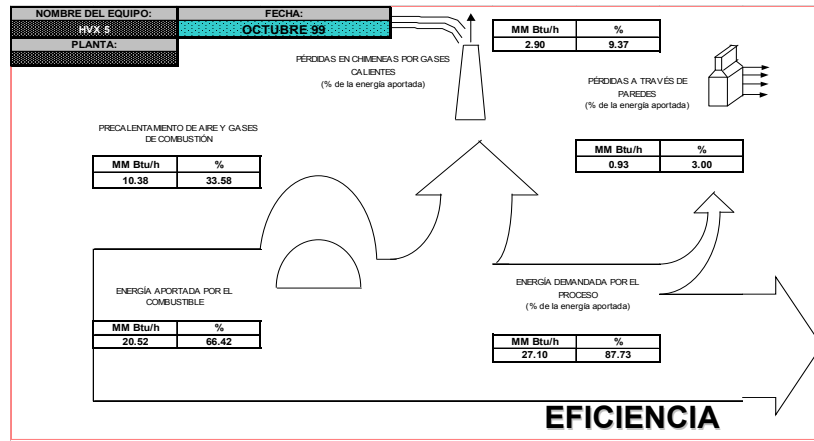
- Determinación de variables que representen la mejor condición
- Determinación del intervalo de la variable a diferentes condiciones
- Establecer si la información del instrumento va a ser indicada o registrado
- Establecer la exactitud, precisión y sensibilidad
- Elegir la velocidad de respuesta
- Determinar si en el lugar elegido para colocar el elemento sensible se pueden presentar problemas

El siguiente paso en la evaluación descrita es la elaboración de los diagramas de balance energéticos. Los balances permiten identificar hasta cierto punto los datos recopilados y ayuda a definir con certeza la distribución de la energía comparada con la energía que se introduce al sistema y las posibles pérdidas de la misma. En este tipo de diagramas también se pueden desprender los indicadores de desempeño energético, ya que se conocerá con bastante precisión la cantidad de energía útil que fue aprovechada por el proceso.

En las figuras No. 8 y 9, que a continuación se muestran, se esquematizan algunos ejemplos típicos de dichos diagramas, los cuales representan: la distribución térmica de una instalación, la energía eléctrica y el global.

CONTINUACIÓN

CONDICIONES DE OPERACIÓN ACTUAL CAL. HVX 5



87.73%

Figura 8.- Esquema de Sankey del comportamiento energético de un calentador a fuego directo industrial.

DIAGRAMA DE SANKEY GLOBAL

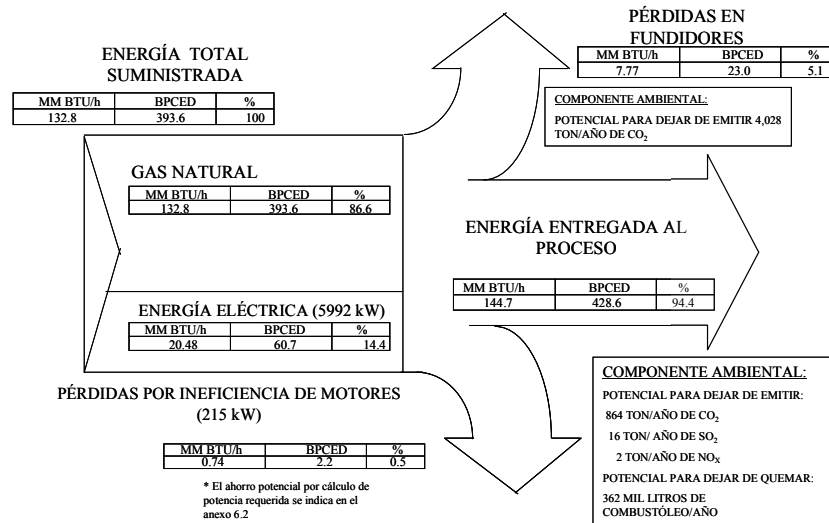


Figura 9.- Esquema de Sankey del comportamiento energético de un sistema o instalación completa.

• Realización de balances de energía

Por cada "unidad de análisis" u "operación básica" es necesario hacer un balance de materia y energía que permita conocer pérdidas, rendimiento, consumos específicos, etc. de modo que comparando con los valores nominales de proceso, se puedan determinar las posibles

mejoras a efectuar con objeto de disminuir las pérdidas y aumentar el rendimiento energético.

Del conjunto de balances de toda la planta se podrá efectuar un diagrama de distribución energética.

Al analizar el balance energético se han de tener en cuenta también los aportes de energía mecánica (electricidad, vapor, aire comprimido) a dicha unidad o instalación.

