

UCATEE

UNIDAD DE CAPACITACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA
EN EFICIENCIA ENERGÉTICA



MANUAL EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA MYPES



Este Manual ha sido desarrollado en el marco del Proyecto denominado Programa de asistencia técnica en eficiencia energética para Medianas y Pequeñas Empresas (MYPES) el cual conto con el apoyo Técnico del Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador y financiado por el Fondo Especial Multilateral del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral (FEMCIDI) de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

Dicho proyecto tuvo como propósito principal establecer una oficina permanente de Capacitación y Asistencia Técnica en Eficiencia Energética para las MYPES, denominada UCATEE



Este manual ha sido impreso en papel 100% reciclado
utilizando tintas bio-degradables amigables con el medio ambiente

Contenido

Introducción	1
1. Eficiencia energética en la producción industrial	2
1.1 Sistemas térmicos.....	2
1.1.1 Calderas.....	2
1.1.2 Hornos térmicos	6
1.1.3 Distribución y utilización de vapor	7
1.2 Sistemas eléctricos.....	12
1.2.1 Administración de la energía eléctrica.....	12
1.2.2 Refrigeración.....	17
1.2.3 Aire acondicionado.....	19
1.2.4 Aire comprimido.....	22
1.2.5 Motores eléctricos.....	25
1.2.6 Hornos eléctricos.....	29
1.2.7 Iluminación	31
2. Casos de estudio en MYPES.....	38
2.1 Caso de estudio. Sector hotelero	38
2.1.1 Descripción general de la compañía	38
2.1.2 Beneficios económicos y ambientales	38
2.2 Caso de estudio. Sector textil	39
2.2.1 Descripción general de la compañía	39
2.2.2 Beneficios económicos y ambientales	39
3. Bibliografía	40
4. Anexos.....	41

Índice de Tablas

Tabla 1. Optimización del funcionamiento de la caldera	4
Tabla 2. Pérdidas de calor por cada 10m de tubería de vapor aislamiento.....	10
Tabla 3. Pérdidas de vapor (método del tamaño del orificio).....	11
Tabla 4. Ahorro energético en equipos de refrigeración.....	19
Tabla 5. Número de arranques permitidos y mínimo tiempo entre arranques.....	26
Tabla 6. Comparación de lámparas con gas vs. lámparas con vacío.....	33
Tabla 7. Comparación de tipo de lámparas en Semáforos.....	36
Tabla 8. Niveles de iluminación recomendados.....	37
Tabla 9. Beneficios económicos y ambientales de oportunidades de EE.....	38
Tabla 10. Beneficios económicos y ambientales de oportunidades de EE	39

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Esquema de funcionamiento de una Caldera.....	3
Ilustración 2. Área interna de una caldera horizontal	3
Ilustración 3. Caldera pirotubular.....	5
Ilustración 4. Horno industrial.....	6
Ilustración 5. Trampa de vapor de balde invertido.....	9
Ilustración 6. Trampa de vapor de tipo termodinámico.....	9
Ilustración 7. Aislamiento térmico de tuberías.....	9
Ilustración 8. Aislamiento térmico en sala de calderas.....	10
Ilustración 9. Aislamiento térmico de válvulas	11
Ilustración 10. Factores para determinar la capacidad del banco de capacitores (kVA)	16
Ilustración 11. Sistema de Refrigeración.....	19
Ilustración 12. Equipo de aire acondicionado.....	20
Ilustración 13. Motor eléctrico.....	25
Ilustración 14. Comparación de eficiencia de motores de 10 HP.....	28
Ilustración 15. Partes de una bombilla.....	32
Ilustración 16. Rendimiento de una lámpara incandescente	32
Ilustración 17. Esquema de una lámpara de descarga	33
Ilustración 18. Partes de una lámpara de descarga	34
Ilustración 19. Pérdidas de energía en lámparas de descarga	34
Ilustración 20. Partes de un dispositivo LED.....	35

Introducción

La eficiencia energética (EE) es una herramienta que ayuda a reducir el consumo energético de los sistemas eléctricos y térmicos, y a su vez busca optimizar el desempeño de los mismos, evaluando sus parámetros de funcionamiento, sus consumos energéticos, la variación de la carga durante el periodo de trabajo, sus rendimientos, entre otros parámetros específicos de cada equipo.

El objetivo principal del manual está orientado a que las empresas tengan un panorama general de las medidas en eficiencia energética y evalúen sus sistemas energéticos dentro de sus procesos productivos. Apoyándose también, de algunos ejemplos de cálculo de oportunidades de EE, y de esta forma estimar los beneficios económicos a alcanzar.

En los siguientes capítulos se presentaran los principales sistemas térmicos y sistemas eléctricos en la producción industrial, en donde se describirán los conceptos generales de cada sistema y se identificarán las oportunidades de eficiencia energética que pueden ser aplicadas en la Mediana y Pequeña Empresa (MYPES).

Este manual, pretende ofrecer a sus lectores versatilidad en la gama de medidas, presentando oportunidades de nula, baja y alta inversión; facilitando de este modo la ejecución de ellas, y con esto reducir los consumos energéticos por unidad de producto. A su vez, la replicación de estas medidas de EE en la mayoría de las MYPES, abre la posibilidad de que los resultados obtenidos, sean representativos a gran escala, en materia de consumo energético para el país.

I. Eficiencia energética en la producción industrial

El esfuerzo de implementar “eficiencia energética” (EE) en la industria inició alrededor de 1970, originado en primer lugar por la necesidad de reducir los costos de operación. A pesar que la energía es vital para muchos procesos, esto no es necesariamente un componente crítico de costos. Actualmente, la EE es vista de forma fragmentada debido a la ausencia de una metodología establecida.

Muy pocos practicantes de EE están preocupados por los resultados medioambientales de la aplicación de EE, aún cuando una parte de las opciones de EE pueden llevar a obtener beneficios medioambientales y estas no son vistas de forma relevante. Para la EE la reducción de costos es la principal preocupación ya que favorecería de forma económica a las empresas, aun cuando estas opciones conlleven impactos negativos al medioambiente.

I.1 Sistemas térmicos

Los sistemas térmicos son equipos cuya función es la generación de calor a través de la combustión de un combustible con el oxígeno del aire. Se utilizan para cubrir necesidades térmicas de calefacción y agua caliente y de procesos productivos tales como el tratamiento térmico de metales, el calentamiento y el secado de sustancias en diferentes sectores industriales como el químico, textil, agroindustrial, construcción, metal-mecánica, etc. Los equipos térmicos más representativos son calderas, hornos y secadores.

El equipo térmico más empleado es la caldera. Estos sistemas utilizan el calor producido durante la combustión de un combustible, para calentar un fluido que posteriormente será utilizado donde existan necesidades térmicas. Los hornos, por su parte, en lugar de calentar un fluido, elevan la temperatura directamente de la carga que se encuentra en su interior. Estos equipos suelen encontrarse en la industria del metal, química, alimentos, entre otros y se emplean para el tratamiento térmico, la cocción, el curado y otras aplicaciones.

Por último, los secadores, cuya función es la de reducir el contenido de humedad de las sustancias, son ampliamente utilizados en el sector alimenticio y agroindustrial.

En las industrias antes mencionadas, estos sistemas térmicos son generalmente los equipos más importantes en los que se basa el proceso de producción y por lo general son los mayores consumidores de energía en la planta, llegando a alcanzar costos superiores al 50 % de la demanda energética total.

I.1.1 Calderas

El principio de funcionamiento de las calderas es combustible y comburente (aire) se inyectan en el interior de la caldera a través del quemador y se inflaman con ayuda de la llama que alimentan. La reacción que tiene lugar entre el combustible y el oxígeno del aire es altamente exotérmica, y genera como productos, residuos sólidos (como cenizas y escorias) y humos o gases a elevadas temperaturas (de 200 a 1,000 °C). El contenido energético de estos gases se aprovecha en calderas para calentar un fluido (aire, agua o aceite) mediante una superficie de intercambio. El fluido que ha aumentado su temperatura servirá posteriormente para calentar un área, mover una turbina, etc. Finalmente los gases de combustión que han cedido gran parte de su temperatura, son evacuados por una chimenea.



Ilustración 1. Esquema de funcionamiento de una Caldera

1.1.1.1 Tipos de calderas

Las calderas se pueden clasificar en función de múltiples criterios. Según el tipo de combustión, las calderas pueden ser de cámara de combustión abierta (atmosférica o tiro natural) o cerrada (presurizada o tiro forzado). Estas últimas presentan multitud de ventajas sobre las atmosféricas como el mejor rendimiento, la estabilidad de la combustión o el mínimo exceso de aire necesario.

De acuerdo con la forma de intercambio de calor, se encuentran calderas acuotubulares o piro-tubulares. En las acuotubulares, hay una serie de tubos por los que circula el fluido a calentar, y por su exterior circulan los gases que ceden parte de su energía a través de las paredes de los tubos. En las piro-tubulares, son los humos calientes los que pasan por los tubos, los cuales están rodeados por el fluido a calentar.

Según el rendimiento pueden ser estándar, de baja temperatura y de condensación. La caldera estándar es una caldera para la producción de agua caliente, con tubos de pared simple, que trabaja a una temperatura constante del agua a la salida entre 70 y 90 °C, el diseño de este tipo de caldera no permite que el vapor de agua contenido en los gases de salida condense en su interior, limitando la temperatura de retorno del agua a la caldera a los 70 °C aproximadamente. Una caldera de baja temperatura permite aprovechar el calor sensible de los humos a través de un recuperador de calor especial, mientras que una caldera de condensación está diseñada para permitir que el vapor de agua de los gases de combustión condense sobre la superficie de los tubos de humos, consiguiendo recuperar el calor latente de los gases de combustión. Las calderas de alta eficiencia (baja temperatura o condensación) pueden suponer un ahorro del 10-20 % del combustible utilizado especialmente si se trabaja a bajas cargas.

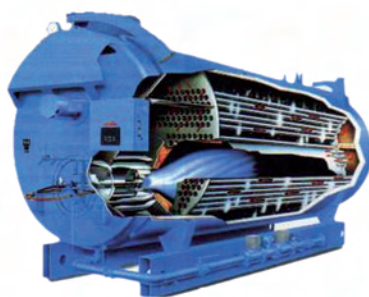


Ilustración 2. Área interna de una caldera horizontal

1.1.1.2 Rendimiento de la caldera

Uno de los parámetros más importantes para evaluar el funcionamiento de una caldera es su rendimiento, que se define como la relación entre el calor útil producido (considerando las diversas pérdidas a través de los gases de combustión, las paredes de la caldera y los caudales de purga) y la energía proporcionada por el combustible.

Para evaluar el rendimiento es necesario disponer de un analizador de gases de combustión que proporcione la concentración en gases de O_2 , CO_2 , CO y la temperatura de los gases, así como un termómetro de superficie para medir la temperatura de las paredes de la caldera.

