

# Proceso de identificación de oportunidades de ahorro de energía



---

## Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Con acciones en los puntos de uso se ahorra más .....</b>	<b>4</b>
2.1	Objetivo .....	4
2.2	El caso de la energía eléctrica.....	4
2.3	El caso de la energía térmica .....	7
2.4	Análisis de pérdidas.....	9
2.4.1	Costos .....	10
<b>3</b>	<b>Optimizar el suministro de energía .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Identificando ahorros con el inventario.....</b>	<b>14</b>
4.1	Oportunidades por la reducción en el flujo de energía.....	14
4.2	Reducción o recuperación de energía.....	15
4.3	Consideraciones especiales para el inventario de carga eléctrica.....	15
4.3.1	Determinación de la flexibilidad de carga.....	17
4.4	Consideraciones especiales para sistemas de proceso.....	18
4.5	Preguntas clave – Un punto de partida para el diagnóstico.....	20
<b>5</b>	<b>Referencias.....</b>	<b>22</b>

## 1 Introducción

La energía que se consume en las empresas industriales, comerciales o institucionales adquiere muchas y variadas formas. De manera típica, una empresa puede comprar una fuente de energía, como el diésel, para generar calor para varios propósitos.

En términos generales, la electricidad se compra para ser utilizada en iluminación, motores, directamente en un proceso y, en algunos casos, como una fuente de calor.

El término energía térmica se refiere a todas las formas de energía que involucran calor, normalmente obtenido a partir de gas natural, gas L. P, combustibles líquidos derivados del petróleo y, algunas veces, electricidad. El proceso mediante el cual la energía térmica y eléctrica se adquieren y se consumen difieren significativamente.

El flujo de la energía comprada por la empresa pasa a través de los procesos primarios de conversión, hasta las varias formas en que es usada la energía eléctrica, mecánica y térmica para operar su planta o negocio.

El objetivo de esta guía es describir un proceso de análisis del uso de la energía que derive en la identificación de oportunidades de ahorro.

Esperamos que la información presentada le sea de utilidad.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

## 2 Con acciones en los puntos de uso se ahorra más

### 2.1 Objetivo

Describir un proceso sencillo para examinar los consumos de energía de un sistema e identificar las oportunidades de ahorro.

### 2.2 El caso de la energía eléctrica

El mejor lugar para iniciar la búsqueda de oportunidades es dónde la energía cuesta más, es decir, en el punto de uso final. En el caso de la energía eléctrica, una vez que pasa por el medidor de la compañía suministradora, la electricidad pasa por el sistema de distribución de la empresa hasta un punto, dónde será transformada en alguna otra forma de energía, como luz, energía mecánica en un motor, calor o posiblemente sonido (figura 2.1). En algunos casos, la electricidad podrá ser usada directamente, como es el caso de una soldadora eléctrica, dónde el flujo de corriente eléctrica calienta y funde al metal. Finalmente, toda la energía se disipa en forma de calor.

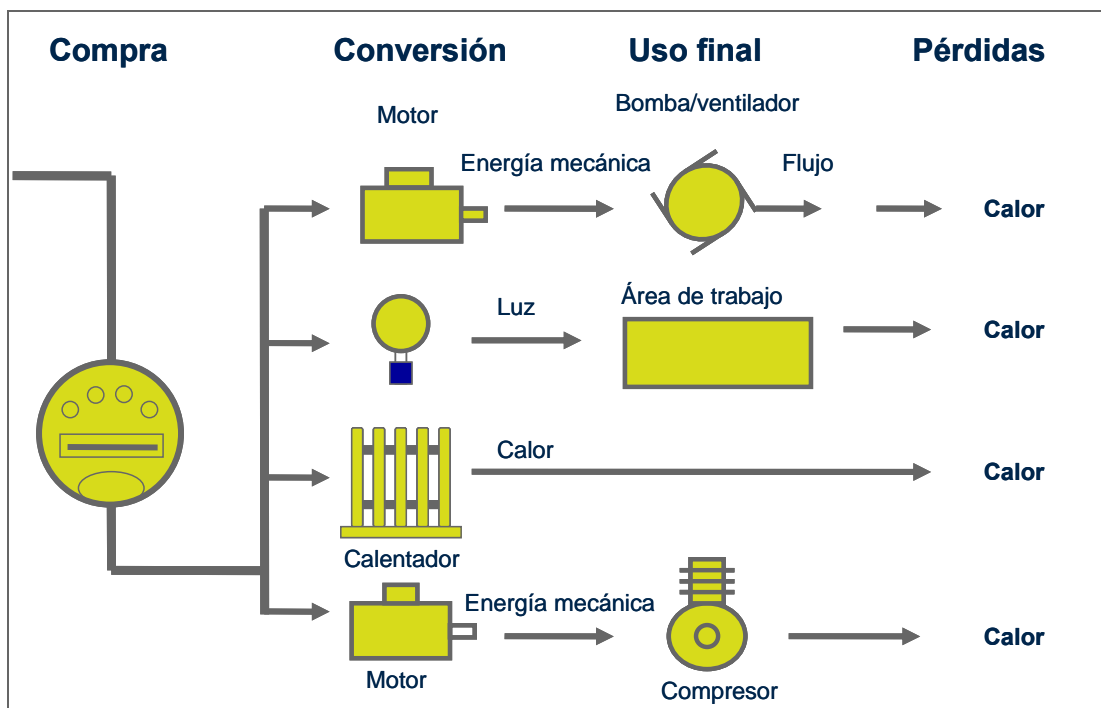


Figura 2.1 Electricidad de la compra al uso final

Para minimizar la cantidad de electricidad comprada, debemos:

- Asegurar que el uso final tiene una utilidad,
- Minimizar la cantidad de energía requerida en el punto de uso y
- Disminuir las pérdidas de energía entre el medidor y el punto de uso final.