Electricidad:

- Potencia total instalada (kW)
- Consumo medio horario (kWh/h)
- Número de motores: Menores de 5 kW. De 5 a 25 kW. Mayores de 25 kW

En esta sección a diferencia de la fase 1, se dará en primer lugar una visión general de los diferentes tipos de pérdidas y posteriormente se presentará un ejemplo concreto sobre el valor relativo de éstas. Los valores del ejemplo deben tomarse como indicativos, puesto que un mismo rendimiento máximo puede conseguirse desglosando las pérdidas totales de diversas formas. Esto permite al diseñador o el proyectista elegir una curva rendimiento-carga en la que el máximo rendimiento se produzca en la zona de carga donde el motor va a trabajar más tiempo, y que normalmente estará comprendida entre $\frac{3}{4}$ y la carga nominal.

Las pérdidas de energía propias en los motores eléctricos, es decir, la diferencia existente entre la energía eléctrica tomada de la red y la energía mecánica obtenida en el eje del motor, se dividen en dos grupos: las pérdidas fundamentales y las pérdidas adicionales.

Las pérdidas resultantes de la aplicación del motor corresponden a la suma de las pérdidas propias del motor más las debidas al acoplamiento de la máquina conducida y a las condiciones de explotación de la máquina (pérdidas mecánicas en los órganos de los equipos de transmisión, energía consumida en frenados y aceleraciones de la máquina arrastrada, etcétera)

Calentadores a fuego directo y hornos

Uno de los equipos principales en instalaciones industriales de procesamiento y transformación de petroquímicos líquidos y gaseosos, son los calentadores a fuego directo, equipos que tienen como función principal suministrar la energía térmica requerida por los procesos, entre otros:

- ◆ Fraccionar los cortes de hidrocarburos en destilación atmosférica y de vacío.
- ◆ Vaporizar la alimentación en reactores.
- ◆ Proporcionar los requerimientos térmicos en columnas de fraccionamiento.
- ◆ Calentar algún fluido térmico.

La función fundamental de un calentador, es suministrar una cantidad específica de calor a niveles elevados de temperatura al fluido que va a ser calentado, es por eso que consumen grandes cantidades de energía en forma de combustible.

Premisas a tener en cuenta para el trabajo de los hornos

El calor liberado de la combustión que se realiza dentro de una cámara aislada, se transfiere a elevadas temperaturas a un fluido que se encuentra en el interior de un serpentín de tubos que comúnmente se colocan a lo largo de las paredes y techo de la cámara de combustión.

Como concepto general, la eficiencia térmica es definida como la razón entre el calor absorbido por la corriente de proceso y el calor liberado por el combustible.

En los calentadores a fuego directo se presentan pérdidas de energía, por diversas causas, y por ello es de vital importancia detectar puntos de optimización energética que coadyuven a la eficientización de la operación del calentador así como el consumo de energía (combustible), apoyándose para ello en un análisis energético, el cual, generalmente, derivará en recomendaciones que implicarán un ahorro energético y económico, además de disminuir la contaminación ambiental.

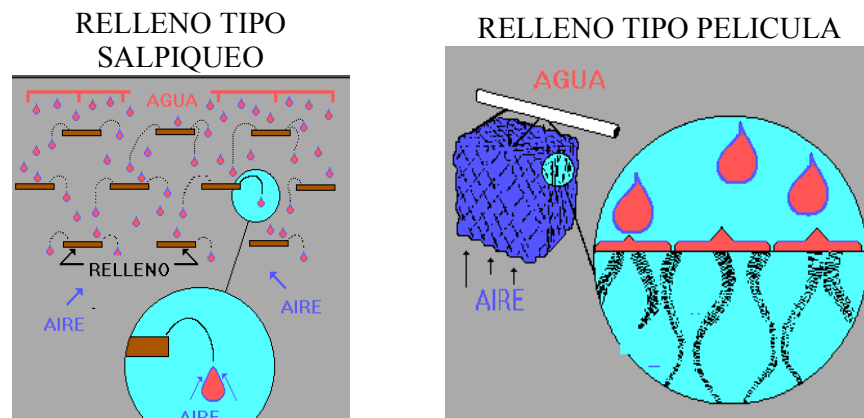
- Buena hermeticidad para evitar entradas de aire, que disminuirían la temperatura de la flama. Un aumento del 10 % sobre el aire estequiométrico, producirá una disminución del rendimiento cercano al 6 %
- El empleo de materiales altamente refractarios, permite temperaturas altas en las llamas y mejoras en la eficiencia térmica
- Debe trabajarse a plena capacidad nominal. Un horno que trabaje al 50 % de su capacidad nominal, tiene un consumo específico superior en un 25 %
- No operar nunca a temperatura más alta de las necesarias, teniendo en cuenta la carta tecnológica de trabajo
- En el horno de refinería que quema Fuel Oil o gas con un 10 % de exceso de aire, el precalentamiento del aire hasta 240 °C permite mejorar el rendimiento en un 9%.
- Por cada kg de carbono en el combustible que se transforme a CO, en vez de CO₂, se pierden 5,650 kcal/kg
- Evitar una excesiva humedad en los productos a tratar, secándolos antes de su introducción al horno mediante gases residuales
- Siempre que sea posible el trabajo del horno debe ser continuo
- Trabajar con temperaturas de la llama tan próxima como sea posible a la teórica prevista
- Utilizar analizadores de gases para verificar la eficiencia de la combustión
- Utilizar aislantes óptimos para evitar temperaturas de pared excesivas y por tanto pérdidas por radiación, recuerde que la temperatura exterior de las paredes no debe exceder los 60 °C.