Los valores adecuados de O_2 , CO y temperatura de gases dependen del tipo de combustible, quemador utilizado y del tamaño de la caldera.

Valores de O_2 bajo y CO alto indican que la cantidad de aire de combustión es insuficiente. Esto suele verse reflejado en el color negruzco de los humos que salen por la chimenea. Para nivelar estos valores no hay más que aumentar la compuerta de paso de aire del quemador.

Aunque humos claros y una concentración de O_2 elevada no aseguran de por sí un buen funcionamiento. Podría ser que se estuviera utilizando una cantidad excesiva de aire, lo cual implica un gasto energético innecesario, pues el aire "arrastraría" mucho calor por la chimenea impidiendo su aprovechamiento para la calefacción. En este caso debería disminuirse la compuerta de paso del aire hacia el quemador.

El color oscuro de los humos puede implicar también un desajuste en la mezcla aire-combustible debido a una pulverización insuficiente del combustible. Si se emplean combustibles líquidos, es necesario realizar una regulación y limpieza de los quemadores para obtener una buena pulverización. El ahorro de combustible obtenido con una buena regulación de la combustión puede llegar a suponer entre el 5-7 % del consumo total del equipo.

Las pérdidas de calor a través de las paredes pueden reducirse hasta un 70-80 %, lo que puede suponer un ahorro del 1-2 % del combustible.

Si la temperatura de los gases de chimenea supera los 230 °C, puede ser debido a un mal intercambio de calor en el interior de la caldera. Para solucionarlo, habría que proceder a una limpieza. Una limpieza periódica de la caldera mejora la transferencia térmica en el interior de la misma, aumentando el calor útil obtenido y disminuyendo la temperatura de los gases de salida. Por cada 20 °C que se consiga disminuir la temperatura de los gases, se reduce el consumo de combustible en un 1 % aproximadamente.

A continuación se presentan las pautas a seguir para mejorar la eficiencia en caldera.

Tabla 1: Optimización del funcionamiento de la caldera

Valores del análisis	Causa	Solución
CO alto y O_2 bajo	Cantidad de aire introducido en caldera insuficiente	Aumentar la apertura de la compuerta de paso de aire del quemador
Co ₂ bajo y/o O_2 alto	Exceso de aire	Disminuir la apertura de la compuerta de paso de aire del quemador
CO alto y O_2 alto	Mezcla aire combustible inadecuada	Desmontar el inyector, llevar a cabo una limpieza o sustituirlo si fuera necesario y efectuar de nuevo el análisis
Temperatura de paredes > Temperatura ambiente sala	Calderas antiguas o con desperfectos en su aislamiento	Sustitución del aislamiento
Temperatura de gases > 230 °C	Intercambio de calor inadecuado	Limpieza del interior de la caldera o instalación de un economizador de calor

Fuente: Disminución de costos energéticos, IRCE



Ilustración 3. Caldera pirotubular.

1.1.1.3 Sustitución de la caldera

Normalmente, las intervenciones de mantenimiento periódico permiten mantener el rendimiento dentro de los límites establecidos. Pero el rendimiento no es constante a lo largo del tiempo, sino que va disminuyendo hasta que llega un punto en el que por la antigüedad de la caldera y su mal funcionamiento puede ser necesario sustituirla. La vida útil de estos equipos es aproximadamente de 15 años.

Tanto en el caso de haber superado la vida útil o de haber detectado serios desperfectos de la caldera, es recomendable sustituirla por una de alto rendimiento. La instalación de una caldera de alto rendimiento, requiere una mayor inversión inicial. En comparación con una caldera estándar, el costo de una caldera de baja temperatura es un 25 - 30 % superior, mientras que para una caldera de condensación puede llegar a duplicarse la inversión inicial.

1.1.1.4 Utilización de economizadores y pre-calentadores

Los gases de combustión que salen de la caldera suficientemente calientes (a una temperatura superior a 230 °C) tienen todavía energía sobrante que puede ser utilizada para precalentar el agua o el aire de combustión y disminuir la demanda de combustible. El calor recuperado de los gases puede aprovecharse incluso en un equipo distinto. Por ejemplo, pueden utilizarse los gases de escape a baja temperatura para procesos de secado.

Los equipos encargados de precalentar el agua de alimentación se denominan economizadores, que no son más que intercambiadores de calor que permiten que los gases de escape calientes cedan calor al agua de alimentación.

Si lo que se desea es precalentar el aire de combustión, estos se denominan pre-calentadores, que son también un tipo especial de intercambiadores de calor gas-aire.

En cualquier caso se debe tener en cuenta que existe un límite por debajo del cual no es posible enfriar los gases (150 -175 °C), ya que se podrían producir importantes corrosiones en conductos debido a la condensación de ácido sulfúrico. A esta temperatura se le denomina temperatura de rocío. Esta restricción no se aplica en combustibles con bajo contenido en azufre tales como gas natural o gases licuados del petróleo (GLP).

1.1.1.5 Medidas de ahorro generales

A continuación se describen una serie de medidas adicionales que pueden ayudar a incrementar el rendimiento de la caldera.

- a. Purgar los circuitos para eliminar el aire que pueda haber quedado atrapado en el interior, ya que disminuye la transferencia de calor.
- b. Revisar el estado de los componentes del sistema como bombas, ventiladores, etc. Y proceder a su mantenimiento de ser necesario.
- c. Las pérdidas en las purgas se pueden disminuir racionalizando la cantidad de las mismas y mejorando la calidad del agua de alimentación.

El rendimiento de las calderas a baja carga es menor que a plena carga. Es por esto que en muchos casos resulta más conveniente instalar varias calderas más pequeñas que puedan entrar en servicio o parar en función de la demanda de calor, trabajando así todas ellas en su punto de máximo rendimiento.

En el caso de que existan varias calderas, es importante que aquéllas con mejor rendimiento funcionen constantemente en régimen estacionario, dejando las menos eficientes para absorber las variaciones en la demanda de calor.

1.1.2 Hornos térmicos

Los hornos térmicos tienen un principio de operación similar al de las calderas: el calor generado al quemar un combustible se utiliza para transformar físicamente cierto producto. La diferencia fundamental con las calderas es que en este caso, en lugar de calentar un fluido intermedio que posteriormente se empleará para realizar la transformación, es directamente el producto el que eleva su temperatura en el interior del horno.

Debido a la similitud en el principio de operación con las calderas, las medidas de ahorro expuestas en la sección anterior, tales como un buen aislamiento del equipo, la recuperación de calor de los gases, etc. pueden también aplicarse a estos sistemas.

Hay que mencionar que últimamente los hornos eléctricos vienen sustituyendo a los hornos térmicos debido a su mayor limpieza, facilidad de control y mantenimiento y en algunos casos mejor eficiencia.



Ilustración 4. Horno industrial

1.1.2.1 Medidas de ahorro

Antes de optimizar el equipo, es necesario investigar si se puede mejorar el proceso. A continuación se enuncian algunas medidas:

- Es muy importante que el equipo térmico se utilice exclusivamente para los procesos y los productos para los que fue diseñado.
- Los procesos en continuo utilizan generalmente menos energía que los procesos por lotes. Si los productos requieren de un proceso por lotes, es mejor utilizar equipos de baja inercia térmica de modo que la temperatura de funcionamiento se alcance rápidamente.
- La automatización completa del control de los equipos térmicos y de las operaciones de carga y descarga acelerará el proceso y permitirá un mejor funcionamiento de los equipos.
- Evitar operar a cargas parciales. Operar a plena carga implica utilizar menos combustible por unidad de producto y reducción de costos.
- Al igual que en calderas, se pueden obtener importantes ahorros de combustible utilizando el calor de los gases de escape para precalentar el aire de combustión.
- Los gases calientes también pueden utilizarse para precalentar el producto antes de entrar al dispositivo de calentamiento. De esta manera la demanda energética en el interior del equipo térmico disminuirá, por lo que se necesitará menos combustible.
- Si después de optimizar el proceso, todavía existe un flujo significativo de calor residual, se puede reconsiderar su uso para producción de agua caliente, limpieza de áreas/equipos, etc.

1.1.3 Distribución y utilización de vapor

El sistema de distribución de vapor permite llevar el vapor en la cantidad y calidad requerida por el proceso. En este sistema, es importante:

- a. Contar con buenos procedimientos de operación
- b. Operar adecuadamente las trampas de vapor
- c. Mantener aisladas las tuberías, equipos y dispositivos
- d. Evitar las fugas de vapor
- e. Mantener una presión de vapor adecuada

A continuación se describe cada una de ellas:

- a. Procedimientos de operación generales.
 - Considerar la viabilidad de sustituir los eyectores de vapor (para producir vacío), por bombas de vacío mecánicas.

- Operar con el menor número de eyectores de vapor.
- Reparar cualquier fuga que se presente.
- Clasificar cada generador de vapor de acuerdo con sus características de desempeño y eficiencia.
 - De esta forma, durante los periodos de demanda “pico” de vapor, los generadores más eficientes son los que trabajarán a plena o mínima carga, lo cual mantendrá un consumo de energía al mínimo.
- Revisar periódicamente los sistemas de vapor para detectar líneas de vapor usadas con muy poca frecuencia y que puedan ser eliminadas o puestas fuera de servicio.
- Incluir en el diseño de este sistema, equipos de medición de flujo de vapor.

b. Operar adecuadamente las trampas de vapor.

La función de las trampas de vapor es la de permitir automáticamente el drenado de condensado que se forma en el sistema, sin dejar escapar el vapor, además de permitir la eliminación de aire y gases incondensables.

Para asegurar un funcionamiento adecuado, sin pérdidas de energía, se recomienda:

- Elaborar para cada área operativa, un programa de revisión rutinaria de las trampas de vapor para verificar su operación adecuada.
 - La frecuencia de revisión dependerá de las condiciones particulares de cada área; sin embargo, debe revisarse, como mínimo, mensualmente.
- Mantener un censo actualizado de las trampas de vapor.
 - Numerar todas las trampas y registrar su localización en un croquis para facilitar su revisión y registro.
- Capacitar al personal operativo y de mantenimiento sobre las técnicas de pruebas de operación de trampas.
 - Se puede utilizar equipo ultrasónico, estetoscopios para escuchar la apertura y cierre de la válvula, verificación de temperaturas antes y después de la trampa.
- Asignar máxima prioridad a la reparación y mantenimiento de trampas.
 - El aplicar un procedimiento de mantenimiento periódico puede reducir las fallas en trampas hasta un 3 ó 5 %. Una trampa que no cierra puede representar pérdidas de vapor entre 22 y 45 Kg de vapor/hr, (50-100 lb de vapor/hr). Por ello, se debe establecer un programa de mantenimiento y tomar en cuenta que el número de trampas defectuosas debe ser menor del 5% del total.
- Seleccionar las trampas de vapor de acuerdo a su aplicación y descarga esperada de condensado.



Ilustración 5. Trampa de vapor de balde invertido.



Ilustración 6. Trampa de vapor de tipo termodinámica

c. Mantener aisladas las tuberías, equipos y dispositivos.

