

INTRODUCCION

La auditoría energética es parte fundamental de cualquier programa de administración de energía, de cualquier empresa que desee controlar sus costos de energía. Este folleto describe las dos partes esenciales de una auditoría energética. La primera es un análisis de costos y usos de la energía, mientras que la segunda ayudará al lector a comprender mejor la manera como se emplea la energía y los combustibles en la fábrica o edificación. También le ayudará a identificar las áreas en donde ocurren desperdicios de energía y en donde es posible hacer mejoras.

Este folleto está dirigido a los directivos y ejecutivos de una organización, quienes deberían cerciorarse tanto de que su administrador de energía como la administración y las divisiones técnicas, implanten las medidas de ahorro y conservación de energía.

¿POR QUE ES NECESARIA UNA AUDITORIA ENERGETICA?

La energía es un rubro importante tanto para las empresas como para la nación. ¿Qué podría significar el ahorro de energía para su empresa? Podría significar aumento de utilidades, precios más competitivos de sus productos, mayor disponibilidad de recursos para mejorar la atención al público, etc. Una auditoría energética precisamente le permitirá identificar los despilfarros de energía y reducir sus costos.

¿Sabe Ud. como los precios de la energía han afectado sus costos? Las Figuras 1, 2, 3 y 4, muestran como han aumentado los costos en pesos de la energía en los últimos 4 años en pesos (exceptuando el gas natural) pero como en && US dólares se han mantenido bastante constantes (exceptuando el gas natural que ha disminuido). Pero, ¿puede Ud. seguir siendo complaciente con estos aumentos, en un mundo abierto, cada vez más competitivo? Una auditoría energética le ayudará a comprender mejor como se emplea la energía en su empresa y a controlar sus costos, identificando las áreas en las cuales se pueden estar presentando los despilfarros de energía y en donde es posible hacer mejoras. En las empresas es normal realizar auditorías financieras para propósitos de control de la administración, por ejemplo, control de fondos, flujo de caja y balances anuales. Con los actuales costos de la energía, es razonable considerar estos costos como un rubro separado y no incluirlos simplemente como sobrecostos.

Nota: Los precios de la energía eléctrica y de los combustibles han sido obtenidos del SIE (Sistema de Información Energética) del MME (Ministerio de Minas y Energía de Colombia). Es conveniente para su compañía conocer los precios locales.

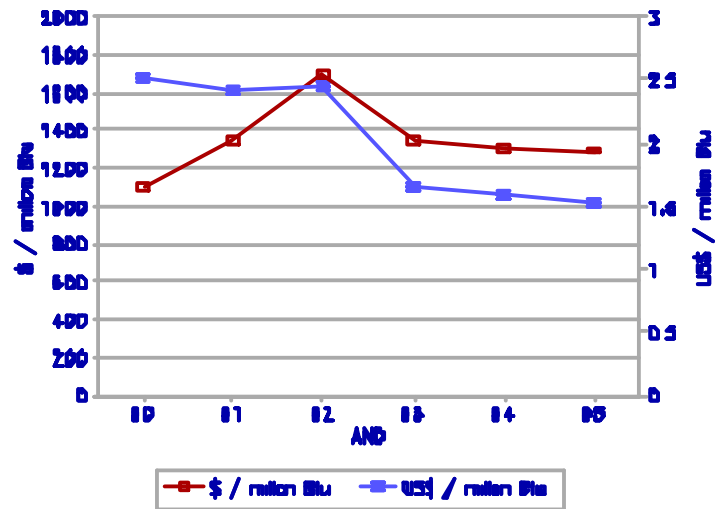


Fig.1. Precio del gas natural industrial por millón Btu en \$ corrientes y en dólares de USA.

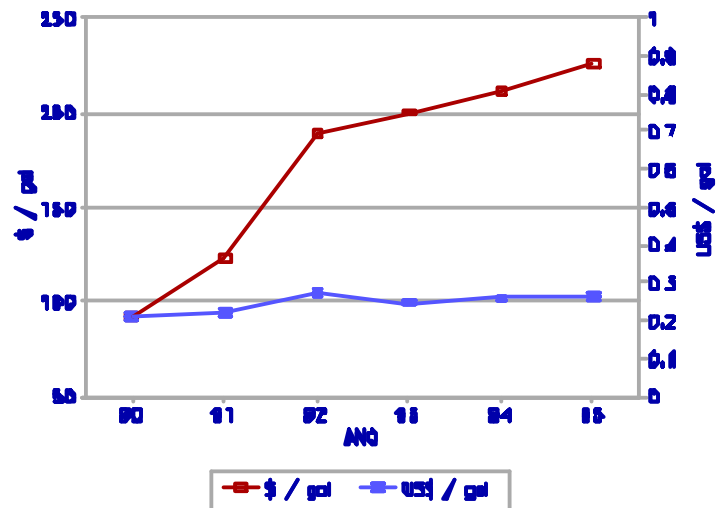
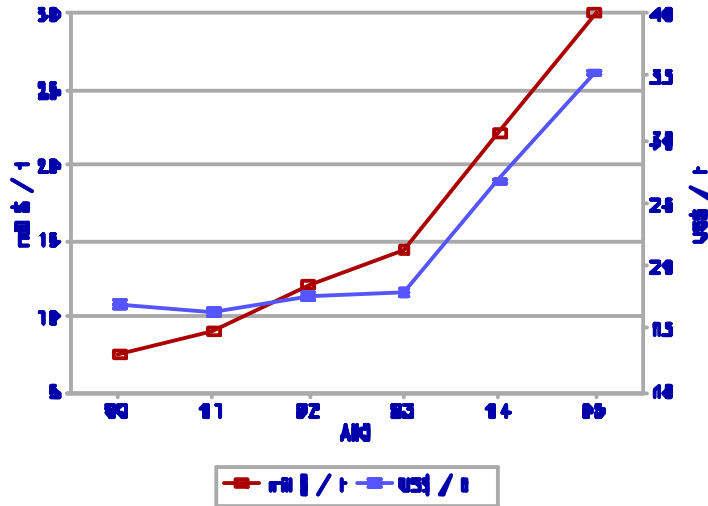


Fig.2. Precio del Crudo de Castilla por galón en \$ corrientes y en dólares de USA, puesto en planta en



Bogotá.

g.3. Precio del Carbón por tonelada en \$ corrientes y en dólares de USA, puesto en planta en Bogotá.