✓ **Sistemas de enfriamiento con agua**

Las máquinas y los procesos industriales, así como aquellos dedicados al confort humano, generan enormes cantidades de calor que deben ser continuamente disipadas si se quiere que esas máquinas y procesos operen eficientemente. Aunque los intercambiadores finales son los ríos, arroyos, lagos e inclusive los océanos, el proceso natural de evaporación los hace muy efectivos aunque sin control, debido a la superficie a veces fija, a veces variable, que los contiene y a su total dependencia de los vientos dominantes.

Las torres de enfriamiento regulan el proceso de enfriamiento mediante la evaporación controlada, reduciendo así la cantidad de agua consumida. Esto se logra cuando a la gota que se pone en contacto con el aire, se le evapora la película exterior, requiriendo para este proceso de absorber calor, el cual se toma de la propia gota, enfriándola consecuentemente. Es decir, el enfriamiento se realiza tanto por calor sensible (cambio de temperatura) como por calor latente (cambio de estado físico).

El objetivo que se persigue en la torre es que la gota este el mayor tiempo posible en contacto con el aire, lo cuál se logra con la altura de la misma y además interponiendo obstáculos (el relleno), que la van deteniendo y al mismo tiempo la van fragmentando facilitando más el proceso evaporativo. En los nuevos sistemas los obstáculos en lugar de romper la gota, hacen que se forme una película muy delgada en donde se lleva a cabo el mismo proceso como se ilustra a continuación



En términos generales podemos decir que la capacidad de enfriamiento de una torre es una combinación de todas las variables involucradas en el diseño y selección de la misma y nos indica la cantidad de agua que enfría en condiciones de operación comparada con las condiciones de diseño, esto es entonces, el equivalente de la eficiencia térmica.

✓ **Sistema de generación, distribución y usos del vapor**

La mayor parte de la información disponible para las torres de enfriamiento es de selección, no de diseño y el cliente no puede nunca determinar "a priori" si una torre está bien o mal diseñada y si a ésto se le agrega que en mayor o menor grado las torres siempre enfrían,

entendemos el porque la dificultad para evaluar estos equipos.

Los propósitos del diagnóstico energético en generadores de vapor se reducen a:

- Evaluar las condiciones actuales de operación del sistema.
- Establecer potenciales de ahorro de energía para el generador de vapor en función de sus características de diseño.
- Recomendar modificaciones: operacionales, técnicas y económicamente viables que permitan mejorar la eficiencia en la generación de vapor.

Para alcanzar tales objetivos, se deberán desarrollar las actividades secuenciales que a continuación se describen:

Es importante que la realización de cada una de estas etapas sea en forma sucesiva, es decir, no se podrá iniciar la siguiente etapa si no se ha terminado con la anterior.

Evaluación de la eficiencia actual del generador de vapor, a las condiciones de operación, siguiendo las recomendaciones del código ASME (The American Society of Mechanical Engineers. Steam Generating Units, Power Test Codes 4.1). Para ello se requiere del levantamiento de información de las variables mencionadas en el punto anterior.

• **Determinación de la eficiencia**

Este punto consiste en el cálculo de la eficiencia del generador de vapor a partir de los datos obtenidos de campo.

El procedimiento secuencial de esta etapa se describe en la sección de determinación de la eficiencia actual del generador, conforme a los dos métodos reconocidos por el Código ASME, los cuales son:

- **Método de pérdidas (Método indirecto).**
- **Método de entradas y salidas (Método directo).**

• **Dictamen energético**

A partir de los datos recopilados en las etapas anteriores (eficiencia de la caldera), se darán las recomendaciones y sugerencias operacionales, para eficientar energéticamente el equipo. La descripción de esta etapa se encuentra en la sección de dictamen energético.