Para ilustrar lo anterior, consideremos el caso de un sistema diseñado para bombear un fluido a través de una empresa. En una empresa comercial, puede tratarse de la bomba de agua enfriada para el sistema de aire acondicionado; también pueden encontrarse bombas de agua fría para el enfriamiento de algún equipo de proceso.

La figura 2.2 es una gráfica simplificada de estos sistemas, mostrando cada uno de los componentes utilizados para la transformación de energía. Ésta pasa a través de cada elemento del sistema, iniciando en el medidor o “punto de compra”, hasta llegar al intercambiador de calor en los dispositivos finales, dónde se requiere el enfriamiento; durante todo el trayecto, la energía se está transfiriendo y transformando constantemente.

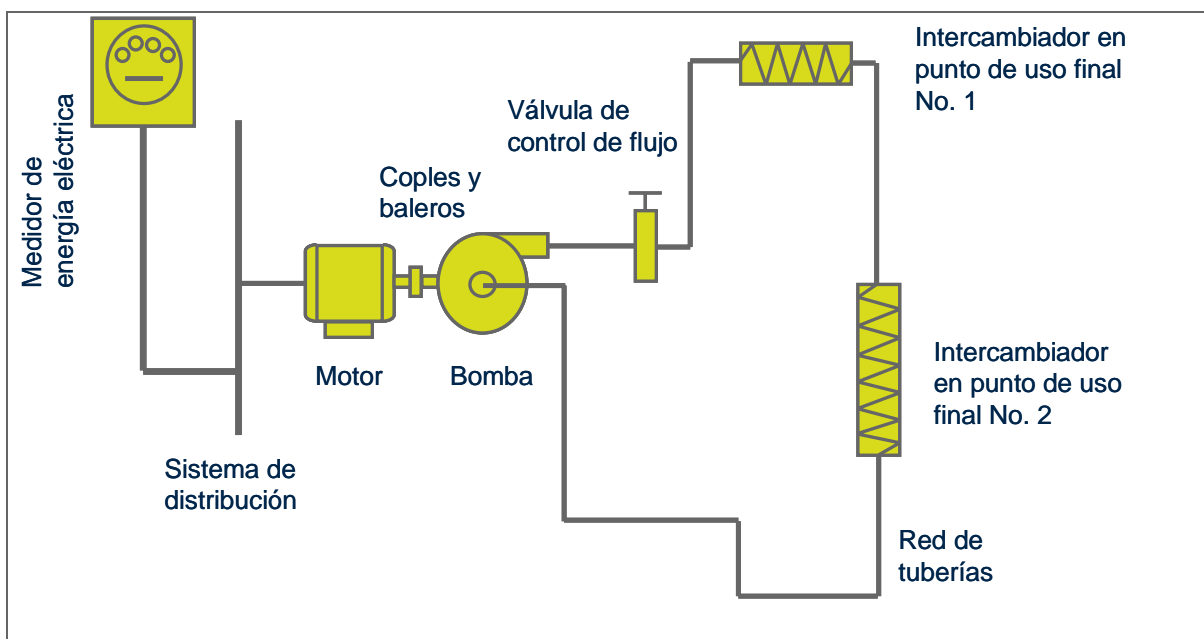


Figura 2.2 Sistema de bombeo

La eficiencia de cada componente es 100 % o menor. El medidor de energía eléctrica tiene una eficiencia prácticamente del 100%, los demás componentes no son tan eficientes. La eficiencia se define como la razón entre la energía aprovechada por un sistema y la energía suministrada (o entre la energía que entra y la energía que sale del sistema).

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía suministrada}} \times 100$$

Cada uno de los componentes del sistema, con una eficiencia menor al 100 %, desperdicia la diferencia entre la energía suministrada y la energía aprovechada. Como resultado de este desperdicio, el costo unitario de la energía se incrementa entre el inicio (entrada) y fin del proceso (salida). El costo de la energía al final del proceso puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$\text{Costo a la salida} \left( \frac{\$}{\text{unidad}} \right) = \frac{\text{Costo a la entrada} \left( \frac{\$}{\text{unidad}} \right)}{\text{Eficiencia del sistema}}$$

En la tabla 2.1 se muestra cada uno de los componentes del sistema de bombeo de agua fría, junto con una breve descripción de las pérdidas y un estimado de la eficiencia típica de los componentes de un sistema de tamaño mediano (10 a 100 HP).

Componente	Pérdidas	Eficiencia típica (%)
Medidor de energía eléctrica	Despreciable	100
Sistema de distribución de energía eléctrica	Resistencia eléctrica	96
Motor	Resistencia eléctrica, fricción, pérdidas magnéticas	85
Cople y baleros	Fricción	98
Bomba	Fricción en el fluido y fricción mecánica	60
Válvula	Estrangulamiento mínimo	70
Tuberías	Fricción en el fluido	60
<b>Eficiencia total del sistema</b>		<b>20.15</b>

**Tabla 2.1 Eficiencia del sistema de bombeo**

La eficiencia total del sistema nos muestra que, prácticamente, sólo una quinta parte de la energía llega al punto dónde es requerida. En otras palabras, el sistema necesita cinco veces más energía que la demandada en el punto de uso final, que en este caso es el movimiento del agua, venciendo todas las resistencias que se presentan a través del sistema.

El impacto sobre el costo de la energía se ilustra en la tabla 2.2. En esta tabla se ve claramente que la energía más costosa del sistema es la que se consume en el punto de uso final. Es aquí dónde se encuentran las mejores oportunidades para aumentar la eficiencia de los sistemas y, por lo tanto, reducir el costo de operación.