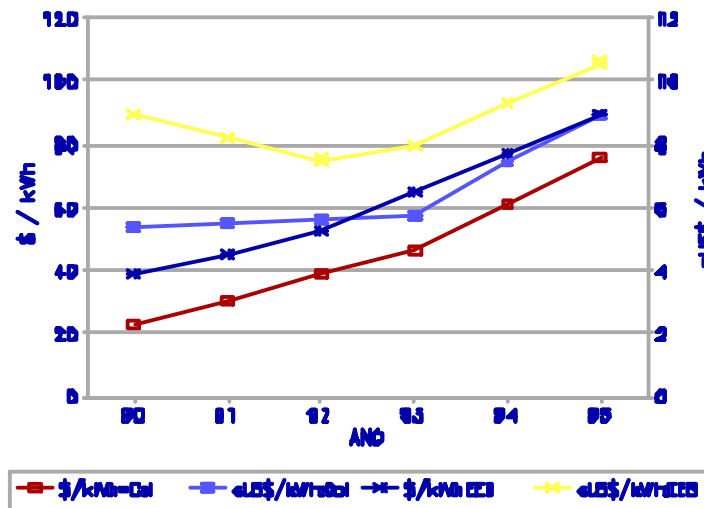


Fig.4. Precio de la energía eléctrica por kWh en \$ corrientes y en centavos de dólares de USA, para el sector industrial en Bogotá y en el país (promedio).

¿CÓMO COMENZAR UNA AUDITORIA ENERGETICA?

Primero que todo, trate de completar la Tabla 1 para determinar durante el último año financiero la cantidad y el costo de los combustibles, electricidad y otras formas de energía consumidas en su empresa.

Para ayudarle a completar esta tabla e ilustrarle como hacerlo, en la Tabla 2 se dan los consumos y costos de energía de una empresa imaginaria llamada "Compañía Manufacturera de Círculos Cuadrados". Para completar la penúltima columna se emplearon los factores de conversión dados en la Tabla 3.

Colombia ha adoptado el SI (Système International d'Unités o Sistema SI). En estos folletos se emplearán tanto unidades del SI como otras unidades prácticas. Cuando las cifras se dan en ambas unidades, la intención es que sean de la misma magnitud pero no son necesariamente conversiones exactas unas de otras.

Tabla 1. Cantidad de energía consumida y sus costos durante el último año financiero

Tipo de energía	Toneladas	Litros (gal)	MJ (Btu)	kWh	Precio/ Costo unidad	Base (\$)	Costo común por MJ (kWh)	MJ (kWh)
Comb sólidos								
Carbón								
Comb líquidos								
Crudo Castilla								
ACPM								
Fuel Oil #6								
Comb gaseosos								
Gas Natural								
Electricidad								
Otros								
Bagazo de caña								
Total								

Tabla 2. Cantidad y costo de la energía consumida por la "Compañía Manufacturera de Círculos Cuadrados" durante el último año financiero

Tipo de energía	Ton.	Gal. Btu	Millón kWh	\$/unidad	Costo (mil\$)	Costo común GJ	Base por MJ	Costo
Comb sólidos Carbón250			41000	10250	6804	1.51		
Comb líquidos Crudo Castilla	88771			270	23968	14079	1.70	
Comb gaseosos Gas Natural		176		1550	272	186	1.47	
Electricidad			360000	110	39600	1296	30.56	
Total					74090	22365		

Nota: Esta tabla muestra la cantidad y el costo de la energía utilizada. Se han redondeado cifras para no tener números con demasiados dígitos. Para determinar si ésta ha sido usada eficientemente o derrochadoramente, las cifras deben desagregarse y examinarse en detalle. Recuerde que esta tabla comparativa le indica el costo promedio de la energía que Ud. compró pero no le dice nada acerca de que tan eficientemente utilizó la energía que compró. Los precios de los combustibles son estimados para 1996 &.

Tabla 3. Factores de conversión de energía

Tipo de energía	Poder Calorífico Superior ¹ del combustible (VCS)	MJ/t, MJ/etc.	kWh/t, kWh/etc.
Carbón ²	6500 kcal/kg	27214 MJ/t	7559 kWh/t
Crudo de ³ Castilla	18500 Btu/lb	158.6 MJ/gal	44.05 kWh/gal
ACPM	19250 Btu/lb	144.7 MJ/gal	40.02 kWh/gal
Fuel Oil #6	18250 Btu/lb	162.6 MJ/gal	45.17 kWh/gal
Gas Natural	10 ⁶ Btu (millón Btu)	1055 MJ/millón Btu	293.06 kWh/millón Btu
Electricidad			

¹ El Poder Calorífico dado es el Valor o Poder Calorífico Superior (HHV: Higher Heating Value o también llamado en inglés Gross Calorific Value, Valor o Poder Calorífico Bruto, en contraposición al Valor Calorífico Inferior o también llamado en inglés LHV: Lower Heating Value o Net Calorific Value, Valor o Poder Calorífico Neto).

² Se ha considerado un carbón colombiano medio. El factor de conversión depende de la calidad del carbón, principalmente de su humedad y su contenido de cenizas. Es necesario consultar con el proveedor sobre las características del carbón que le está suministrando.

³ Las cifras están dadas para los combustibles más frecuentemente empleados. Su proveedor le suministrará información sobre los combustibles que Ud. emplea.

Se han dado valores en kWh/unidad porque algunas personas prefieren usar kWh para sus evaluaciones.

Otros factores de conversión de unidades se dan en el Apéndice 3.