• **Recomendaciones operacionales**

A partir del levantamiento de información y del cálculo de la eficiencia de la caldera se darán las recomendaciones operacionales.

Guía para el análisis y evaluación de calderas y redes de distribución de vapor

La evaluación sistemática desde el punto de vista energético de los

procesos de generación y distribución de vapor, constituye un paso importante en el logro de altas eficiencias. En el análisis de estos procesos, el balance de calor es la información fundamental para apreciar correctamente los puntos de ineficiencias y actuar en consecuencia.

En todos los casos, divida la cantidad de condensado perdido entre la cantidad de vapor producido en el período de análisis. Las diferentes etapas del análisis son:

➤ **Calor sensible en gases de salida (Q_2):**

Esta pérdida debe expresarla en kcal/h, para ello multiplique Q_2 por el consumo de combustible de la caldera en kg/h.

Calor sensible del aire precalentado: Calcúlese sólo si existe o tiene que precalentador de aire con gases:

$$Q_{\text{aire}} = V_{\text{aire}} \times C_p \times \Delta t ; \text{ kcal/h}$$

Donde:

V_{aire} = Volumen de aire; m^3/h (tómelo de los datos del ventilador)

$C_{p_{\text{aire}}}$ = calor específico del aire: $\text{kcal}/\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$

Δt = (Temperatura salida del aire del precalentador - Temperatura de entrada) $^\circ\text{C}$.

Con ésto se calcularía el calor que se recupera de los gases por precalentamiento del aire.

El modelo le servirá para tomar los datos necesarios para emplear la metodología de cálculo que se explica a continuación, por la cual podrá obtener el rendimiento térmico de la caldera, así como el sobre consumo de fuel oil por bajo rendimiento.

Explicación de la metodología de cálculo

$$\text{Rendimiento (R)} = \frac{\text{Calor obtenido por la carga}}{\text{Calor del combustible (PCS)}} \times 100$$

Cálculo del calor absorbido por la carga (Q_A):

$$Q_A = L.A.C.M. \times C_p (t_s - t_e) \text{ kcal/h}$$

Donde:

Q_A = Calor absorbido por la carga del horno: kcal/h

L, A = Largo y ancho de la caldera: m

$$C = \frac{\text{Carga alimentada en kg/h}}{L \times A} \text{ kg}/\text{m}^2.\text{h}$$

M = Carga alimentada al horno: kg/h

C_p = Calor específico de la carga, que depende del fluido que sea y de

la temperatura que tenga la misma: kcal/kg.°C

t_s = Temperatura de salida de la carga: °C

t_e = Temperatura de entrada de la carga: °C

Cálculo del calor suministrado por el combustible (Q_s):

$$Q_s = (\text{P.C.I.}) P_e \times B \text{ kcal/h}$$

Donde:

P.C.I. = Poder calórico inferior: kcal/kg

P_e = Peso específico del fuel, puede tomar 0.95 kg/l

B = Consumo de combustible del horno: l/h

➤ **Pérdidas no medidas (PN):**

Se refieren a pérdidas de calor que pueden surgir por inquemados, por radiación y convección al medio ambiente, etc.

$$PN = Q_s - Q_A - Q_2 \text{ kcal/h (esto es el balance térmico)}$$

➤ **Pérdidas totales (PT):**

$$PT = PN + Q_2 \text{ kcal/h}$$

Así se puede calcular el rendimiento.

$$R = \frac{Q_A}{B \cdot P_e \cdot \text{PCS}} \times 100 = \%$$

✓ **Sistemas de distribución de agua**

Donde:

Q_A = Calor absorbido por la carga: kcal/h

B = Consumo de combustible: l/h

P_e = Peso específico de fuel oil: kg/l (tome 0.95)

PCS = Poder calórico superior: kcal/kg

Sobre consumo de combustible por bajo rendimiento:

$$\frac{\text{Rend. Nominal} - \text{Rend. Real}}{100} \times \text{Consumo Comb. en el período (t)}$$

Los procesos industriales, tienen grandes necesidades de remover calor ya sea que el proceso cuente con una corriente caliente; como es el caso de los condensadores que operan en las torres de destilación, los sistemas de enfriamiento de reactores en que se llevan a cabo reacciones exotérmicas o el caso de los condensadores que se manejan

en la generación de energía eléctrica.