Con el ahorro de pequeñas cantidades de energía en el ramal de tuberías de este sistema de bombeo de agua fría, se pueden lograr ahorros significativos, hasta cinco veces mayores que en el punto de compra.

Componente	Eficiencia típica (%)	Costo unitario a la entrada (\$/kwh)	Costo unitario a la salida (\$/kwh)*
Medidor de energía eléctrica	100	0.60	0.60
Sistema de distribución de energía eléctrica	96	0.60	0.625
Motor	85	0.625	0.73
Cople y baleros	98	0.73	0.75
Bomba	60	0.75	1.25
Válvula	70	1.25	1.78
Tuberías	60	1.78	2.97
Relación del costo unitario			<b>5 : 1</b>

\* Se supone un costo del kWh a la entrada de 0.60 \$/kWh

Tabla 2.2 Costo unitario de la energía a través del sistema de bombeo

### 2.3 El caso de la energía térmica

El flujo de la energía térmica, desde el punto de adquisición hasta el punto de uso final, puede ser trazado de forma similar a la electricidad. En un contexto industrial, una caldera puede convertir en vapor el gas natural que se compra, para poder ser usado directamente en un proceso y, adicionalmente para calentar agua y dar confort al edificio. En una empresa comercial, el gas natural puede calentar agua en una caldera para calefacción del edificio y, además, para los servicios.

En ambos ejemplos, una cantidad significativa de energía se pierde desde la caldera hasta el punto de uso final. La figura 2.3 muestra una representación simple de las pérdidas que sufre un sistema de vapor.

De igual forma que para la energía eléctrica, la reducción de la cantidad del combustible adquirido requiere:

- Asegurar que el uso final tiene una utilidad
- Minimizar la cantidad de energía requerida en el punto de uso final
- Minimizar las pérdidas que se tienen entre el medidor y el punto de uso
- Examinar el diseño de los sistemas mecánicos para que se ajusten a los nuevos requerimientos. ¿El sistema original queda sobredimensionado?

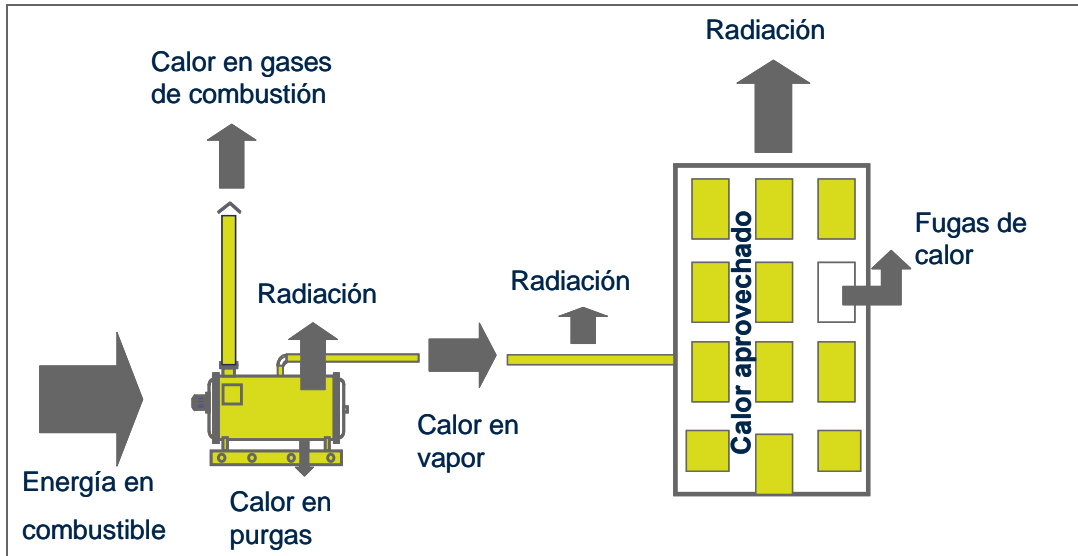


Figura 2.3 Energía térmica, desde su adquisición hasta el uso final

La figura 2.4 es una gráfica simplificada de un sistema de vapor, mostrando cada uno de los componentes utilizados para la transformación de energía. Ésta pasa a través de cada elemento del sistema, iniciando en el medidor hasta llegar al intercambiador de calor; durante todo el trayecto, la energía se está transfiriendo y transformando constantemente; asimismo muestra el costo incremental de la energía, debido a la eficiencia del sistema.