El aislamiento en tuberías, equipos y accesorios del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado, evitará pérdidas de calor hacia el ambiente. Es muy importante instalar, en cada tramo de tubería, el espesor óptimo de aislamiento.

En la tabla 2 se indica el efecto que produce un inadecuado aislamiento.

- Inspeccionar periódicamente el aislamiento para reemplazar o reparar los tramos dañados o deteriorados.
- Esto es especialmente necesario después de que se han tenido que retirar tramos de aislamiento para reparar fugas de vapor. En general, al menos una vez por año, debe realizarse esta inspección de las líneas de vapor. Durante una inspección de rutina, debe identificarse el daño físico, grietas; bandas y cintas rotas; juntas rotas o dañadas y/o cubiertas dañadas.



Ilustración 7. Aislamiento térmico de tuberías.

Tabla 2. Pérdidas de calor por cada 10m de tubería de vapor aislamiento

Diámetro Nominal (mm)	Pérdidas de calor en M Btu / año			
	Presión de vapor (kg cm ²)			
	1.05	10.56	12.12	42.25
25.4	45.93	93.50	123.03	162.40
50.8	77.09	157.48	206.69	275.59
101.6	136.15	278.87	367.45	492.12
203.2	232.78	505.25	666.01	894.02
304.8	346.13	721.78	954.72	1286.08

Nota de referencia: Tubo de acero en posición horizontal, temperatura ambiente 24 °C, sin velocidad en el aire y una operación de 8760 horas/año.

Fuente: DOE.- EnergyTips

- Un instrumento muy útil para verificar el estado del aislamiento es la revisión termográfica del mismo, mediante un dispositivo capaz de identificar temperaturas y las variaciones de está.
 - Este instrumento indica la temperatura superficial con imágenes compuestas de varios colores; es ideal para revisar áreas extensas. Los pirómetros de contacto y pistolas caloríficas deben estar en contacto directo con la superficie, para medir su calor.
- Revisar el aislamiento después de cualquier mantenimiento.
 - Las áreas donde se han efectuado otros trabajos de mantenimiento, tienen que revisarse para identificar dónde debe repararse el aislamiento.
- Bloquear las líneas de vapor que no estén en operación.

Las fugas de vapor son una forma visible de desperdicio de energía y, por lo mismo, también indican una indiferencia por la operación eficiente del sistema. Existen dos métodos para estimar las pérdidas de vapor por fugas: En función del tamaño del orificio (Tabla 3) y en función de la presión de operación vs. altura de pluma.



Ilustración 8. Aislamiento térmico en sala de calderas.

d. Evitar las fugas de calor.

Para evitar pérdidas de energía por fugas de vapor, se recomienda:

- Todas las fugas de vapor deben repararse tan pronto como sea posible.
- En los procedimientos de mantenimiento, especifique las juntas y empaques para las bridas de las válvulas.
- En el diseño del sistema de vapor, se debe evitar el uso de conexiones roscadas.



Ilustración 9. Aislamiento térmico de válvulas.

e. Mantener una presión de vapor adecuada.

- Usar vapor a la mínima presión posible, para servicios de calentamiento.
- Esto reducirá el consumo de energía. Los cambios en el proceso o en los equipos, frecuentemente permiten el uso de una menor presión del vapor.

Tabla 3. Pérdidas de vapor (método del tamaño del orificio)

<i>Presión de vapor</i>		<i>Tamaño del orificio</i>		<i>Pérdida de vapor</i>	
Kg/cm ²	psi	mm	plg	Kg/hr	lb/hr
8.1	115	1.58	1/16	6.82	15
8.1	115	3.17	1/8	27.3	60
8.1	115	6.35	1/4	109.1	240
8.1	115	12.7	½	459.1	1010
8.1	115	25.4	1	1772.7	3900
29.2	415	1.58	1/16	659.1	1450
29.2	415	3.17	1/8	2636.4	5800
29.2	415	6.35	1/4	10545.4	23200
29.2	415	12.7	½	42181.8	92800
29.2	415	25.4	1	169090	372000

Fuente: Guía de vapor, CONAE

- Aprovechar el vapor a todos los niveles de presión posible.
- En el vapor de alta presión no deben utilizarse válvulas reductoras de presión, y el vapor de baja presión no es conveniente que sea venteado a la atmósfera.

Existen grandes ahorros cuando se eliminan los venteos (descargas de vapor) y reducciones de presión. La instrumentación tendrá que considerar, desde su diseño, el monitoreo constante de la presión y los venteos de vapor.

1.2 Sistemas eléctricos

La energía, especialmente la eléctrica, es un recurso con gran incidencia en los procesos productivos y en los actos cotidianos, íntimamente relacionado con el confort, la calidad de vida y el desarrollo económico.

Para poder analizar las oportunidades de ahorro de los equipos eléctricos en la industria, es conveniente analizar la secuencia que sigue la energía eléctrica desde que se genera hasta que se consume:

- En primer lugar los generadores eléctricos producen energía eléctrica en las centrales generadoras (térmica, hidroeléctrica, geotérmica y biomasa) produciendo potencias muy elevadas y por tanto grandes corrientes.
- Esta potencia es transformada en otra de mayor nivel de tensión y por lo tanto de menor corriente en las estaciones transformadoras, para minimizar las pérdidas en el transporte.
- Para el transporte de esta energía eléctrica hacia los centros de consumo se utilizan las redes de transporte para luego pasarla a las redes de distribución.
- Por último, a partir de estos puntos la tensión se reduce nuevamente a los valores necesarios por los elementos que vayan a conectarse a la red (clientes de media y baja tensión).

Las pérdidas energéticas se producen en todas las partes de una instalación eléctrica. Esto es, generación, transporte, distribución y consumo. Las empresas, para conseguir ahorros, pueden actuar tan sólo sobre su consumo eléctrico, por lo tanto, el ahorro de energía se centrará en los procesos de producción.

“La eficiencia de un sistema energético se define como el cociente entre la potencia de salida (que es igual a la potencia de entrada menos las pérdidas) y la potencia de entrada al sistema”.

1.2.1 Administración de la energía eléctrica

1.2.1.1 Control del consumo de energía eléctrica

Los estudios realizados han demostrado que reducir la operación innecesaria del equipo representa un potencial significativo de ahorro de energía eléctrica; es común encontrar luminarias encendidas sin necesidad, máquinas encendidas sin procesar producto, cuartos refrigerados con la puerta abierta, entre otros.

Actualmente, los dispositivos automáticos ofrecen tantas ventajas significativas a su contraparte humana; su confiabilidad es mucho mayor, ya que la fatiga, la falta de atención, mala actitud, incapacidad y otras características humanas no entran en juego.

La recopilación de información de energía eléctrica en una empresa nos ayuda a:

- Interpretar y controlar las variables energéticas
- Costeo Efectivo del producto
- Generación de indicadores de desempeño y evaluar:
 - Eficiencia en los procesos
 - Detección de Anomalías
 - Nuevas tecnologías
- Reducción de picos de demanda
- Evaluación de proyectos de generación alterna de energía

1.2.1.2 Controles de Encendido y Apagado

Existe una variedad de dispositivos simples y de bajo costo, que usualmente controlan sólo una carga, se pueden clasificar dentro de esta categoría.

- Controles de tiempo, los tipos mecánicos y más recientemente los tipos electrónicos, controlan el encendido y apagado de equipo específico a tiempos preestablecidos durante un día o semana.
- Interlocks, pueden conectarse al cableado del equipo auxiliar de un equipo primario de manera que, por ejemplo, cuando se apaga una máquina de proceso, su ventilador, o iluminación o flujo de agua se suspende automáticamente.
- Relevadores de foto-celda, empleados especialmente para sistemas de iluminación para encender en la oscuridad y apagar cuando la iluminación natural sea adecuada.
- Equipo termostático, que puede tener diferentes puntos de referencia para ciertos períodos del día o de la noche, y pueden reducir el empleo de los equipos de calefacción o refrigeración.
- Sensores infrarrojos de presencia, que perciben la presencia o ausencia humana y pueden apagar o encender la iluminación de un área o algún equipo.

1.2.1.3 Controladores Programables

Se emplean principalmente en equipos que tienen cargas cíclicas y sustituyen a los relevadores electromecánicos.

También son usados con frecuencia para controlar equipo individual con el método de encendido/apagado o a una hora específica del día. Los equipos típicos disponibles controlan una variedad de puntos.

El tiempo de arranque o paro de cada punto puede controlarse individualmente o monitorearse.

1.2.1.4 Control de la demanda máxima

El control de demanda es la administración de las principales cargas eléctricas para reducir y establecer un límite máximo a la demanda (kW) durante ciertos períodos de tiempo.

Los cargos por demanda máxima representan un componente importante y apreciable de la factura eléctrica. Dependiendo del factor de carga de la planta, los cargos directos por demanda típicamente representan entre 15 % y el 30 % de la facturación.

Demanda Máxima Medida

Esta es la demanda instantánea registrada por el medidor de la compañía eléctrica sobre cualquier intervalo de 15 minutos. Estos valores medidos de la demanda máxima se registran mensualmente durante el período punta, valle y resto.

A. Metodología de control de la demanda

- i. Recopilación de la información: Es el primer paso de esta metodología, en donde básicamente se debe obtener los datos de la facturación eléctrica y producción de la empresa a analizar, el censo de las principales cargas y sus horarios de operación.
- ii. Análisis de la información, esto requiere de un análisis histórico de la facturación eléctrica revisando los índices energéticos de un año de la empresa (kWh/producto), comportamiento de la demanda punta, valle y resto, graficar el comportamiento de la demanda y del consumo de energía anual, revisar el perfil de demanda proporcionado para un mes y verificar el comportamiento de la demanda en períodos sin producción.
- iii. Mediciones. En esta etapa se requiere de equipos de medición apropiados, ya que se realizan mediciones en transformadores y en cada una de las principales cargas, además se realiza un análisis de las mediciones eléctricas y de la operación de estas cargas.
- iv. Propuesta de control de la demanda, se realiza con base a la información entregada, en donde básicamente se presentarán los nuevos horarios de operación y con ellos se elaborarán los nuevos perfiles de operación ya sea para un día típico o para un fin de semana, con estos se tendrá el nuevo perfil de demanda mensual con la reducción en la demanda máxima y en la demanda facturada. Si se tienen el consumo y demanda de energía eléctrica en cada uno de los horarios de facturación podremos calcular el monto a pagar, dependiendo de la tarifa eléctrica. En el anexo A se encuentra un ejemplo de propuesta de control de demanda.

- v. Evaluación económica del proyecto. Para esta etapa se requiere de dos aspectos, el primero es la determinación de los beneficios económicos y energéticos, el cual consiste en el ahorro obtenido por las modificaciones sugeridas de cambios de horarios, ajuste de cargas, modificaciones en el contrato de las demandas energéticas, entre otros; el segundo aspecto es la inversión a realizar en el equipo de control que la empresa requiere y/o capacitaciones.