EL PASO SIGUIENTE: ORGANIZAR UN PROGRAMA DE AUDITORIA ENERGETICA

Cuando se ha completado la Tabla 2, se conoce el costo y la cantidad de energía consumida durante el año anterior, entonces el paso siguiente es organizar un programa de auditoría energética. Este

debería adelantarse conjuntamente con el Administrador de Energía, el Departamento de Costos y otras partes interesadas, quienes deberían analizar el uso actual de la energía por actividad, examinar las diferentes maneras de reducir los desperdicios de energía, elaborar un presupuesto de energía y un estimado de costos para el año en curso y los años siguientes. Un aspecto importante de este ejercicio es fijarse objetivos para mejorar el uso de la energía, buscando una mayor eficiencia en su utilización pero permaneciendo siempre realistas. Este ejercicio debería comenzar completando el siguiente cuestionario de control interno.

Auditoría de Conservación de Energía

Cuestionario de control interno

Nombre de la compañía.....

Lugar.....

Personal entrevistado.....

A. Control de la energía

1 ¿Quién es responsable por la administración de la energía?

Nombre

Posición en la empresa

Informa a

Tiempo parcial o completo

Formación profesional, experiencia relacionada con energía

Personal

2 ¿Cómo se analiza y supervisa el consumo de energía?

Desde la dirección de la empresa o en el sitio de consumo

De manera continua o periódica

De acuerdo a un programa o irregularmente

3 ¿Si periódicamente, cuando fue la última vez?

4 ¿Cómo se analiza el consumo de energía:

Por departamentos;

por productos;

por fuentes de energía;

mensualmente o por número de días laborales (o turnos);

mensualmente (ver Apéndice 1);

por costos;

distribuido entre iluminación, agua caliente, fuerza motriz, refrigeración, etc.;

por oficinas, planta, almacenes, depósitos, bodegas, transporte (ver Tablas 4, 5, 6)?

5 ¿Identifica el análisis la relación entre el consumo de energía y el nivel de producción (de actividad)?

- 6 ¿Qué unidades se emplean?
(Es conveniente convertir el consumo de diferentes tipos de energía en una única unidad, también de dinero)
- 7 (a) ¿Cuáles son las condiciones en que se hacen las lecturas de los contadores?
(Esta pregunta también incluye: ¿Con qué frecuencia se leen los contadores, hay contadores internos, qué registros se llevan?).
(b) ¿Es adecuada la instalación de los contadores internos?
(c) ¿Debería implantarse un sistema de administración de energía?
(d) ¿Sería efectiva, desde el punto de vista de costos, la instalación de un sistema centralizado de adquisición de datos?
Carbón y otros combustibles sólidos
Vapor
Gas
Electricidad
Combustibles líquidos
Agua
Otros
- 8 ¿Existe un estimado de costos/presupuesto de energía?
- 9 ¿Se han establecido estándares, esto es, estándares de consumo de energía para cada proceso o para cada edificio o planta?
- 10 ¿Es comparable el consumo de energía con el de:
Períodos anteriores;
otros lugares;
otras compañías;
otras industrias?
(La comparación debe tener en cuenta las condiciones del clima y los días trabajados).
- 11 ¿Ha establecido la administración metas:
Para valores absolutos de consumo de energía;
para valores de consumo basados en la actividad;
para diferentes niveles de inactividad;
porcentajes de reducción de consumo?
- 12 (a) ¿Considera la administración la información sobre consumo de energía como parte esencial del sistema de información de la administración?
(b) Si no, ¿por qué no?
- 13 ¿Qué campañas de educación o propaganda dirigida a los empleados se han adelantado para promover la conservación de energía?

- 14 ¿Qué acciones se adelantan o se han adelantado para reciclar energía, por ejemplo, vendiendo subproductos o desechos con contenido energético intrínseco; recuperación de calor del aire, agua, productos calientes, etc.; utilización de residuos como combustible?
- 15 ¿Hasta qué punto el mantenimiento que se realiza es un mantenimiento planificado?
- 16 ¿Qué tan frecuentemente se inspeccionan o prueban las diferentes clases de equipos? (Por ejemplo, corrosión, fisuras, sedimentos, escapes, condición de funcionamiento de las trampas de vapor, dispositivos de control descalibrados o inoperantes).
- 17 ¿Quién controla el presupuesto de gastos?
- 18 (a) ¿Existe ya y/o se está considerando una lista de inversiones de ahorro de energía, clasificadas de acuerdo a un orden de prioridades, con cálculos detallados de costos y retorno de la inversión?
(b) Si no, ¿por qué no?
- 19 ¿Se ha hecho un diagrama Sankey?

B Fuentes de energía

- 1 ¿Qué fuentes de energía se emplean?
Combustibles líquidos
Carbón y otros combustibles sólidos
Gas
Electricidad
Otros
- 2 (a) ¿Qué tarifas se emplean?
(b) ¿Por qué?
(c) ¿Cuándo se revisaron por última vez?
(d) ¿Se pueden emplear tarifas durante períodos fuera de pico?
(e) ¿Puede Ud. suprimir o reducir la demanda máxima?
(f) ¿Puede Ud. mejorar los factores de potencia en donde es favorable económicamente hacerlo?

C. Usos de la energía

- 1 Edificaciones
- (a) ¿Durante qué períodos opera el aire acondicionado y la iluminación de los edificios:

Horas al día;
días al año?

(b) ¿El aire acondicionado se controla manualmente, mediante termostato o con temporizador?

(c) ¿Cuál es la temperatura de los recintos?

(d) ¿Puede aumentarse la temperatura?

(e) ¿Varía la temperatura de una parte del edificio a otra?

(f) ¿Es excesiva la ventilación (frecuentemente ésta es la mayor causa de ganancia de calor)?

(g) ¿Hay partes del edificio en donde se tiene innecesariamente aire acondicionado?

(h) ¿Se emplean sistemas de iluminación eficientes y controles apropiados?

2 Almacenamiento de combustibles

¿Es necesario calentar los tanques de almacenamiento? En caso afirmativo:

(a) ¿Cómo se hace?

(b) ¿Se mantienen a la temperatura más económica?

(c) ¿Están adecuadamente aislados?

3 ¿Cuáles son las áreas o secciones de la fábrica, de mayor consumo de energía?

4 ¿Hay riesgos/evidencia de uso no autorizado o pérdidas de combustibles o energía eléctrica (robo de energía y conexiones piratas)?

5 ¿Qué otras medidas se han considerado para optimizar los ahorros y las utilidades?