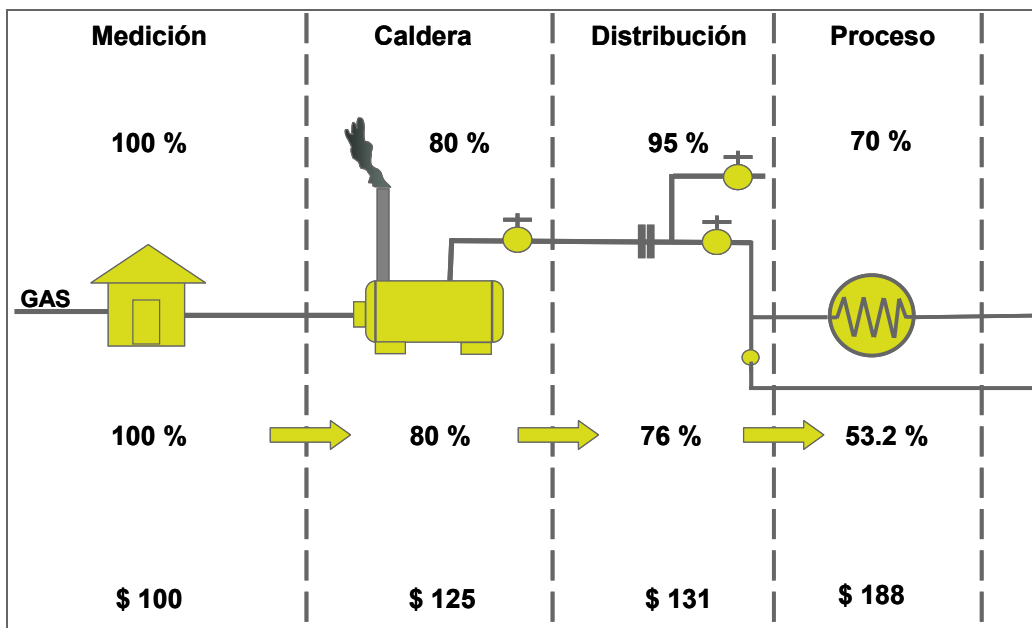


Figura 2.4 Eficiencia del sistema de vapor y costo incremental



La elaboración de un diagrama de bloques facilita la identificación de los flujos asociados con cada uno de los usos de la energía térmica. Éste debe mostrar todas las corrientes existentes en la empresa, las de salida hacia el exterior (medio ambiente) y las que entran a la empresa y que son de importancia.

La tabla 2.3 puede usarse como una guía para identificar los flujos de salida de energía térmica en una empresa. La lista cubre una selección de los tipos de flujo más comunes y que, en la mayoría de los casos, conducen a la detección de oportunidades de ahorro.

Tipo de flujo de energía	Ejemplo	Equipo / Función
Conducción	Paredes, ventanas	Estructura de edificios
Flujo de aire - sensible	Escapes en general	Sistemas de extracción de aire y de entrada de aire fresco. Entrada de aire para combustión
Flujo de aire - latente	Escape de secadores	Escape de lavanderías, escapes de equipos de secado
Flujo frío o caliente	Agua tibia al drenaje	Servicios de agua caliente, agua caliente a procesos, agua de enfriamiento, compresores enfriados con agua
Pérdidas de calor en tuberías	Líneas de vapor	Tuberías de vapor y de agua caliente, cualquier tubería caliente
Pérdidas en tanques de calentamiento	Tanques de líquido caliente	Tanques de almacenamiento y de proceso
Calor rechazado por sistemas de refrigeración	Almacenamiento en frío	Aire acondicionado, congeladores, procesos de enfriado
Fugas de vapor y venteos	Venteos de vapor	Planta de calderas, sistemas de distribución de vapor, equipos movidos con vapor

Tabla 2.3 Flujos típicos de energía térmica

## 2.4 Análisis de pérdidas

El análisis de pérdidas de energía proporciona un método simplificado para examinar todas las formas en que los equipos y sistemas pueden modificarse para reducir su consumo. Se deben considerar dos clases o tipos de acciones:

- Adaptar el uso a la necesidad  
Son aquellas acciones que reducen directamente el uso del sistema o equipo, ajustando la necesidad o requerimiento de energía con el mínimo desperdicio o exceso.
- Incrementar la eficiencia del sistema o equipo

Son las acciones que reducen las pérdidas de los componentes del sistema, sin dejar de satisfacer la necesidad o requerimiento de energía.

Es importante señalar que en ambos casos se satisface la cantidad de energía necesaria.

Por ejemplo, si la necesidad de iluminación en una determinada área son 700 Lux durante 8 horas al día, al adaptar el uso a la necesidad se verificará si el nivel de 700 Lux es realmente el necesario y si el área se ocupa durante las 8 horas al día.

El segundo paso, que es el incremento de la eficiencia del sistema, se orienta hacia la búsqueda de un sistema o equipo que, con un menor costo, satisfaga la necesidad. La variable más importante en este paso es la eficiencia de los componentes involucrados.

#### 2.4.1 Costos

Las acciones que pueden tomarse varían en su rango de costo. En el análisis se consideran dos categorías distintas para las acciones y sus costos:

a. Costo bajo

Son aquellas que pueden realizarse con el presupuesto de gastos de operación normal; por lo general son resultado de acciones operacionales.

b. Costo alto

Son aquellas que requieren algún tipo de financiamiento y, normalmente, requieren la instalación de equipos o tecnologías nuevas y más eficientes.

El análisis de pérdidas de energía combina estas categorías de acciones en una tabla con cuatro cuadrantes, como se muestra a continuación. Los ejemplos dados pertenecen a un sistema de iluminación.

Acción \ Costo	Costo	
	Bajo	Alto
Adaptar el uso a la necesidad	1 Apagar las luces	2 Instalar sensores de movimiento
	3 Lámparas de menor wattaje y colores más claros en las paredes	4 Instalar lámparas nuevas, balastos y accesorios

Tabla 2.4 Análisis de costos. Sistema de iluminación

Normalmente, las acciones que caen dentro del cuadrante 4 tienen los costos más altos, mientras que las del cuadrante 1 los más bajos. El costo relativo de las acciones de los cuadrantes 2 y 3 variará, dependiendo de las acciones específicas y del equipo.

A continuación, se muestra una tabla para analizar las acciones tendientes a reducir las pérdidas.

Acción	Costo	
	Bajo (Operacional)	Alto (Tecnológico)
Adaptar el uso a la necesidad	1 Control manual de tiempo y cantidad	2 Control automático de tiempo y cantidad.
Incrementar la eficiencia del sistema o equipo	3 Mantenimiento y condiciones de operación	4 Aparatos y equipos nuevos y más eficientes

Tabla 2.5 Acciones para reducir pérdidas. Sistema de iluminación

### 3 Optimizar el suministro de energía

El paso final en la identificación de las oportunidades de ahorro es considerar el suministro de energía al sistema y buscar las oportunidades de ahorro que se pueden obtener optimizando el suministro.