B. Equipos para control de demanda

Un controlador de demanda básicamente es un dispositivo que actúa sobre una señal, que temporalmente apaga cargas eléctricas predeterminadas, para mantener la demanda máxima bajo control. El controlador, apaga o establece ciclos de trabajo a las cargas cuando la demanda alcanza un valor preseleccionado, o crece a una tasa. El punto prefijado debe ser cuidadosamente seleccionado, para que no se afecte la producción o necesidades de operación.

Los controladores automáticos, tienen la posibilidad de manejar diferentes tablas de niveles de acuerdo al día, la fecha, el mes, la estación, o el año.

Algunos equipos implementan esquemas de re-conexión y/o conexión anticipada en el caso de demandas bajas y cargas programables de gran “capacitancia”. De esta manera, la capacidad de la planta de almacenar energía, se optimiza en forma económica.

Existen sistemas para control que van desde un sistema de monitoreo, registro y adquisición de parámetros eléctricos. Este sistema permite cubrir cualquier necesidad de medición eléctrica y control de demanda, ya que ofrece entre otras cosas:

- Control de demanda
- Estado de las cargas en control
- Mediciones en tiempo real
- Registro de eventos de medición y operación
- Manejo de tendencias
- Facturación
- Generación de reportes

1.2.1.5 Control del factor de potencia

El factor de potencia se define como el cociente entre la potencia activa o real (útil) y la potencia aparente. Trabajar con un factor de potencia bajo es caro e ineficiente. Las compañías eléctricas imponen recargos adicionales cuando una empresa opera con un factor de potencia inferior a 0.9. Un bajo factor de potencia también reduce la capacidad eléctrica de distribución del sistema porque se incrementa la corriente, causando un aumento de las caídas de tensión.

Un bajo factor de potencia es causado por cargas inductivas tales como transformadores, motores eléctricos y lámparas fluorescentes. Son este tipo de elementos los que precisamente consumen la mayor parte de la energía en la industria.

Los principales beneficios que conlleva la mejora del factor de potencia son:

- Reducir la factura de la compañía eléctrica. Debido a las modificaciones realizadas en los equipos y a la eliminación de multas.
- Aumento de la capacidad de transmitir energía útil en el sistema eléctrico. Un factor de potencia incorrecto causará pérdidas de potencia en el sistema de distribución y provocará caídas de tensión lo que puede causar sobrecalentamiento y fallos prematuros en motores y otros equipos con carácter inductivo.

Algunas de las estrategias más utilizadas para corregir el factor de potencia son:

- Minimizar la operación de motores sin carga o con baja carga.
- Evitar que los equipos operen por encima de su tensión nominal.
- Sustituir los motores convencionales por motores de alta eficiencia. No obstante, aun los motores de alta eficiencia deben operarse a su capacidad óptima.

Original Power Factor	Desired Power Factor																				
	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
0.50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.249	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.589	1.732
0.51	0.937	0.962	0.989	1.015	1.041	1.067	1.094	1.120	1.147	1.175	1.203	1.231	1.261	1.292	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687
0.52	0.893	0.919	0.945	0.971	0.997	1.023	1.050	1.076	1.103	1.131	1.159	1.187	1.217	1.248	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643
0.53	0.850	0.876	0.902	0.928	0.954	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.457	1.600
0.54	0.809	0.835	0.861	0.887	0.913	0.939	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.133	1.164	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559
0.55	0.769	0.795	0.821	0.847	0.873	0.899	0.926	0.952	0.979	1.007	1.035	1.063	1.093	1.124	1.156	1.190	1.227	1.268	1.316	1.376	1.519
0.56	0.730	0.756	0.782	0.808	0.834	0.860	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996	1.024	1.054	1.085	1.117	1.151	1.188	1.229	1.277	1.337	1.480
0.57	0.692	0.718	0.744	0.770	0.796	0.822	0.849	0.875	0.902	0.930	0.958	0.986	1.016	1.047	1.079	1.113	1.150	1.191	1.239	1.299	1.442
0.58	0.655	0.681	0.707	0.733	0.759	0.785	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921	0.949	0.979	1.010	1.042	1.078	1.113	1.154	1.202	1.262	1.405
0.59	0.619	0.645	0.671	0.697	0.723	0.749	0.775	0.802	0.829	0.857	0.885	0.913	0.943	0.974	1.006	1.040	1.077	1.118	1.166	1.226	1.369
0.60	0.583	0.609	0.635	0.661	0.687	0.713	0.740	0.766	0.793	0.821	0.849	0.877	0.907	0.938	0.970	1.004	1.041	1.082	1.130	1.190	1.333
0.61	0.549	0.575	0.601	0.627	0.653	0.679	0.705	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.156	1.299
0.62	0.516	0.542	0.568	0.594	0.620	0.646	0.673	0.699	0.726	0.754	0.782	0.810	0.840	0.871	0.903	0.937	0.974	1.015	1.063	1.123	1.266
0.63	0.483	0.509	0.535	0.561	0.587	0.613	0.640	0.666	0.693	0.721	0.749	0.777	0.807	0.838	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233
0.64	0.451	0.474	0.503	0.529	0.555	0.581	0.608	0.634	0.661	0.689	0.717	0.745	0.775	0.806	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.068	1.211
0.65	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.575	0.602	0.629	0.657	0.685	0.713	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.918	0.966	1.026	1.169
0.66	0.388	0.414	0.440	0.466	0.492	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.712	0.743	0.775	0.809	0.846	0.887	0.935	0.995	1.138
0.67	0.358	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.965	1.108
0.68	0.328	0.354	0.380	0.406	0.432	0.458	0.485	0.511	0.538	0.566	0.594	0.622	0.652	0.683	0.715	0.749	0.786	0.827	0.875	0.935	1.078
0.69	0.299	0.325	0.351	0.377	0.403	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.687	0.721	0.758	0.800	0.846	0.906	1.049
0.70	0.270	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.594	0.625	0.658	0.692	0.729	0.770	0.817	0.877	1.020
0.71	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.399	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.630	0.664	0.701	0.742	0.789	0.849	0.992
0.72	0.214	0.240	0.266	0.292	0.318	0.344	0.371	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.602	0.636	0.673	0.714	0.761	0.821	0.964
0.73	0.186	0.212	0.238	0.264	0.290	0.316	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452	0.480	0.510	0.541	0.574	0.608	0.645	0.686	0.733	0.793	0.936
0.74	0.159	0.185	0.211	0.237	0.263	0.289	0.315	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.547	0.581	0.618	0.659	0.706	0.766	0.909
0.75	0.132	0.158	0.184	0.210	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.520	0.554	0.591	0.632	0.679	0.739	0.882
0.76	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.604	0.651	0.711	0.854
0.77	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.289	0.317	0.345	0.373	0.403	0.434	0.466	0.499	0.534	0.572	0.619	0.679	0.822
0.78	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.182	0.209	0.235	0.262	0.290	0.318	0.346	0.376	0.407	0.439	0.472	0.507	0.545	0.590	0.649	0.792
0.79	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.445	0.480	0.525	0.573	0.632	0.775
0.80	0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.600	0.743
0.81	0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.296	0.326	0.357	0.389	0.423	0.460	0.499	0.548	0.601	0.744
0.82	0.000	0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.555	0.608	0.661	0.804
0.83	0.000	0.026	0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.529	0.592	0.645	0.698	0.841
0.84	0.000	0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.566	0.629	0.682	0.735	0.878
0.85	0.000	0.027	0.053	0.080	0.108	0.136	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.539	0.601	0.664	0.717	0.770	0.913
0.86	0.000	0.026	0.053	0.081	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.342	0.390	0.440	0.492	0.546	0.601	0.656	0.711	0.764	0.907
0.87	0.000	0.027	0.055	0.083	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.477	0.531	0.586	0.641	0.696	0.751	0.804	0.947
0.88	0.000	0.028	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.460	0.514	0.569	0.624	0.679	0.734	0.789	0.842	0.985
0.89	0.000	0.028	0.056	0.086	0.117	0.149	0.183	0.220	0.261	0.309	0.369	0.432	0.496	0.551	0.606	0.661	0.716	0.771	0.826	0.879	1.022
0.90	0.000	0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.233	0.281	0.341	0.404	0.470	0.535	0.599	0.664	0.729	0.794	0.849	0.904	0.957	1.100
0.91	0.000	0.030	0.061	0.093	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.376	0.441	0.507	0.572	0.637	0.692	0.747	0.802	0.857	0.912	0.965	1.108
0.92	0.000	0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.273	0.334	0.399	0.466	0.533	0.599	0.664	0.719	0.774	0.829	0.884	0.939	0.992	1.135
0.93	0.000	0.032	0.065	0.103	0.144	0.192	0.242	0.293	0.355	0.422	0.490	0.558	0.625	0.691	0.746	0.801	0.856	0.911	0.966	1.019	1.162
0.94	0.000	0.034	0.071	0.112	0.160	0.220	0.283	0.347	0.414	0.482	0.550	0.618	0.685	0.749	0.804	0.859	0.914	0.969	1.024	1.077	1.220
0.95	0.000	0.037	0.079	0.126	0.186	0.250	0.315	0.382	0.450	0.518	0.586	0.654	0.721	0.788	0.843	0.898	0.953	1.008	1.063	1.116	1.259
0.96	0.000	0.041	0.089	0.149	0.222	0.297	0.374	0.452	0.530	0.608	0.686	0.764	0.841	0.918	0.995	1.072	1.149	1.226	1.303	1.379	1.522
0.97	0.000	0.048	0.108	0.175	0.253	0.332	0.410	0.488	0.566	0.644	0.722	0.800	0.878	0.955	1.032	1.109	1.186	1.263	1.340	1.417	1.560
0.98	0.000	0.060	0.130	0.209	0.290	0.370	0.450	0.530	0.610	0.690	0.769	0.848	0.927	1.006	1.085	1.164	1.243	1.322	1.401	1.479	1.622
0.99	0.000	0.070	0.150	0.239	0.320	0.400	0.480	0.560	0.640	0.720	0.800	0.880	0.959	1.038	1.117	1.196	1.275	1.354	1.433	1.511	1.654

- Instalar banco de capacitores en el circuito de corriente alterna para disminuir la magnitud de la potencia reactiva.

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo de la capacidad del banco de capacitores para mejorar el factor de potencia.

Ejemplo.

Se quiere averiguar la capacidad de un condensador necesario en kVA, para una potencia de 410 kW con un 0.73 de factor de potencia inicial. Se busca un factor de potencia final de 0.95.

Ilustración 10. Factores para determinar la capacidad del banco de capacitores (kVA)

En la gráfica anterior se observa la intersección de la fila del factor inicial 0.73 y la columna del factor de potencia final 0.95, entonces se obtiene el factor multiplicador necesario: 0.607. Multiplicando 410 por 0.607 se tienen 248.87 kVA. Por lo tanto se utilizará un condensador estándar de 250 kVA para corregir el factor de potencia.