6 Procesos

(a) ¿Están adecuadamente aisladas las tuberías y los tanques?

(b) ¿Se recupera el condensado?

(c) ¿Se ha verificado la eficiencia de calderas y hornos?

- (d) ¿Se han ajustado las temperaturas de los procesos al nivel mínimo requerido?
- (e) ¿Se mantiene la purga de las calderas en el nivel óptimo?
- (f) ¿Está operando eficientemente la planta de refrigeración?
- (g) ¿Hay fugas de vapor, agua caliente o aire comprimido?

Este cuestionario de control interno hará resaltar los puntos débiles y los fuertes del programa de administración de energía. Un punto débil que se encontrará en muchas empresas es la falta de información estadística sobre el uso de la energía en sus diferentes actividades, departamentos o secciones. Las Tablas 4, 5 y 6 son un primer esquema para la recolección de información sobre el uso de la energía en varios sectores de la empresa, los cuales pueden ser auditados separadamente. Entre mayor sea el consumo de energía y su costo total, mayor deberá ser el detalle y la desagregación de la información. Trate de identificar áreas específicas de consumo, por ejemplo, oficinas, instalaciones de la empresa, talleres, procesos unitarios, plantas de refrigeración, transporte, etc. Utilice cifras mensuales pero corregidas de acuerdo al número de días efectivamente trabajados y teniendo en cuenta las variaciones de la cantidad de combustibles líquidos y sólidos almacenados (variaciones de los stocks de combustible).

Tabla 4. Consumo de energía en espacios interiores

Tipo de energía	Oficinas	Fábrica	Bodegas
Uso de la energía			
Iluminación (kWh)			
Agua caliente (kWh)			
Aire Acondicionado (kWh)			
Número de horas en uso/mes			
Aire Acondicionado MJ/m ² /mes (kWh/m ² /mes) (BTU/ft ² /mes)			

Tabla 5. Producción

Tipo de energía	Costo	Taller Costo consumo	Proceso A Costo consumo	Proceso B Costo consumo	Calderas consumo
-----------------	-------	----------------------------	-------------------------------	-------------------------------	---------------------

Uso de la energía
 Electricidad (kWh)
 Iluminación
 Maquinaria
 Aire comprimido
 Aire acondicionado

Gas MJ o kWh
 (MMBtu)
 Crudo Castilla
 gal o MJ

Combustibles sólidos
 incluyendo residuos
 (t)

Calor proceso y potencia
 Vapor
 kg o MJ
 (lb o kWh)

Electricidad (kWh)

Cantidad de producto

Energía total consumida¹
 (kWh o MJ)

Costo total energía (\$)

Energía consumida/unidad producto
 Costo energía/unidad producto

¹ La Tab.5 es una manera de descomponer el uso de la energía y debe adaptarse a las particularidades de la empresa. El aspecto principal es determinar el uso de la energía y analizar de manera desagregada como se usa.

Tabla 6. Transporte

Tipo de energía	Transporte interno	Despachos, etc.
Gasolina (gal)		
Diesel (gal)		
Lubricantes (gal)		
Otros		
Kilometraje de los vehículos		
Carga transportada (t)		
Diesel/gasolina		
Consumo ¹ (gal/(t km))		
Costo combustible (gal/(t km))		

¹ El consumo expresado en galones por tonelada kilometro de carga (gal/(t km)).
¿Se presentan blancos en las tablas 4 a 6? ¿Hay manera de hacer mediciones o estimados?

¿CUÁL ES EL PASO SIGUIENTE?

Después de haber recolectado información y analizado el uso de la energía y sus costos, el paso siguiente es examinar las diferentes maneras como se puede mejorar la auditoría e identificar las oportunidades de ahorro de energía.

La mejor manera de lograr estos objetivos es establecer un programa de auditoría, como el que se da a continuación. Este debe revisarse por lo menos una vez al año y formar parte de la revisión general del uso y costo de la energía.

Programa General de Auditoría

A Registro del consumo

- 1 Elabore un análisis detallado de la energía consumida durante el año anterior. Determine el costo anual y el costo unitario de cada combustible (Esta información será empleada para la auditoría y como información básica para efectos de comparación en los años siguientes).
- 2 Revise los registros de consumo y determine si la información adecuada se encuentra disponible para la administración.
- 3 Elabore un diagrama Sankey (Ver más adelante).
- 4 Compare el consumo con:
 - (a) Otros lugares
 - (b) Otros períodos
 - (c) Presupuesto.
- 5 Compare para cada proceso u operación el consumo estándar con el consumo actual e identifique pérdidas y mejoras.
- 6 Verifique las lecturas de contadores contra los registros.
- 7 Verifique los registros contra la facturación.

B Mantenimiento

- 1 Revise los informes del ingeniero de mantenimiento
- 2 Determine si él debería trabajar en base a un mantenimiento planificado y considere también si no, ¿por qué no?
- 3 Verifique que todos los mecanismos y equipos de control funcionen bien y que se prueben frecuentemente.
- 4 Considere qué otros instrumentos adicionales podrían ser útiles para medir y controlar parámetros particularmente importantes (por ejemplo, consumo de electricidad, temperatura, presión, humedad, rata de flujo).
- 5 Determine si el mantenimiento es adecuado (por ejemplo, la limpieza anual de calderas probablemente no sea suficiente para evitar la suciedad y la corrosión de los tubos, para medir y controlar la producción de monóxido de carbono de los quemadores).

- 6 Considere como podría mejorarse el mantenimiento:
- (a) Más personal técnico capacitado
 - (b) Cambios de diseño (por ejemplo instalación de tuberías para desviar flujos, filtros en la tubería, visores de vidrio, etc.).
- 7
- (a) Revise el almacenamiento de combustibles y su manejo
 - (b) Considere si las temperaturas de almacenamiento son adecuadas o excesivas, si es necesario el calentamiento de los tanques.