En esta categoría de oportunidades se encuentran:

a. Recuperación de calor

Son sistemas que aprovechan corrientes de energía de desperdicio y reducen la cantidad de energía de entrada a la empresa. Los sistemas de recuperación de calor van desde el simple entubado de aire tibio hasta los sistemas más complejos de bombas de calor.

b. Bombas de calor

Las bombas de calor son utilizadas para aprovechar la energía térmica contenida en fuentes con baja calidad de energía, como la geotérmica o el aire.

c. Sistemas de cogeneración

También son llamados sistemas de calor y potencia (*Combined Heat & Power*, CHP). Cuando las empresas o procesos requieren agua caliente o vapor, además de energía eléctrica, existe la posibilidad de suministrar ambos tipos de energía utilizando un solo combustible en un equipo de combustión. Se puede decir que este sistema aprovecha las desventajas de los equipos aislados. La eficiencia típica de los sistemas convencionales que transforman la energía de los combustibles en electricidad, apenas llega a 35%; el calor de desperdicio contenido en la corriente de gases de combustión puede suministrar la energía térmica necesaria en otros procesos, lo que aumenta la eficiencia total hasta un 60 u 80%.

d. Sistemas de energía renovable

Reemplazan, parcial o completamente, la energía que se está comprando, mediante energía solar, del viento, geotérmica o cualquier otra fuente renovable. Estos sistemas no siempre son económicos, sin embargo, existen ciertas aplicaciones que pueden ser justificadas económicamente:

- Uso de energía fotovoltaica (electricidad solar) y energía eólica
- Diseños pasivos que aprovechan la radiación solar en edificios nuevos o existentes

e. Cambio de combustible

Sustitución de un combustible por otro más económico. Un buen ejemplo de esto puede ser el cambio de energía eléctrica por gas para calentamiento de agua.

f. Cambio de tarifa eléctrica

Para aprovechar las ventajas que ofrecen las diversas tarifas eléctricas, se deben estudiar éstas y el comportamiento del consumo de electricidad de la empresa y, en su caso, se puede contratar una tarifa eléctrica diferente dónde la energía sea más barata.

El orden de las acciones es muy importante. Es preciso hacer notar que para considerar este tipo de oportunidad se deben haber realizado todos los pasos anteriores.

Podría resultar contraproducente negociar un nuevo contrato de tarifa eléctrica antes de haber estudiado y mejorado el perfil de demanda de la empresa. Si los cambios al perfil de demanda se hacen después de la contratación de la nueva tarifa, puede ser que ésta no resulte tan económica como se pensaba. De la misma forma, si se dimensiona un sistema de cogeneración, con base en los consumos de electricidad y vapor que se tienen antes de aplicar medidas de ahorro y uso racional de la energía, no se obtendrá la capacidad óptima del sistema, ya que las futuras reducciones de las cargas térmicas y eléctricas volverán al sistema de cogeneración ineficiente (sobredimensionado) y anti-económico.

## 4 Identificando ahorros con el inventario

Los resultados del inventario de uso de energía térmica ayudan a la identificación de las oportunidades de ahorro.

### 4.1 Oportunidades por la reducción en el flujo de energía

La magnitud de cada uno de los flujos de energía que salen de las instalaciones de las empresas, depende de muchos factores, como son temperaturas, velocidad de flujo, humedad, tiempo y características de los materiales. Para encontrar las oportunidades de ahorro se debe considerar cuál o cuáles de estos factores puede ser modificado para obtener una reducción del consumo de energía.

¿Se pueden reducir los flujos? ¿Se pueden cambiar las temperaturas? En la mayoría de los casos, existen razones válidas para mantener estos valores tal como están. Sin embargo, al estudiar con cuidado el tipo y la magnitud de los flujos de energía que salen de la empresa, se revelan oportunidades de ahorro importantes.

Hasta ahora, no hemos visto aún los detalles técnicos de los sistemas y equipos involucrados con los flujos de energía que hemos considerado. Es tiempo de dirigir nuestra atención a los equipos en sí y considerar la posibilidad de cambiar algunos aspectos del sistema en funcionamiento para obtener una reducción en el flujo de energía.

Por ejemplo, ¿es posible reducir la cantidad de energía consumida por un sistema de ventilación general en el área de oficinas de un edificio? Los sistemas de ventilación de este tipo son responsables de una buena cantidad de consumo de energía, especialmente en invierno, ya que introducen aire frío de repuesto del exterior que debe ser calentado. Los factores que afectan la cantidad de energía consumida en estos sistemas son la velocidad con la que se introduce el aire del exterior, la diferencia de temperaturas entre el aire interior y el exterior, el espacio de oficinas y la duración de la ventilación.

Debido a que los ocupantes de las oficinas tienen una necesidad legítima de aire fresco, por lo general, no podemos reducir la cantidad del que entra o sale, pues ésta es determinada y requerida por las personas y definida, en la mayoría de las ocasiones, por normas de seguridad e higiene. Por lo tanto, es válido preguntarse: ¿qué más puedo hacer para manipular los parámetros del sistema de ventilación y obtener ahorros de energía?

Tiempo	Puede ser posible, para tener un mejor control de la operación, reducir el tiempo que opera el sistema de ventilación, ajustándolo más cerca de las necesidades de los ocupantes.
Flujo	No obstante que la cantidad del flujo de aire no puede ajustarse durante los periodos de ocupación, la cantidad de ventilación durante la noche es factible reducirla mediante el uso de compuertas que sellen adecuadamente, o bien apagar completamente el sistema durante la noche.
Temperatura	Si el sistema debe trabajar durante periodos prolongados de tiempo para recircular el aire adecuadamente, es posible reducir la temperatura del aire en los periodos sin ocupación.