1.2.2 Refrigeración

Los equipos de refrigeración son sistemas generadores de frío destinados fundamentalmente a tareas de conservación de alimentos y creación de hielo. Su principio de operación es similar al de los equipos de aire acondicionado, pero en lugar de enfriar un espacio abierto, absorben el calor de una cámara en donde se encuentran los elementos que se requieran refrigerar.

Los principales sistemas de refrigeración comerciales empleados en la industria y servicios son:

- Cámaras frigoríficas
- Congeladores
- Máquinas de hielo
- Expendedores de bebidas y máquinas de vending

Estos equipos pueden llegar a suponer más del 30 % del consumo energético en muchos establecimientos, puesto que operan usualmente 24 horas al día y tienen vidas útiles de más de 10 años. Es por ello que incluso pequeños ahorros energéticos obtenidos del sistema pueden rentabilizarse rápidamente.

1.2.2.1 Mejora de las condiciones de operación

La mejora de las condiciones de operación son medidas de bajo o nulo costo que alargan la vida útil de los equipos y no implican necesariamente ahorros despreciables.

Con un buen mantenimiento se puede alcanzar hasta un 25 % de reducción de los costos de operación. Este mantenimiento debe incluir:

- Des-escarchado de los serpentines del evaporador y limpieza del condensador.
- Realización de una inspección frecuente de cada uno de los componentes del sistema como compresor, motor, etc.
- Comprobación de la cantidad de gas en el circuito de refrigeración.

Un buen aislamiento es requerido en los equipos de refrigeración, ya que la producción de frío es usualmente más cara que la de calor. Es necesario la revisión de:

- La línea fría del refrigerante en el sistema está correctamente aislada.

- Las puertas de las cámaras están cerradas. Existen detectores que avisan cuando las puertas se quedan abiertas. Si no se desea realizar la inversión, unos carteles que recuerden que las puertas deben cerrarse siempre, pueden ser también útiles.
- Existen juntas para conseguir un cierre hermético de las puertas. Estas juntas deben revisarse periódicamente para comprobar su estado.
- Las cámaras frigoríficas deben estar lo más lejos posible de áreas calientes. De nada sirve una cámara muy potente si el ambiente que la rodea está demasiado caliente. Si esto no es posible, el espesor de aislamiento debe ser especialmente grande para que las pérdidas no sean excesivas.
- En el caso de que exista más de un equipo de refrigeración, la colocación proximal de uno con otro puede disminuir la superficie de contacto con el ambiente y reducir los consumos.

1.2.2.2 Mejora en la eficiencia de los equipos

El cambio de algunas piezas del sistema de refrigeración existente puede mejorar significativamente el rendimiento global de la instalación. Los ahorros varían entre un 1 y un 20 %, dependiendo de la tecnología empleada. A continuación se detalla una serie de equipos que pueden mejorar la eficiencia de los equipos.

- Existen ventiladores de alta eficiencia para el evaporador y condensador que necesitan menos energía para operar y generan menos calor, por lo que reducen la carga a refrigerar. El ahorro potencial de energía se estima entre el 3 y 15 %.
- También hay sistemas de compresión de alta eficiencia que permiten ahorros entre el 6 y el 16 %, dependiendo del equipo de refrigeración empleado.
- Los amplificadores de presión de la línea líquida son pequeñas bombas de refrigeración situadas después del condensador, que aumentan la presión del refrigerante líquido antes de entrar a la válvula de expansión. Este aumento de presión proporciona un sub-enfriamiento del refrigerante, mejorando la eficiencia del sistema. Pueden ahorrar hasta un 20 %.
- Una iluminación eficiente como lámparas fluorescentes tipo T-8 o balastros electrónicos, pueden reducir el consumo eléctrico y la carga de refrigeración en el compresor. Los ahorros pueden llegar hasta el 10 %. Ahorros adicionales pueden conseguirse mediante la instalación de controles de iluminación, que apagan las luces cuando no se utilizan.
- La escarcha que se produce en las paredes de cámaras frigoríficas, congeladores, etc. disminuye la transferencia de calor y aumenta considerablemente el consumo energético. Los sistemas eficientes anti-escarcha mejoran el ciclo de des-escarchado, identificando la caída de temperatura o presión del evaporador o midiendo la acumulación de escarcha y detectando la humedad. Estos sistemas son más eficientes que los que inician el des-escarchado siguiendo ciclos programados. Los ahorros varían entre el 1 y 6 %.

La siguiente tabla resumen muestra los ahorros energéticos conseguidos en la utilización de los dispositivos comentados.

Tabla 4. Ahorro energético en equipos de refrigeración¹

<i>Equipo</i>	<i>Ahorros energéticos del equipo %</i>
Ventiladores de alta eficiencia para el evaporador y condensador	3-15
Compresores de alta eficiencia	6-16
Modificadores de presión	3-10
Condensadores evaporativos	3-9
Controles anti-humedad	14-20
Amplificadores de presión de la línea líquida	20
Iluminación Eficiente	10
Dispositivos eficientes anti-escarcha	1-6
Sub-enfriamiento mecánico	25
Sub-enfriamiento ambiental	1-9

Fuente: CONAE

1.2.3 Aire acondicionado

Los sistemas termodinámicos para producir frío (ver figura abajo), son necesarios para la conservación de alimentos, medicamentos, acondicionamiento de ambientes y para el control de la temperatura de procesos exotérmicos.



Ilustración 11. Sistema de Refrigeración

¹ Fuente: US Department of Energy

El acondicionamiento del aire es el proceso de tratamiento necesario para mantener las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa, movimiento y limpieza del aire de un lugar en los valores deseados para garantizar el confort o el grado de higiene requerido.

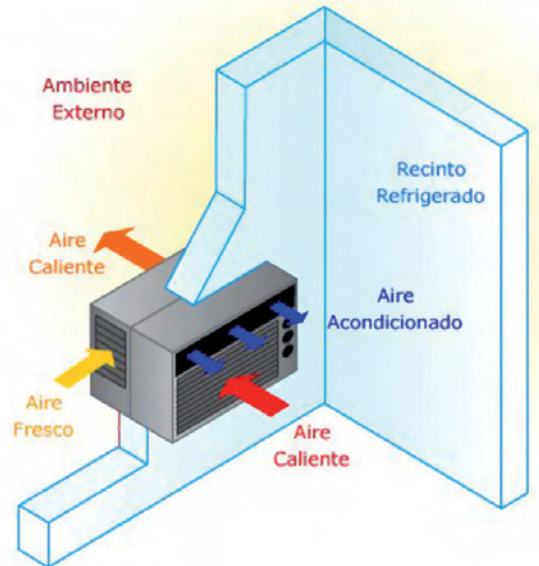


Ilustración 12. Equipo de aire acondicionado

Tipos de sistemas de aire acondicionado

Antes de adquirir un nuevo sistema de aire acondicionado, hay que asegurarse de que realmente se necesita. Los aires acondicionados son equipos bastante caros cuando se comparan con ventiladores y lo que es más importante, consumen grandes cantidades de electricidad.

Los mejores sistemas actuales tienen un costo inicial mayor que el resto, pero pueden ser hasta el 50 % más eficientes, lo que significa que serán amortizados varias veces durante su tiempo de vida.

A continuación se detallan las características de los principales sistemas de refrigeración comerciales:

- Sistemas individuales de aire acondicionado: empleados para enfriar espacios puntuales o áreas específicas. Son más económicos que los equipos centralizados, pero tienen una eficiencia menor.
- Equipos de aire acondicionado centralizados: los sistemas centralizados emplean conductos de ida y retorno distribuidos a lo largo de todo el edificio o empresa. La mayor parte de este tipo de equipos son sistemas tipo "split", donde el serpentín se encuentra en el interior, mientras que el condensador en el exterior.
- Bomba de calor: una bomba de calor puede servir como calentador y como aire acondicionado. Estos sistemas pueden generar ahorros significativos de energía calentando o enfriando.

1.2.3.1 Uso correcto del aire acondicionado

Un uso correcto del sistema de aire acondicionado es clave para aumentar su vida útil y reducir el consumo de energía. En el momento en que se encienda el sistema de climatización, todas las puertas y ventanas del recinto deben estar bien cerradas para evitar que se escape el aire frío.

Hay que establecer un nivel de confort aceptable e instalar dispositivos de control (termostatos) para regular el sistema de aire acondicionado de acuerdo con los requerimientos de temperatura. Por cada grado por debajo de la temperatura de confort se está desperdiciando un 8 % más de energía.

Los termostatos son dispositivos clave para minimizar los arranques del sistema. La puesta en marcha del equipo implica el arranque del compresor, que lleva asociado un consumo importante de energía. Además, la vida útil del equipo puede verse reducida significativamente.

1.2.3.2 Oportunidades de mejora en equipos de aire acondicionado

A. Reemplazar Equipos de Aire Acondicionado

Una de las principales oportunidades de ahorro de energía que se aplican constantemente es la de reemplazar las unidades de aire acondicionado estándar por otras de alta eficiencia. Los aires acondicionados con mucho tiempo de operación o finalizada su vida útil, tienen un alto consumo de energía eléctrica por su baja eficiencia y/o mantenimiento deficiente. Para realizar una evaluación se toma en cuenta las horas de operación por día y por año de cada uno de los equipos, el tipo de refrigerante y el costo de la energía eléctrica.

El compresor es el equipo de mayor consumo energético dentro del sistema y por tanto una reducción en el trabajo aplicado al mismo traerá un ahorro considerable para el sistema completo. Para lograr esto se pueden cambiar por compresores flexibles que permitan variación de la carga; disminuir la presión de descarga al disminuir la temperatura de condensación; aumentar la presión de succión al aumentar la temperatura de evaporación; mejorar el enfriamiento interno de los compresores, o cambiar el tipo de refrigerante.

B. Reemplazar el refrigerante Actual por Refrigerante de Hidrocarburos

El fluido utilizado para los intercambios de energía en los sistemas de refrigeración se denomina refrigerante. Por lo general el refrigerante absorbe calor mientras cambia de fase (de líquido a gas) en el evaporador a continuación se comprime, aumentando con esto su temperatura y presión, después pasa al condensador en donde transfiere su energía directamente a la atmósfera o a un medio que se pretende calentar.

Un refrigerante es apropiado para determinadas aplicaciones. Si tiene ciertas propiedades termodinámicas, físicas y químicas y si satisface ciertos requisitos de seguridad.

Una de las medidas de ahorro más rentables es la de reemplazar el refrigerante actual de los equipos de aire acondicionado por un refrigerante nuevo a base de hidrocarburos. Los refrigerantes HC están fabricados a base de compuestos naturales, no daña la capa de ozono, por ejemplo el refrigerante HC-22a está diseñado para sustituir al refrigerante R-22.

Para el cambio de refrigerante no se requiere realizar ninguna sustitución de piezas en el equipo únicamente se realiza el reemplazo por el otro. Además de los beneficios económicos obtenidos este ocupa menos refrigerante para la carga.