C Consumo de energía en confort ambiental

- 1 Revise el sistema de aire acondicionado y ventilación
- (a) Determine si hay espacios que permanecen desocupados con aire acondicionado.
 - (b) Verifique que el sistema tenga una rápida respuesta a los controles
 - (c) Verifique que los controles estén protegidos contra la manipulación por personas no autorizadas
 - (d) Verifique que la temperatura, el movimiento de aire y la ventilación sean apropiadas
 - (e) Verifique que las ventanas no se empleen como elemento de control de temperatura
 - (f) Verifique que los sistemas estén integrados (esto es, que no haya plantas de calentamiento y enfriamiento interfiriendo entre sí)
 - (g) Revise la instalación y considere la posibilidad de mejorar los controles.
- 2 Revise la iluminación
- (a) Considere si se está empleando la forma más eficiente de iluminación para cada uso.
 - (b) Controle si los niveles de iluminación no exceden los niveles requeridos
 - (c) ¿Se está utilizando apropiadamente la iluminación natural?

D. Electricidad

- 1 Revise las tarifas y contratos de suministro de energía (si es posible y conveniente, negocie con las empresas de energía las tarifas más convenientes).
- 2 Verifique que se hayan dado todos los pasos necesarios para minimizar la demanda pico de electricidad, esto es:
 - (a) Reprogramación de actividades para períodos fuera de pico
 - (b) Uso de plantas de emergencia tipo diesel o turbina de gas como alternativa a la compra de electricidad, empleando sistemas de generación que preferiblemente incluyan equipo de recuperación de calor de desecho de estas plantas.
 - (c) Haga un seguimiento preciso del consumo
 - (d) Use un medidor de demanda máxima.
- 3 Considere la posibilidad de usar tarifas nocturnas
- 4 Considere la posibilidad de emplear contadores internos y contadores portátiles, de tal manera que el consumo se pueda desagregar en unidades de consumo más controlables, esto es, centros de costos, haciendo de paso a algunos individuos responsables del consumo.

E. Personal

- 1 Considere si los trabajadores especializados están adecuadamente entrenados y motivados, por ejemplo:
 - Administrador de energía,
 - ingeniero de mantenimiento,
 - operadores de calderas y hornos e
 - ingeniero de instrumentación.
- 2 Revise la propaganda o educación sobre conservación de energía, esto es:
 - Afiches,
 - revistas de circulación interna,
 - circulares,
 - sugerencias de los empleados,
 - charlas técnicas y cursos cortos,
 - participación en grupos.

F. Inversiones de capital

- 1 Revise los proyectos de inversión en energía
 - (a) Verifique el flujo de caja, adecuándolo a sus condiciones específicas (ver ejemplo en el Apéndice 2),
 - (b) Revise argumentos en favor y en contra de las inversiones,
 - (c) Verifique que se tengan en cuenta correctamente los impuestos y subsidios, si los hubiera.

- 2 Reconsidere la renovación de los principales equipos consumidores de energía como hornos, calderas y equipos de proceso: (Nota: Las calderas y los hornos son de los equipos mayores consumidores de energía).
 - (a) Considere la posibilidad de reemplazarlos (los ahorros de energía pueden llegar a ser hasta el 50% del retorno del capital).
 - (b) Considere la posibilidad de modificarlos:
 - Pre calentando el aire,
 - instalando equipos de medición,
 - recuperando el calor de desecho,
 - mejorando el aislamiento,
 - reemplazando los quemadores (los quemadores modernos tienen la capacidad mejorada de trabajar a fuego bajo, lo cual es útil si hay fluctuaciones de carga/demanda),
 - instalando economizadores,
 - recuperando y retornando el condensado a las calderas,
 - mejorando los controles.
 - (c) Considere la capacidad en relación con la demanda
 - (d) Determine si el uso de agua de enfriamiento está limitado a un nivel económico
 - (e) Considere la posibilidad de transformar a carbón o gas las calderas y los procesos, con el fin de reducir los costos de energía.

En organizaciones de gran tamaño puede ser conveniente realizar auditorías energéticas separadas de procesos tales como fabricación, transporte o servicios en edificios, con el fin de complementar la información de las Tablas 4, 5 y 6.

Auditoria de la producción

- A
- 1 Desarrolle las secciones pertinentes del Programa General de Auditoría
 - 2 Analice el uso de la energía
 - 3 Observe que maquinaria, equipos o procesos consumen la mayor cantidad de energía
 - 4 Revise los procedimientos de lubricación de maquinaria y de procesos industriales importantes, por ejemplo, reducción en frío de metales. Demasiada lubricación es un despilfarro de aceite, poca puede aumentar las necesidades de fuerza motriz y dañar la maquinaria.
 - 5 Controle si la maquinaria está funcionando innecesariamente.
 - 6 Revise la calidad del producto para determinar si está de acuerdo a las necesidades del cliente o de los procesos. Podría estarse desperdiciando energía.
 - 7 Inspeccione las fugas y escapes de calor en la planta, hornos, etc., empleando en lo posible termografía infrarroja.
 - 8 Revise la programación de grandes consumos de energía con el fin de reducir cargas de demanda máxima.
- B Inversiones de capital
- 1 Analice las necesidades de potencia para bombeo y ventilación. Considere la posibilidad de emplear sistemas de dos velocidades o de velocidad variable. Para las bombas y ventiladores, controle su estado de desgaste y verifique que no se presenten obstrucciones para la circulación.
 - 2 Examine las posibilidades de Calor y Potencia Combinados (Combined Heat and Power). Si es conveniente, seleccione un sistema que se ajuste a sus necesidades de calor y potencia.
 - 3 Examine si existen posibilidades para recuperar calor de desecho y utilizar este calor recuperado.
 - 4 Considere otras posibilidades para reciclar energía.

Auditoría del transporte

- 1 Controle las rutas y la programación de los vehículos y en lo posible, asigne los vehículos de acuerdo con la carga y su capacidad de carga.
- 2 Controle que los vehículos reciban mantenimiento regularmente y que para cada vehículo se lleve registro de su actividad y mantenimiento.
- 3 Controle el uso privado y no autorizado de los vehículos.
- 4 Considere la posibilidad de emplear dispositivos limitadores de velocidad y controles automáticos para la refrigeración de los motores, y otros dispositivos para ahorrar energía.
- 5 En barcos, la fricción causa más del 60% de la resistencia total al movimiento y por lo tanto, el casco debe ser limpiado y pintado periódicamente.