Estos ejemplos sencillos nos ilustran la importancia de cuestionar cada uno de los factores que afectan el consumo de energía. La reducción del flujo de energía se logra mediante cambios específicos en los equipos, dispositivos y prácticas operacionales.

#### **4.2 Reducción o recuperación de energía**

Los flujos de energía pueden ser de dos tipos: de reducción o de recuperación; los ahorros en cada uno de ellos se deben obtener de diferente forma.

a. Reducción

Son flujos de energía directamente asociados con alguna forma de energía comprada (entrante). En estos casos, al reducir el flujo se obtendrá una disminución directa de la energía comprada. Un ejemplo de esto es un menor flujo de calor a través de las paredes de un edificio, mediante la instalación de aislamiento térmico, o menos aire tibio perdido al reducir las horas de ventilación.

b. Recuperación

Son flujos de calor de desperdicio; la reducción de éste no disminuye directamente la cantidad de energía comprada del sistema en particular. Un ejemplo de esto es el agua de enfriamiento de un compresor refrigerado por agua. El flujo de energía no puede ni debe ser reducido, ya que cumple con un propósito útil. Sin embargo, existe un valor en el agua calentada y puede ser utilizado para reducir la cantidad de energía comprada en otro sistema. A esto se le llama recuperación de calor o de energía.

Es importante determinar adecuadamente el tipo de flujo que se está considerando; en algunos casos, puede ser una mezcla. Los métodos de cálculo para los ahorros son diferentes, según se trate de flujos de energía reducibles o recuperables.

#### **4.3 Consideraciones especiales para el inventario de carga eléctrica**

Como ya se ha mencionado anteriormente, se deben examinar cada una de las cargas del inventario desde la perspectiva del cuadrante de análisis. Determine, primero, el servicio final que se debe proveer, ya sea luz, aire comprimido, bombeo de agua, energía para el proceso o calor. Considere también los aspectos siguientes:

a. Porcentaje de contribución a la demanda en punta

Un valor alto indica una carga que está contribuyendo en gran medida a la demanda en punta. ¿Es esto necesario?, ¿puede ser evitado?

b. Horas de operación

Las cargas con un periodo extenso de operación son excelentes candidatos para mejorar su eficiencia. ¿Pueden ser mejoradas las lámparas?, ¿son las bombas y ventiladores los más eficientes?, ¿se pueden usar motores con mayor eficiencia?

c. Grupos de cargas

¿Existen grupos de cargas que trabajan durante el mismo tiempo, solamente porque están controlados con el mismo apagador? Un ejemplo típico de esto es la iluminación. ¿Pueden seccionarse los circuitos de las lámparas o controlarse automáticamente mediante detectores de movimiento, temporizadores o fotoceldas?

d. La carga nocturna

Si se cuenta con el perfil de carga, ¿se justifica la carga nocturna? ¿necesitan operar todas las cargas que operan durante la noche o en horas de baja actividad?

e. Cargas que necesitan ser monitoreadas

¿Existen cargas o grupos de cargas que consumen una porción significativa de la energía y de la demanda?  
¿Pueden ser monitoreadas estas cargas para evitar el excesivo uso o consumo de energía? Un buen ejemplo de esto son los sistemas de refrigeración en un supermercado o en una planta procesadora de alimentos.

f. Metas.- Inventario de carga objetivo

El inventario de carga eléctrica puede ser utilizado para determinar las metas de reducción de consumo y demanda. El orden de cálculo es importante; primero, utilice el inventario con los datos tal y como se cargaron y determine las reducciones posibles en horas de operación, y llene una segunda tabla con las horas propuestas. La diferencia del consumo de energía total entre la primera y segunda tabla será el potencial de ahorro que se puede obtener mediante el control de carga (encendido y apagado).

Después, considere qué posibilidades existen para reducir la demanda en punta mensual o para hacer mejoras en la eficiencia de cargas o grupos de cargas (p. ej. cambio en equipos de iluminación o motores). Haga una tercer tabla usando las horas de la segunda tabla y la carga en kW propuesta. La diferencia entre la energía y la demanda de estas tablas es el potencial de ahorro.

Descripción de la carga	Cantidad	Unidades kW	kW Totales	Contribución a la demanda punta (%)	Demanda kW	Horas	Energía kWh
Fluorescente	200	0.19	38	100	38	500	19 000
Compresores	6	7.5	45	90	40	300	13 500
<b>Demanda Total en kW</b>					<b>78</b>	<b>Total kWh</b>	<b>32 500</b>

**Tabla 4.1 Inventario de cargas base**

Posteriormente, se proponen mejoras en la eficiencia de estos dos sistemas. La iluminación fluorescente puede cambiarse de 0.19 a 0.11 kW por equipo, utilizando lámparas más eficientes del tipo T-8. Los compresores pueden ser reemplazados también por unidades más eficientes, ahorrando 1 kW por unidad. Como resultado se tienen los resultados de la tabla 4-3.



Descripción de la carga	Cantidad	Unidades kW	kW Totales	Contribución a la demanda punta (%)	Demanda kW	Horas	Energía kWh
Fluorescente	200	0.19	38	100	38	350	13300
Compresores	6	7.5	45	90	40	240	10800
Demanda Total en kW					78	Total kWh	24100

**Tabla 4.2 Inventario con horas de operación corregidas**

Descripción de la carga	Cantidad	Unidades kW	kW Totales	Contribución a la demanda punta (%)	Demanda kW	Horas	Energía kWh
Fluorescente	200	0.11	22	100	22	350	7700
Compresores	6	6.5	39	90	36	240	9360
Demanda Total en kW					58	Total kWh	17060

**Tabla 4.3 Inventario propuesto, nuevos horarios de operación y mejoras en la eficiencia**

La demanda se ha reducido hasta por 20 kW y el consumo de energía en 7040 kWh. El orden de estas acciones es muy importante al calcular los ahorros de cada una de las acciones en los sistemas.