C. Equipos de Control para el Aire Acondicionado

Para favorecer la eficiencia energética y para mantener un buen funcionamiento de estos sistemas, se busca automatizar en lo posible todas las instalaciones; debe revisarse con frecuencia la calibración de los elementos de regulación del sistema, mantener fuera del alcance del personal no autorizado los elementos de control, verificar el funcionamiento de los relojes programadores que apagan los ventiladores, entre otros.

Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (CVAA) se diseñan para soportar extremos de la demanda, aunque la mayor parte del tiempo trabajan a una fracción de su potencia máxima. Por lo tanto, un sistema de control debe mantener las condiciones ambientales interiores y el menor costo posible a lo largo del ciclo de vida.

Actualmente existen sistemas de control con una flexibilidad para ajustar el funcionamiento adecuado del sistema CVAA.

D. Acondicionamiento de áreas

En los sistemas de acondicionamiento de aire las modificaciones más frecuentemente realizadas para mejorar el consumo de energía del sistema están centradas en la estructura física o local refrigerado y se refieren a modificaciones en las paredes, puertas y ventanas como el eliminar la incidencia directa de los rayos del sol o iluminación con excesivo aporte de calor, eliminación de puertas abiertas o abatibles, aislamiento adecuado y cambio en los colores de las estructuras y paredes. Sin embargo, también se pueden realizar otras modificaciones tales como el cambio a enfriamiento evaporativo, control de operación sólo cuando el enfriamiento sea necesario, controles de tiempo de operación, controles de ocupación y corte o suministro de aire exterior, entre otros.

Al instalar una cortina de aire en la entrada del cuarto de refrigeración principal se logran reducir alrededor de un 7 % de las pérdidas energéticas, y por tanto de la carga térmica del sistema, con lo cual disminuye el flujo de refrigerante necesario y el consumo de energía en el compresor.

1.2.4 Aire comprimido

Se pueden identificar oportunidades de ahorro de energía eléctrica en estos equipos de hasta un 25%.

La parte principal de un sistema de aire comprimido es el compresor, después el aire es enfriado y secado y pasa a los tanques de almacenamiento encargados de ajustar la demanda excesiva, lo cual permite tener el suministro adecuado durante los períodos pico ya que el aire almacenado responde con mayor rapidez que la capacidad real del compresor.

1.2.4.1 Tipos de compresores

Compresores de desplazamiento positivo

Son unidades en las cuales sucesivos volúmenes de gas son encerrados en un espacio cerrado y elevados a una presión mayor. El flujo de aire va en la misma dirección que el elemento que lo comprime.

Compresores Reciprocantes

Los compresores reciprocantes o más bien conocidos como pistones, son máquinas de desplazamiento positivo en las cuales el elemento de compresión es un pistón que tiene un movimiento alternativo dentro del cilindro. Producen flujos menores que los dinámicos (centrífugos o axiales), pero la presión que pueden desarrollar es superior.

Compresor de Una Etapa

El costo inicial de este tipo de compresor es menor y trabajan a baja presión ($< 10 \text{ kg/cm}^2$), estos equipos son especialmente utilizados para servicios intermitentes aunque no es tan eficiente en su desempeño. El costo de operación es alto.

Compresor Reciprocante Multietapas

Este equipo ha sido construido más robusto para proveer una mayor eficiencia durante un servicio continuo en la empresa, también trabaja a presiones altas ($> 10 \text{ kg/cm}^2$). Su consumo de energía es mínimo durante condiciones de operación en vacío y requieren menos mantenimiento. Los ahorros energéticos que se obtienen al sustituir por estos equipos son de aproximadamente un 25 %.

Compresores de tornillo

Los compresores de tornillo son equipos en las que la compresión y el desplazamiento se efectúan por la acción de elementos rotativos. En los compresores de tornillo dos rotores intercalados de forma helicoidal comprimen y desplazan el gas.

Compresores de etapas múltiples

Estos reducen el consumo de energía, de forma que a una compresión de 7 kg/cm^2 en dos etapas representa un ahorro de energía del 10 al 15 % respecto a una etapa. El ahorro de energía se lleva a cabo por el enfriamiento del aire entre las etapas, así se reduce el volumen del aire y por consiguiente el trabajo requerido para completar la compresión a la presión de trabajo deseada en la segunda etapa de compresión.

1.2.4.2 Rendimiento de instalaciones de aire comprimido

El rendimiento de una instalación de aire comprimido depende de algunos factores como:

- Buen funcionamiento de los equipos.
- Cantidad de aire perdido por fugas y escapes.
- Pérdidas excesivas de carga que afectan la potencia de las herramientas y equipos.
- Selección y funcionamiento óptimo de los equipos consumidores de aire comprimido.
- Transmisión de energía con un mínimo de pérdidas.
- Disposición de tuberías para transportar el aire (diseño de red).

El sistema neumático presenta los siguientes problemas:

- Problemas de diseño de red.
- Problemas de funcionamiento de herramientas y máquinas.
- Problemas de mantenimiento.

Recomendaciones para un buen funcionamiento del sistema:

- Eliminar todas las fugas de aire que se presentan en la red de distribución. Las fugas pueden alcanzar hasta un 50 % en pérdidas de la capacidad instalada en instalaciones descuidadas. Con una inversión moderada deben limitarse a menos del 5 %.
- Eliminar líneas de distribución que no sean necesarias.
- Limpieza periódica de los filtros de aire.
- No usar aire comprimido para ventilación o limpieza.
- Poseer registros de consumo para corregir anomalías.
- Determinar la presión mínima requerida para la operación satisfactoria de todos los equipos y efectuar su control.
- Dimensionar correctamente el tamaño de las líneas.
- Apagar los compresores cuando no se requiera aire comprimido.
- La temperatura del aire de aspiración no debe ser mayor a la recomendada por el fabricante.
- Instalar separadores de condensado y drenajes en los extremos de los ramales con el fin de eliminar la necesidad de soplar las líneas para extraer el agua.

1.2.4.3 Oportunidades de ahorro

Reducción de fugas de aire comprimido

- Las fugas de aire comprimido son la mayor y más importante fuente de desperdicio de energía en la mayoría de estos sistemas. El volumen de pérdidas aumenta con la presión y las horas de operación del sistema. Y las pérdidas de aire aumentan directamente proporcional al cuadrado del diámetro del agujero.
- Un método para obtener el costo que representan las fugas es, cronometrar el ciclaje de servicio del compresor necesario para mantener la presión en el sistema, con todo el equipo alimentador previamente desconectado en su totalidad.

- La lubricación correcta y el mantenimiento apropiado de las transmisiones, la limpieza y el reemplazo oportuno de los filtros de aire de succión son parte del mantenimiento que pueden originar ahorros.

Reducción de la presión del sistema

- El ajuste de presión debe hacerse un poco más alto que el correspondiente a las demandas del equipo, para compensar las caídas de presión que hubiere en las líneas de distribución.
- Las pérdidas por fricción en el sistema pueden reducirse, colocando los compresores cerca de los puntos de consumo, aumentando el diámetro de las tuberías de distribución y eliminando fugas.
- Conviene también examinar las posibilidades de instalar varios sistemas a diferentes presiones, ya que, por lo general, son pocos los equipos que demandan altas cantidades de aire.

1.2.5 Motores eléctricos

Motor es toda máquina que transforma una energía de otro tipo en la entrada, en energía de salida mecánica. El elemento de salida es un eje normalmente. Entre los diferentes tipos de motores se encuentran los motores eléctricos, los cuales reciben energía eléctrica y la transforman en mecánica.

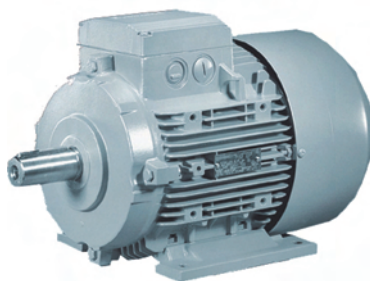


Ilustración 13. Motor eléctrico

Existen numerosas estadísticas que demuestran la importancia de la energía eléctrica empleada por los motores. Los motores eléctricos de potencia superior a 700 W transforman aproximadamente el 75 % de la energía eléctrica en la industria y el comercio, empleándola para accionar bombas, ventiladores, ascensores, grúas y otras máquinas.

La clasificación más usual de los motores eléctricos es la siguiente:

- Motores de corriente continua.
- Motores de corriente alterna.
- Síncronos.
- Asíncronos o de inducción.

Más del 60%² de la energía eléctrica consumida en las industrias está destinada a transformarse en energía motriz en los motores eléctricos, utilizados en infinidad de aplicaciones como son el accionamiento de bombas, compresores, ventiladores y todo tipo de maquinaria en general. Por esta razón, conseguir una elevada eficiencia en estos equipos supone unos ahorros importantes, tanto energéticos como económicos.

El uso racional de energía en los motores eléctricos implica utilizarlos solo el tiempo que sea necesario de acuerdo a las condiciones de producción. Para reducir el consumo de energía eléctrica se pueden utilizar controles para apagar los motores cuando estos no sean necesarios. Cuando se utilizan correctamente los controles de los motores se disminuye considerablemente el consumo de energía. Por ejemplo a continuación se presenta la siguiente tabla con los valores máximos de arranques por hora y el mínimo tiempo que tendría que estar apagado un motor de 1,800 RPM.

Tabla 5. Número de arranques permitidos y mínimo tiempo entre arranques

Tamaño del motor (HP)	Máximo número de arranques/hora	Mínimo tiempo entre arranque (segundos)
5	16	42
10	12	46
25	8	58
50	6	72
100	5	110

Fuente: NEMA estándar publicaciones N°MG10

El rendimiento de un motor eléctrico es la relación entre la potencia mecánica de la salida útil en el eje, y la potencia eléctrica de entrada en los bornes de alimentación del motor.

$n = \text{Potencia mecánica útil} / \text{potencia eléctrica}$

Normalmente, la medida del rendimiento del motor eléctrico se realiza en las instalaciones del fabricante del motor o en laboratorios oficiales. Para ello se utilizan dos sistemas: método directo o método indirecto o de pérdidas separadas.

Las principales consecuencias del mal rendimiento de un motor eléctrico son:

- Alto costo económico de funcionamiento del mismo.
- Las pérdidas de todo tipo se transforman en calor, el cual ha de ser evacuado del motor.

Para calcular el factor de carga del motor o el porcentaje de utilización del motor para realizar un trabajo, se utiliza la siguiente formula:

Factor de carga = [potencia medida (kW)/0.746] / [Potencia nominal (HP)/eficiencia nominal]

Ejemplo.