PASOS SIGUIENTES EN UNA AUDITORIA ENERGETICA

1. Datos disponibles relacionados con el consumo de energía

Generalmente hay medidores para electricidad y gas (a veces es conveniente considerar además el consumo de agua). Como un primer paso, se deben hacer lecturas semanales o al menos mensuales de estos contadores. En cuanto a los combustibles sólidos, estos se facturan por peso y los líquidos, por volumen.

Teniendo en cuenta las variaciones de las cantidades de combustibles almacenados, determine los mayores consumidores de energía. Tome en cuenta todos los consumidores. Preferencialmente se deben hacer mediciones directas con medidores instalados para tal propósito. En una etapa inicial, elimine las pérdidas por fugas y robos, mejorando el mantenimiento y controlando la eficiencia del combustible consumido, y no solamente la del comprado.

La facturación computarizada y la incorporación de sistema de recolección de datos y análisis, constituyen en los sistemas modernos de gestión energética una manera simple de recolectar información sobre el uso de la energía y correlacionarla con los factores internos y externos, tales como los cambios en el nivel de producción o aun el clima, en lugares muy afectados por las variaciones de este.

2. Relación con factores internos y externos

Cuando se comparan los consumos de energía de un mes con los de otro, o de un año con otro, a veces es necesario tener en cuenta los factores estacionales. En países con estaciones, la calefacción por ejemplo será muy importante en el consumo de energía en los meses de invierno, mientras que el aire acondicionado y la necesidad de enfriamiento en los procesos puede ser muy importante en los meses de verano. Estos factores externos, en estos países, deben reconocerse y considerarse en el análisis del consumo de energía. También es preciso tener en cuenta otros fenómenos estacionales, como por ejemplo, el procesamiento de productos en los períodos de cosecha, en los cuales el consumo de energía y la productividad aumentan.

3. Presentación gráfica

Cuando se hayan recolectado suficientes datos, relacione gráficamente o mediante otro método, el consumo de energía y la productividad. Un ejemplo de tal relación se muestra en la Fig.5.

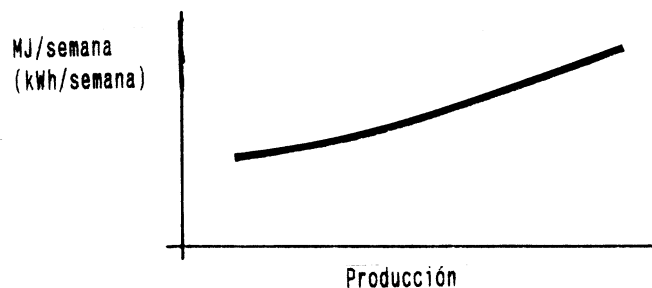


Fig.5. Consumo de combustible en función de la producción

Al hacer una gráfica de consumo de energía por unidad de producto en función de la producción, obtenida a partir de un gran número de lecturas o como resultado de ensayos, es posible seleccionar el "mejor conjunto de gráficas", las cuales pueden emplearse como metas de la empresa o para optimizar el proceso en cuanto al uso de energía.

También pueden hacerse para su empresa gráficas similares que relacionen por ejemplo, consumo de vapor, consumo de aire comprimido o consumo de energía eléctrica, con la productividad. Estas pueden refinarse hasta obtener el consumo específico de energía (energía por unidad de producto), tal como se muestra cualitativamente en la Fig.6.

Los ingenieros experimentados en el uso de la energía emplean el denominado Diagrama Sankey para ilustrar el uso y las pérdidas de energía. En la Fig.7 se muestra un diagrama Sankey para una empresa pequeña. Es muy conveniente que se trate de elaborar una diagrama similar para su

empresa o proceso. Comience primero con unidades de energía y luego observe como son estas cifras en dinero. Esto le dará una idea de en donde comenzar a ahorrar energía. Este diagrama muestra las pérdidas de energía entre la energía comprada y su uso final en procesos y servicios (todas las unidades son kWh, equivalente a 3412 BTU o 3.6 MJ).

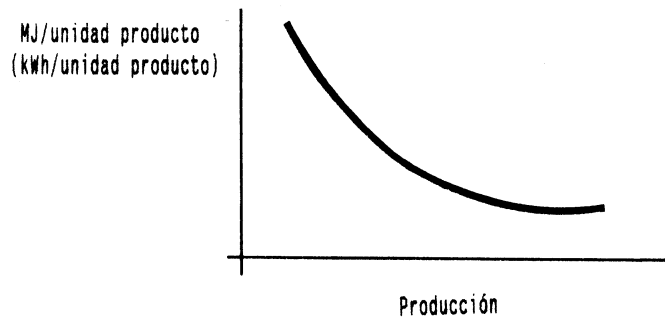


Fig.6. Consumo específico de combustible por unidad de producto en función de la producción