El sistema de distribución de agua de enfriamiento es el encargado de llevar, este servicio a los equipos consumidores y de su funcionamiento óptimo depende la producción. Se pueden tener dos tipos de sistema el cerrado y el abierto. El sistema cerrado corresponde al que forma un ciclo, en que el agua parte de la torre de enfriamiento, da el servicio y retorna nuevamente a la torre. El sistema abierto corresponde a aquel en que el agua es tomada de una fuente natural como ríos, lagos, pozos o del mar, se da el servicio y posteriormente se reintegra a su lugar de origen.

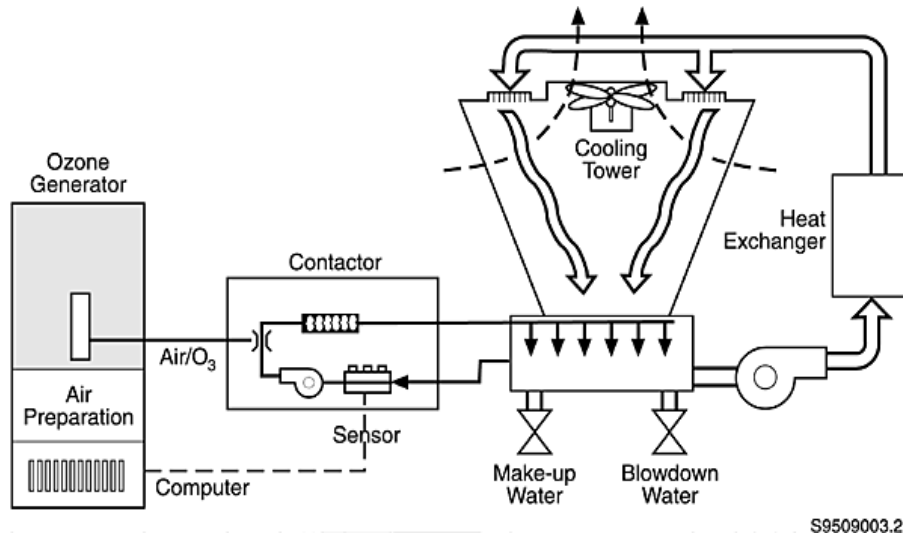


Figura 8.- Esquema general de un sistema de enfriamiento a una planta de proceso

✓ ¿Tipos de bombas?

Los sistemas de distribución de agua de enfriamiento están constituidos por bombas, así como una gran cantidad de tuberías y accesorios que permiten la distribución. Entre los accesorios más comunes podemos encontrar los siguientes; codos, te's, válvulas de globo, válvulas de compuerta, válvulas de retención, válvulas de mariposa, válvulas de bola, contracciones, expansiones, y algunos controles o indicadores.

Cuando la dirección del flujo se altera o distorsiona como ocurre con los accesorios, se producen pérdidas de fricción que no se recuperan. Esta energía se disipa en remolinos y turbulencias adicionales para finalmente perderse en forma de calor.

Las velocidades recomendadas para el uso de agua son las siguientes:

- **Servicios comunes de 3 - 8 ft/s**
- **Succión de bombas de 3 - 8 ft/s**
- **Máxima económica de 7 - 10 ft/s**
- **Agua de mar de 5 -8 ft/s**

Las bombas son utilizadas para impulsar el agua de enfriamiento a través de las tuberías y equipos, las más usadas son las que proporcionan energía por desplazamiento positivo o las que lo hacen por fuerza centrífuga. No importa cuál sea el servicio requerido para utilizar la bomba; en todos los casos se deben tomar en cuenta las diferentes formas de energía para favorecer su trabajo.

Los fabricantes de bombas proporcionan gráficas o curvas, en las que exponen las características de sus productos, las curvas incluidas en la mayoría de las gráficas son la de carga o cabeza, la de eficiencia, la de potencia al freno y la Carga Neta de Succión Positiva CNPS, que representa la columna positiva neta de succión todas contra el caudal o gasto.

En ciertos sistemas deben de instalarse bombas en serie o en paralelo con objeto de aumentar el caudal o la presión de descarga.

Al instalarse dos o más bombas en serie, la presión de descarga será igual a la suma de las presiones de descarga de cada una por separado o dicho de otra manera la cabeza total o carga es igual a la suma de las cabezas parciales; mientras que el caudal es el mismo para cada bomba, variando solamente en el caso en que estas manejen caudales distintos, dando como resultado el caudal menor manejado por cualquiera de ellas.

Sí se instalan bombas en paralelo, el flujo total será la suma de los flujos que esté manejando cada bomba, y la cabeza o columna total de la combinación de las bombas será igual a la cabeza de cada bomba para el flujo que maneja.