Encontrar el factor de carga de un motor eléctrico trifásico cuya potencia y eficiencia nominal, obtenidos de la placa del motor, son 20 HP y 85% respectivamente. Se realizó una medición con un analizador de redes trifásico de la potencia utilizada a pleno trabajo del equipo, obteniéndose un valor de 8.13 kW.

$$\text{Factor de carga} = (8.13 \text{ kW} / 0.746) / (20 \text{ HP} / 85) = 46.32 \%$$

Del resultado anterior se puede concluir que el motor trabaja a un reducido factor de carga, lo cual reduce la eficiencia de generación de trabajo y produce un bajo factor de potencia.

A continuación se citan las principales oportunidades de eficiencia energética en motores eléctricos.

1.2.5.1 Ajustar la velocidad de operación del motor

Esta es una de las oportunidades de ahorro de energía más importantes y que se puede aplicar con el mismo personal de la planta y con simples modificaciones a los diámetros de poleas de ventiladores, extractores, sopladores y agitadores o de impulsores en bombas centrífugas. En cargas centrífugas un pequeño cambio en la velocidad del motor a plena carga se transforma en un significativo cambio en el consumo de energía.

Las Leyes de Afinidad de los ventiladores muestran que la potencia demandada por el motor varía al cubo de la velocidad de rotación y en contraste el flujo de aire varía linealmente con la velocidad.

“Un incremento de 20 RPM en la velocidad del motor por ejemplo de 1,740 a 1,760 RPM resulta en un incremento de 3.5% en la potencia que tiene que entregar el motor. Un incremento de 40 RPM solo aumentará el flujo de aire 2.3 %, pero incrementará el consumo de energía un 7%”.

1.2.5.2 Operar el motor en su carga nominal

Pocos motores operan a su carga nominal, por lo que la eficiencia, el factor de potencia y la corriente de placa no son óptimos.

Los fabricantes tienen disponibles para los usuarios las curvas características de los motores, en donde se muestra como varía la eficiencia y el factor de potencia con la carga a la que trabaja el motor. En algunos catálogos se indican los valores de eficiencia al 25, 50, 75 y 100% de carga.

La eficiencia tiene poca variación desde el 50% hasta el 100% de la carga nominal, y comienza a disminuir drásticamente a partir de valores menores a 40% de carga.

1.2.5.3 Cambiar a motores de alta eficiencia

Los nuevos motores que se comercializan actualmente son más eficientes que los antiguos y demandan menos energía reactiva lo que se traduce en ahorros económicos en la factura eléctrica. Para lograr esta eficiencia, diversos fabricantes de motores eléctricos, se han dedicado a mejorar su diseño y manufactura, realizando diversas acciones entre las que se pueden mencionar:

- La utilización de acero con mejores propiedades magnéticas para el rotor
- La reducción del entrehierro
- La reducción del espesor de la laminación
- El incremento en el calibre de los conductores
- La utilización de ventiladores y sistemas de enfriamiento más eficientes
- La utilización de mejores materiales aislantes

El resultado ha sido motores con pérdidas de hasta un 45% menor que las de los motores estándar. Por ejemplo, la reducción del 30% en las pérdidas de un motor de 10 HP con 82% de eficiencia, incrementa su valor a un 87.4%. Por otro lado los motores de alta eficiencia, a diferencia de los estándar, mantienen su alto nivel de eficiencia en un amplio rango de carga, esto se puede observar en la siguiente figura, en donde se demuestra que hay una diferencia de la eficiencia con la carga, entre motores estándar y de alta eficiencia.

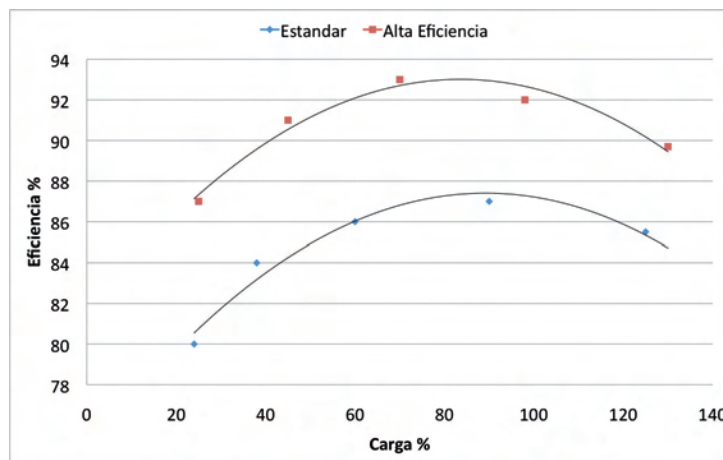


Ilustración 14. Comparación de eficiencia de motores de 10 HP

Los motores de alta eficiencia son del orden de un 20% más caro que los motores estándar, pero pueden llegar a ser un 5% más eficientes (motores de baja potencia). Además, estos motores tienen una vida útil de más de 10 años.

1.2.5.4 Instalación de dispositivos de arranque de motores

La corriente eléctrica demandada por un motor en el arranque puede ser hasta 7 veces mayor que la corriente demandada en su funcionamiento nominal. Además, cuando el motor arranca directamente a plena carga, se producen problemas de tipo mecánico asociados a los sobreesfuerzos de torsión. Los sobreesfuerzos en la caja de engranajes, acoplamientos, correas y otras piezas pueden producir un deterioro prematuro del motor e incluso una avería.

Para solventar estos problemas asociados a los sobreesfuerzos mecánicos, se han desarrollado dispositivos de arranque suave los cuales permiten ajustar en incrementos pequeños el esfuerzo de torsión y la corriente en el arranque. Además, los dispositivos de arranque permiten modificar el tiempo que le cuesta al motor alcanzar su velocidad nominal.

Los dispositivos de arranque son controladores aplicables a motores de inducción de corriente alterna. De este modo, las pérdidas magnéticas se reducen, el motor trabaja a menor temperatura y más eficientemente, el factor de potencia se mantiene en un valor adecuado y por lo tanto la eficiencia global del motor aumenta.

Estos dispositivos son utilizados en los siguientes casos:

- Arranques y paradas frecuentes de ventiladores, mezcladoras, centrifugadoras, bombas centrífugas y de vacío, compresores, etc.
- Ciclos continuos de trabajo alternando períodos con carga nominal con otros a baja carga o en vacío.
- Motores con tiempos de arranque prolongados.

1.2.5.5 Variadores de velocidad

En la actualidad existen configuraciones específicas de control de equipos industriales que permiten obtener unas prestaciones técnicas (precisión, rapidez de respuesta, etc.) así como rendimientos energéticos cercanos a la unidad para amplios márgenes de potencia.

Los variadores de velocidad son dispositivos que permiten variar la velocidad del eje según la carga del motor, reduciendo el consumo de energía. Además, incluyen las ventajas de los dispositivos de arranque, proporcionando un arranque suave del motor.

Aunque se pueden instalar variadores de velocidad en accionamientos de cualquier potencia y tipo de carga, es necesario tener en cuenta una serie de aspectos:

- El ahorro proporcionado por un variador de velocidad aumenta con la variación de la carga y el número de horas de funcionamiento.
- Para motores menores de 15HP aproximadamente, el costo suele hacer inviable la inversión.
- Aunque podrían usarse variadores de velocidad únicamente para solucionar el problema del arranque (sobre-corriente) de los motores, en la práctica no se hace, ya que el costo de un variador de velocidad es mayor que el de un dispositivo de arranque suave.

1.2.6 Hornos eléctricos

Los hornos eléctricos son generalmente más limpios, más fáciles de controlar, con mantenimientos más simples, se presentan para un gran número de aplicaciones y poseen mejores eficiencias que los otros tipos de hornos convencionales alimentados por combustibles.

En muchos casos, los hornos eléctricos no se utilizan adecuadamente, por lo que pueden alcanzar grandes ahorros potenciales. Sin embargo, debe tenerse presente que el costo del kWh eléctrico es mucho mayor que el térmico.

Este tipo de hornos son necesarios cuando se requiere un control elevado del proceso o cuando la temperatura demandada es muy alta. Por ejemplo, los hornos eléctricos son más indicados para la industria de la fundición y para la obtención de aceros especiales.

A continuación se describen los principales tipos de hornos eléctricos comerciales.

- Conducción de corriente eléctrica en el seno de la pieza a calentar.
- Por generación de calor en resistencias próximas a la carga (hornos de resistencia).
- Por inducción electromagnética de corriente en el interior de la propia carga (hornos de inducción).
- Generación de pérdidas dieléctricas en el seno de materiales aislantes.
- Entre otros más especializados.

Los costos de las diferentes opciones de ahorro varían ampliamente según el tipo de la medida planteada:

Medidas que no requieren inversión (buenas prácticas):

- Mantener las puertas del horno siempre bien cerradas.
- Reducir tiempos de carga y sin operación.
- Operar a carga máxima.
- Cargar rápidamente la materia prima para reducir las pérdidas de radiación del horno.
- Procurar que los tiempos de utilización sean lo más elevados posibles, para evitar tener que precalentar el horno cada vez que se quiere utilizar.
- Utilizar cualquier subproducto resultante, como los vapores de salida. Es posible aprovechar el calor que almacenan para otros procesos, como precalentar otro horno, secar algún producto, pre-secado de materia prima, etc.

Medidas que necesitan una pequeña inversión inicial:

- Aislamientos en sectores requeridos. Asegurar con buen sellado las puertas. Hasta el 80 % de las pérdidas de un horno puede originarse al abrir las puertas.
- Equipos de automatización. Entre un horno eléctrico automatizado y otro manual, la diferencia de consumo es alrededor del 25 %. Además la vida media de las resistencias puede incluso duplicarse.
- Instalación de equipos pre-calentadores.
- Cambio de electrodos de elevada resistencia o resistencias de mayor vida útil.
- Precalentar si es posible la carga mediante calor sensible de gases de escape procedente de otros procesos.

La puesta en marcha de las medidas descritas anteriormente proporcionarán resultados como:

- Reducción de pérdidas de calor y por tanto menores consumos eléctricos (reducción en factura).
- Reducción de los costos de operación y mantenimiento.
- Reducción de los tiempos de operación y por tanto aumento de la producción.

1.2.7 Iluminación

Una buena iluminación es esencial para el bienestar y la salud. La iluminación en las empresas debe tener como objetivo fundamental, garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes de los trabajadores, garantizando al mismo tiempo la máxima eficiencia energética posible.

La iluminación puede llegar a ser hasta el 10 % de la factura eléctrica de muchas fábricas y entre el 40 y 70 % en comercios y oficinas. Debido al constante incremento del precio de la electricidad, el uso racional de la misma puede llegar a constituir un porcentaje de ahorro muy importante.

A continuación se describen los principales tipos de lámparas y luminarias y sus respectivas aplicaciones.

1.2.7.1 Lámparas

Las lámparas son los aparatos encargados de transformar la energía eléctrica en energía lumínica. Existe un conjunto muy variado de lámparas, según sus aplicaciones pueden utilizarse en: iluminación, fotografía, señalización, cine, etc.