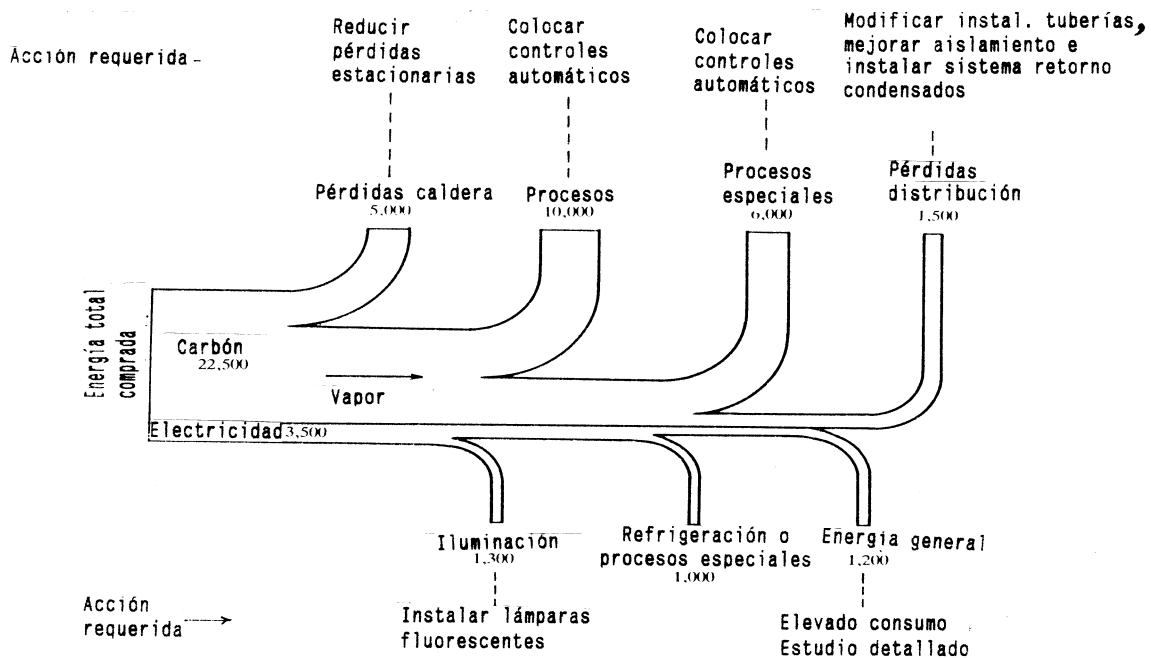


Fig.7. Diagrama Sankey para una fábrica pequeña

4. Compare con el pasado y considere los años futuros

La auditoría energética es un control útil sobre el deterioro de la planta, a medida que envejece. El consumo de energía puede aumentar, disminuyendo la eficiencia. El análisis sobre el uso de combustibles y costos de energía es entonces una guía indicativa para determinar cuando hacer renovaciones o reparaciones. También, la auditoría energética le ayudará a establecer metas de consumo de energía en su compañía.

5. Incluya la energía en el Informe Anual de la Compañía

La mayoría de los grandes consumidores de energía se refieren a ella en sus Informes Anuales. Informe a sus accionistas acerca de sus esfuerzos para mantener los costos bajos, evitando el despilfarro de energía.

RECUERDE QUE LOS AHORROS EN LOS COSTOS DE LA ENERGIA SE REFLEJAN INMEDIATAMENTE COMO AUMENTO DE LAS UTILIDADES.

Lectura adicional

Dryden, I.G.C., The Efficient use of Energy, International Printing Corporation Science and Technology Press , 1975

Goodal, P.M., *The Efficient use of Steam*, IPC Science and Technology Press, 1980

Trotman, G., *NIFES Fuel Economy Handbook*, Dudley Publishers Ltd, 1974

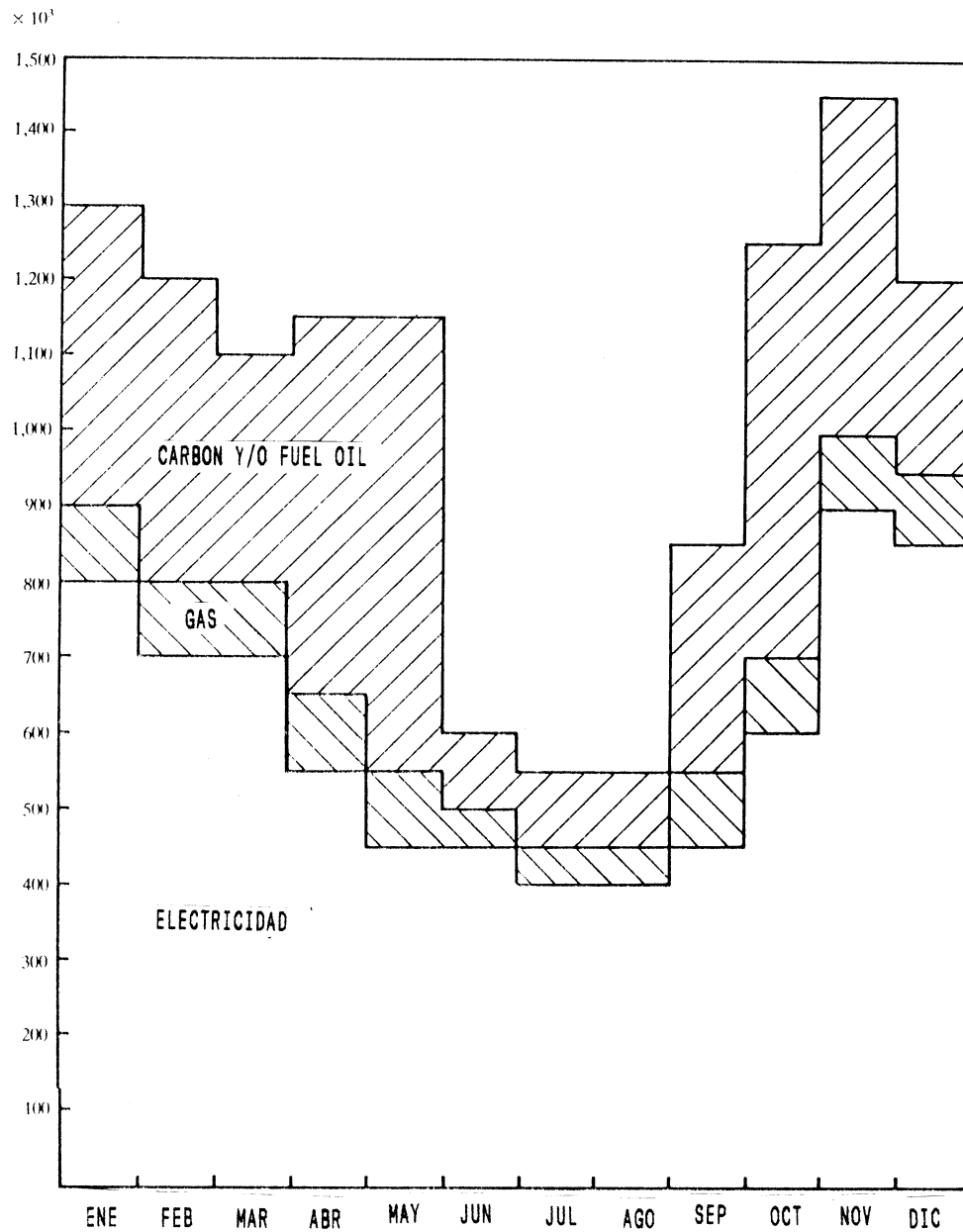
Sena, Serie Eficiencia Energética, Servicio Nacional de Aprendizaje, 1996