#### **4.3.1 Determinación de la flexibilidad de carga**

La flexibilidad de carga es el grado en que puede ser modificado el patrón de uso de la electricidad. Uno de los objetivos de la determinación de la flexibilidad de carga es el mover el consumo de una cantidad dada de energía de un periodo del día a otro, en dónde la energía sea más barata. Un segundo objetivo puede ser la liberación de capacidad de un sistema completamente cargado, mediante la redistribución de la carga en el tiempo. El principio de flexibilidad de carga resulta conveniente para aquellos usuarios interesados en contratar una tarifa horaria.

Después de elaborar un inventario de cargas al detalle y de analizar la operación de la empresa, se tendrá un mejor conocimiento de:

- Los grupos de carga por cada función (iluminación, proceso, enfriamiento, calentamiento, etc.)

- La dependencia de las cargas o grupos de cargas de otros factores (producción, clima, ocupación, temporada, etc.)
- La interdependencia entre cargas o grupos de cargas (cuáles deben ser operadas al mismo tiempo o en un programa determinado)

Con estos conocimientos se pueden estudiar las cargas buscando la flexibilidad de la operación. Finalmente, las cargas flexibles caen dentro de alguna de las clases siguientes:

1. **Almacenamiento de energía.** Puede ser el almacenamiento de agua caliente o fría (hielo). Utilizan tanques aislados para almacenar agua calentada eléctricamente durante horas no-pico, para que los calentadores sean apagados en horas pico. Un ejemplo de almacenamiento de frío son algunas cremerías o lecherías que operan sus equipos de refrigeración fuera de horas pico para producir agua helada. Ésta es usada posteriormente durante el proceso (en horas pico), en vez de tener un equipo de refrigeración trabajando para suministrar el enfriamiento en la hora de demanda, cuando la energía es más cara.
2. **Almacenamiento de producto.** En las plantas que producen diferentes artículos o dónde la producción se hace en etapas diferentes que pueden realizarse independientemente, algunos artículos se fabrican en horarios no punta y se almacenan hasta que sean requeridos.
3. **Reprogramado de tareas.** En las plantas dónde los procesos industriales son independientes entre sí, es posible programar algunas tareas o procesos en un turno diferente, fuera de horas punta.

#### **4.4 Consideraciones especiales para sistemas de proceso**

Existen potenciales de ahorro significativos en acciones operativas y tecnológicas. La mayoría de las veces, al buscar las oportunidades de ahorro, se pone demasiado énfasis en las acciones tecnológicas (como la mejora o el cambio de equipos) y se dejan de ver muchas oportunidades operativas de alto potencial de ahorro y bajo costo.

El uso de energía en la industria puede dividirse en servicios de planta y proceso. El primero incluye los sistemas y equipos de soporte al equipo de proceso.

Pueden presentarse otros tipos de sistemas para satisfacer las necesidades de energía de los sistemas de proceso:

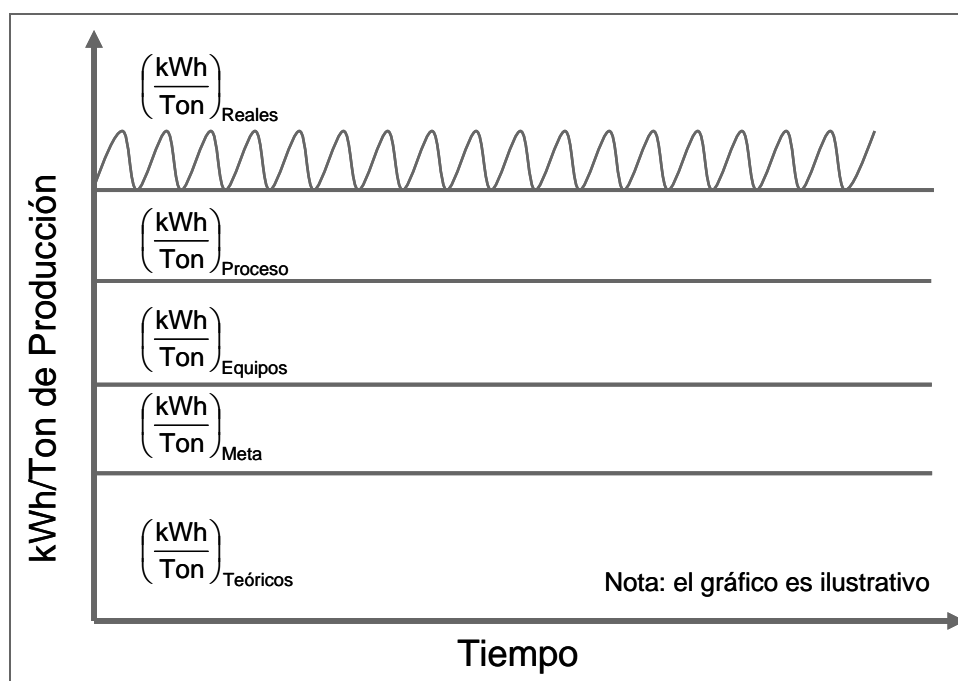
- Sistemas de combustión
- Calderas y distribución de vapor y agua caliente
- Aire comprimido
- Iluminación
- Refrigeración
- Bombas y ventiladores (movimiento de fluidos)



**Figura 4.1 Procesos específicos**

El aplicar esta metodología de análisis contribuye a definir cómo se están satisfaciendo las necesidades energéticas del proceso. A continuación se verá cómo se puede analizar a mayor profundidad el proceso.

La figura 4.3 es un ejemplo del desglose de la energía usada en un proceso expresado en forma de índice energético (kilowatt-horas por tonelada de producto).



**Figura 4.2 Consumo de energía en un proceso industrial**

**kWh/Tonelada de los equipos.-** Es la cantidad de energía requerida cuándo está en operación la cantidad óptima de equipo a su eficiencia de diseño.

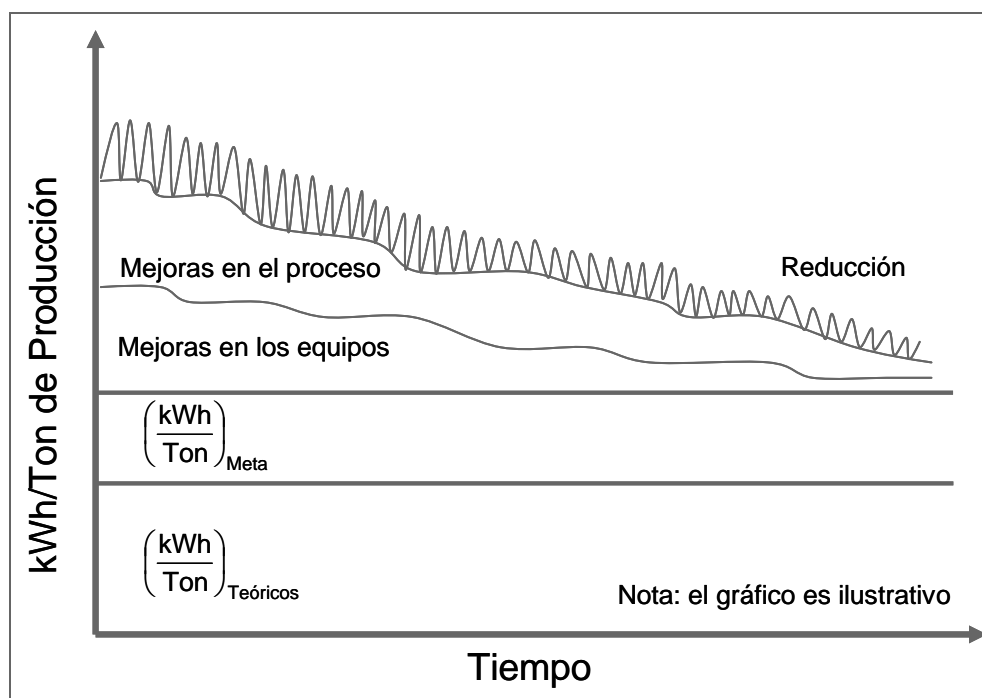
**kWh/Tonelada del sistema.-** Es la cantidad de energía requerida cuándo se toma en cuenta la influencia de los operarios y maquinaria; esto incluye las técnicas de operación y prácticas de mantenimiento.

**kWh/Tonelada reales.-** Es la cantidad de energía usada cuándo se toma en cuenta el tipo y tiempo de respuesta de los operarios y supervisores a las variaciones debidas a causas externas.

La distinción entre estos niveles representa un potencial de reducción en el uso de la energía. En un proceso real, quizá no sea posible alcanzar el nivel ideal o teórico de consumo. Sin embargo, representa una meta hacia la cual se puede reducir el nivel de consumo de energía. Una auditoría energética o estudio en cada área de proceso debe examinar estos niveles y relacionarlos con los factores que determinan el consumo.

Todos los procesos de manufactura o industriales presentan oportunidades de ahorro de energía. Sin embargo, para los no expertos, pueden crearse problemas en nombre del ahorro de energía. La mejor manera para evitar estos problemas es involucrar al personal operativo en el proceso de auditoría.

La mayoría de las veces, los resultados de las auditorías consisten en una serie de medidas que incluyen las operativas y tecnológicas. Las primeras típicamente se orientan hacia la variación del consumo y al nivel de consumo del sistema, mientras que las segundas se orientan a la reducción del consumo de los equipos. Conforme se van implementando estas medidas, los niveles de consumo se van reduciendo y el actual comienza a acercarse al nivel de consumo objetivo.



**Figura 4.3 Reducción en el uso de la energía**

#### **4.5 Preguntas clave – Un punto de partida para el diagnóstico**

El grupo de trabajo para realizar el diagnóstico puede estar integrado por personal de mando, involucrado directamente en el proceso del área en estudio, así como de otras áreas de proceso, para integrar un equipo multidisciplinario. Es posible que, eventualmente, se necesite personal externo con experiencia específica en alguna área o tema. Un buen punto de partida para la realización del diagnóstico es el cuestionar las actividades del proceso, como por ejemplo:

- 
- a. Ajustarse a los requerimientos
- ¿Que se está haciendo?
  - ¿Por qué se está haciendo?
  - ¿Que energía se está consumiendo?
  - ¿Por qué se debe estar consumiendo?
  - ¿Está el equipo trabajando sin carga por periodos significativos?
- b. Mejorando la eficiencia
- ¿Puede realizarse esto de la misma forma, pero más eficientemente?
  - ¿Están bien determinados los principios que sustentan el proceso?
  - ¿Por qué existe la diferencia?
- Una vez iniciado el diagnóstico, emergerán más preguntas.

---

## 5 Referencias

1. Dollars to Sense: Spot the Energy Savings Opportunities, Natural Resources Canada, 2005