Energy Manager's Handbook, Energy Publications (Cambridge) 1982

Apéndice 1. Análisis sugeridos

(a) Perfil de carga (todas las unidades son kWh, 3412 Btu o 3.6 MJ)

(Este tipo de diagrama permite la comparación de los consumos mensuales de energía y la identificación de anomalías en el consumo)



Apéndice 2. Flujo de caja sobre inversiones de capital

PROYECTO:

Nuevo quemador para caldera que aumentar la eficiencia
 Tiempo operación: 6000 h/año, ahorro combustible 10%

Inversión equipo	\$2.500.000
Menos auxilios/subsidios	No Aplicable

Desembolso neto	\$2.500.000

(A) FLUJO DE FONDOS - COMPRA EQUIPO

	RUBRO	Tasa	1	2	3
A	Viene		\$0	(\$770.000)	\$802.500
B	Adquisición equipo		(\$2.500.000)		
C	Ahorro combustible Crudo C		\$1.800.000	\$1.800.000	\$1.800.000
D	Depreciación anual (tasa*B)	10 %		\$250.000	\$225.000
E	Balance		(\$700.000)	\$1.280.000	\$2.827.500
F	Interés (tasa * E)	10%	(\$70.000)	\$128.000	\$282.750
G	Impuestos de C+F (un año atrasado)	35%		(\$605.500)	(\$674.800)
H	Movimiento neto (C+D+F+B+G)		(\$770.000)	\$1.572.500	\$1.632.950
I	Pasa (A+H)		(\$770.000)	\$802.500	\$2.435.450

Conclusión : Los costos se recuperan antes de dos años

(B) FLUJO DE FONDOS - LEASING DEL EQUIPO

RUBRO	Tasa	1	2	3
A Viene		\$0	\$462.000	\$960.300
B Pago de leasing (Tasa * costo)	55%	(\$1.380.000)	(\$1.380.000)	(\$1.380.000)
C Ahorro combustible Crudo C.		\$1.800.000	\$1.800.000	\$1.800.000
D Depreciación anual (tasa*B)	10 %		\$138.000	\$124.200
E Balance		\$420.000	\$1.020.000	\$1.504.500
F Interés (tasa * E)	10 %	\$42.000	\$102.000	\$150.450
G Impuestos de C+F+B (un año atrasado)	35 %		(\$161.700)	(\$182.700)
H Movimiento neto (C+D+F+B+G)		\$462.000	\$498.300	\$511.950
I Pasa (A+H)		\$462.000	\$960.300	\$1.472.250

Conclusión : El flujo de fondos es positivo desde el primer año

Nota: Se recomienda que cada usuario coloque los valores más convenientes. La intención de estos ejemplo es solamente ilustrativa.

Apéndice 3. Unidades de energía

A pesar de que la comparación del consumo de combustibles puede ser satisfactoria en términos económicos, los cambios en el uso de la energía solo pueden comprenderse cuando el consumo de energía se da en las unidades de energía apropiadas. A pesar de que en Colombia se ha adoptado el sistema de unidades SI, aún se emplean otras unidades prácticas. La tabla siguiente da las equivalencias de algunas de las unidades de energía más frecuentemente empleadas y otras unidades relacionadas.

VOLUMEN	Unidad SI :	metro cúbico (m ³)		
1 cf = 1 ft ³	=	2.8317	*10 ⁻²	m ³
1 gal = 1 US gallon	=	3.7850	*10 ⁻³	m ³
1 bbl = 42 gal	=	1.5876	*10 ⁻¹	m ³
MASA	Unidad SI :	kilogramo (kg)		
1 t (Tonelada)	=	1.0000	*10 ³	kg
1 lb	=	4.5359	*10 ⁻¹	kg
1 kg	=	2.2046		lb
DENSIDAD	Unidad SI :	kilogramo / metro cúbico (kg/m ³)		
1 lb/ US gal	=	1.1983	*10 ²	kg/m ³
ENERGIA	Unidad SI :	Joule (J)		
1 cal	=	4.1868		J
1 Btu	=	1.0551	*10 ³	J
1 TEP = 7.33 BOE	=	4.1868	*10 ¹⁰	J
1 Tcal	=	4.1868	*10 ¹²	J
1 BOE	=	5.7119	*10 ⁹	J
1 kWh	=	3.6000	*10 ⁶	J
1 MJ	=	0.2778		kWh
1 kJ	=	0.9478		Btu
1 Btu/ft ³	=	3.7260	*10 ⁴	J/m ³
ENTALPIA ESPECIFICA:	Unidad SI :	Joule / kilogramo (J/kg)		
1 kcal/kg	=	4.1868	*10 ³	J/kg
1 Btu/lb	=	2.3260	*10 ³	J/kg
1 kJ/kg	=	0.4299		Btu/lb
POTENCIA	Unidad SI :	Watt (W)		
1 kcal/h	=	1.1630		W
1 cal/s	=	4.1868		W
1 Btu/h	=	2.9308	*10 ⁻¹	W
1 Btu/s	=	1.0551		W
1 BHP = 34.5 lb/h vapor	=	9.8109	*10 ³	W (apr. a 10 kW)
1 t/h vapor = 63.90 BHP	=	0.6269	*10 ⁶	W

NOTAS

BHP : Boiler Horse Power

BOE : Barrel Oil Equivalent

TEP : Tonelada Equivalente de Petróleo

Agradecimientos

El Departamento de Energía de Gran Bretaña agradece a las siguientes personas y organizaciones por la ayuda recibida en la preparación de este manual en la versión en inglés:

Dr. D.N. Gwyther, Teesside Polytechnic;

National Industrial Fuel Efficiency Service Ltd.;

National Utility Service Inc (United Kingdom) Ltd;

Spirax Sarco Ltd;

The Research Committee of the United Kingdom Chapter of the Institute of Internal Auditors.