La clasificación más general es:

- Lámparas incandescentes:
 - No halógenas
 - Halógenas
- Lámparas de descarga:
 - De vapor de mercurio
 - De vapor de sodio
- LED (Light Emitting Diode)

A. Lámparas incandescentes

Son dispositivos formados por una ampolla de vidrio que contiene un gas inerte, argón o criptón, y un filamento de wolframio.



Ilustración 15. Partes de una bombilla

Su principio de funcionamiento es simple: se hace pasar una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura (alrededor de 2,000 °C) que emite radiaciones visibles por el ojo humano. Para evitar que el filamento se queme en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio cuyo interior posee vacío o se ha rellenado con un gas.

En general los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor. Solo el 10% de la energía eléctrica consumida se convierte en luz visible.



Ilustración 16. Rendimiento de una lámpara incandescente

Entre las lámparas incandescentes no halógenas se distinguen las que se han rellenado con un gas inerte y aquellas en que se ha hecho el vacío en su interior. Actualmente, las lámparas con gas son más utilizadas, reduciéndose el uso de las de vacío a aplicaciones ocasionales en alumbrado general con potencias de hasta 40W.

Tabla 6. Comparación de lámparas con gas vs. lámparas con vacío

	Lámparas con gas	Lámparas con vacío
Temperatura del filamento (°C)	2,500	2,100
Rendimiento luminoso de la lámpara ³ (lm/W)	10-20	7.5 - 11
Duración (horas)	1,000	1,000

Fuente: CONAE

El color de luz emitida por una lámpara incandescente habitual, es ligeramente amarillento, debido a la mayor proporción de fotones emitidos en la zona de menor energía del espectro visible. Para obtener luz más blanca e intensa se utilizan las lámparas incandescentes halógenas, que permiten que el filamento alcance una temperatura más elevada sin que el wolframio llegue a fundir.

La duración de las lámparas incandescentes está normalizada; siendo de unas 1,000 horas para las normales, de 2,000 horas para halógenas en aplicaciones generales y de 4,000 para halógenas en aplicaciones especiales.

B. Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso su uso está tan extendido hoy en día.

La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos, situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado.

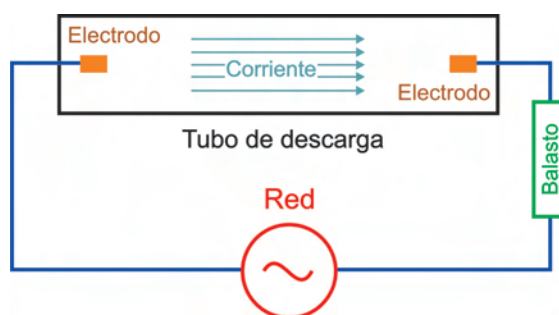


Ilustración 17. Esquema de una lámpara de descarga

La luz emitida no es blanca (por ejemplo en lámparas de sodio a baja presión la luz es amarillenta), por lo que la capacidad de reproducir los colores de estas fuentes de luz es, en general, peor que en el caso de las lámparas incandescentes.

³ El lumen (lm) es la unidad de medida del flujo luminoso, definido como la potencia (W). El rendimiento luminoso da una idea de cuál es la energía útil, cuanto mayor sea, mejor será la lámpara y menos gastará. La unidad es el lumen por vatio (lm/W).

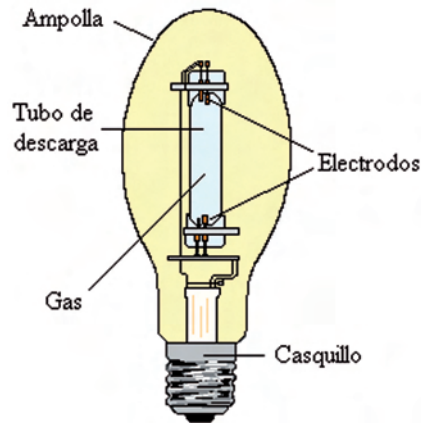


Ilustración 18. Partes de una lámpara de descarga

Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

- Lámparas de vapor de mercurio:
 - Baja presión:
 - Lámparas fluorescentes
 - Alta presión:
 - Lámparas con halogenuros metálicos
 - Lámparas de vapor de mercurio a alta presión
 - Lámparas de luz de mezcla
- Lámparas de vapor de sodio:
 - Lámparas de vapor de sodio a baja presión
 - Lámparas de vapor de sodio a alta presión

En este tipo de lámparas, las pérdidas se centran en dos aspectos: las pérdidas por calor y las pérdidas por radiaciones no visibles (ultravioleta e infrarrojo). El porcentaje de cada tipo dependerá de la clase de lámpara con que se trabaje.



Ilustración 19. Pérdidas de energía en lámparas de descarga

Por otro lado, al hablar del rendimiento de las lámparas de descarga, hay que diferenciar entre el rendimiento de la fuente de luz y la de los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento, por ejemplo los balastos.

Los dos aspectos básicos que afectan a la duración de estas lámparas son:

- La depreciación del flujo, que se produce por ennegrecimiento de la superficie del tubo donde se va depositando el material emisor de electrones que recubre los electrodos, localizados en los extremos del tubo.
- El deterioro de los componentes de la lámpara debido a la degradación de los electrodos por agotamiento del material emisor que los recubre.

Es importante atender a los siguientes factores externos que influyen en el funcionamiento de la lámpara, la temperatura ambiente y el número de encendidos.

- Las lámparas de descarga son, en general, sensibles a las temperaturas exteriores. Las lámparas a alta presión, por ejemplo, son sensibles a las bajas temperaturas por tener problemas de arranque.
- El número de encendidos es muy importante para establecer la duración de una lámpara de descarga ya que el deterioro de la sustancia emisora de los electrodos depende en gran medida de este factor.

C. LED

La tecnología LED de alta luminosidad reúne diversas ventajas y sus aplicaciones crecen cada día. Se trata de un sistema moderno, seguro y rentable que supone ahorros en energía eléctrica, reducción de gastos de mantenimiento, en reposición y reducción de emisiones de CO₂.

Un LED es un semiconductor que emite luz al paso de una corriente eléctrica de baja intensidad, sin utilizar ningún filamento o gas y que tiene la propiedad clave de producir la misma cantidad de luz que las bombillas incandescentes tradicionales, pero utilizando un 90 % menos de energía.

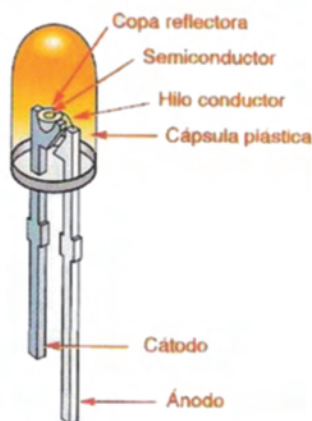


Ilustración 20. Partes de un dispositivo LED

Las principales ventajas de los LED son las siguientes:

- Es muy difícil que un LED se queme. En condiciones normales de uso, únicamente se degrada.
- Admite amplios márgenes de tensión (voltaje), lo que confiere al punto de luz mayor fiabilidad ante variaciones en el suministro eléctrico.
- Gran eficiencia energética: 24 lm/W en LED rojo, frente a 10 lm/W con incandescencia.
- Posibilidad de formar luz blanca combinando los colores primarios azul, verde y rojo. Y también utilizando el ultravioleta, que es una forma más eficiente que la combinación de los colores primarios.
- Por sus características lumínicas, la iluminación con LED está indicada, por razones de seguridad, en zonas con niebla o poca visibilidad.

Un ejemplo de utilización de tecnología de iluminación LED es en semáforos (regulación de paso de vehículos), y este posee las siguientes ventajas.

Tabla 7. Comparación de tipo de lámparas en Semáforos

SISTEMA TRADICIONAL (Bombilla)	NUEVO SISTEMA (Diodos LED)
Aproximadamente 6 meses de duración	Vida útil, 10 años (24 h/día)
Pérdida de luminosidad importante después de 3,000 horas	Pérdida de luminosidad del 5% después de un año
Señalización luminosa no uniforme.	Señalización luminosa uniforme
Bajo contraste con la luz solar. Problemas de visualización a distancia	Alto contraste con la luz solar. Mejor visibilidad a gran distancia
Cuando la bombilla se funde, el semáforo se apaga. La rotura del filamento puede causar un cortocircuito	Cada unidad utiliza varios diodos LED. Un diodo quemado solo representa una pérdida del 0.5% en la luminosidad
Cambio de las bombillas cada 6 meses. Alta sensibilidad a vibraciones	Reemplazo de la unidad a los 10 años. Baja sensibilidad a vibraciones e impactos

1.2.7.2 Niveles de iluminación

Los niveles de iluminación recomendados para diferentes áreas vienen dados por la iluminancia⁴. La unidad de iluminancia se denomina lux (lx).

Las siguientes tablas muestran la cantidad de luxes recomendados para fábricas, comercios y oficinas.

Tabla 8. Niveles de iluminación recomendados

Tareas	Lux
Salas de control	500
Laboratorios	500
Oficinas de diseño gráfico	750
Montaje de precisión	1,500
Trabajo de precisión	1,000
Reparación e inspección	500
Almacenes	150
Pasillos	100
Limpieza, pulido, etc.	300

Fuente: www.energytraining4europe.org

A continuación se presentan algunas medidas de ahorro, clasificadas en función de la inversión a realizar:

a) Medidas de nulo o bajo costo:

- Limpiar las luminarias y pintar con colores claros las paredes y techos.
- Reducir los niveles de iluminación hasta el mínimo recomendado para las actividades que se vayan a realizar.
- Aprovechar al máximo la luz natural, especialmente en nuevos edificios.
- Establecer un programa de eficiencia energética en donde se capacite al personal para utilizar la iluminación de la forma mas eficiente.

b) Medidas que suponen una pequeña inversión inicial, pero pueden amortizarse en pocos meses:

- Sustituir, siempre que sea posible, bombillas incandescentes por bombillas de bajo consumo y mayor vida útil.
- Emplear temporizadores, foto celdas, detectores de movimiento o medidores de nivel de iluminación para utilizar adecuadamente la cantidad de energía requerida.
- Realizar un estudio de los niveles de iluminación requeridos por actividad productiva, y así reducir carga energética.

c) Medidas con una inversión mediana o alta, pero pueden amortizarse en pocos años:

- Instalar un nuevo sistema completo de iluminación diseñado para lograr los mínimos costos de operación.

- Distribución del cableado e interruptores de encendido mediante la identificación de áreas de uso de iluminación, para apagar sectores sin uso.
- Aumentar el tamaño de las ventanas o redistribuir las áreas de trabajo para aprovechar al máximo el uso de luz natural.
- Instalar sistemas de control para iluminación, renovando cebadores⁵ de lámparas de descarga e incorporando bancos de capacitores para compensar la energía reactiva (factor de potencia) en instalaciones de alumbrado público.

2. Casos de estudio en MYPES

2.1 Caso de estudio. Sector hotelero

2.1.1 Descripción general de la compañía

El Hotel cuenta con el servicio de alojamiento ofreciendo un total de 80 habitaciones las cuales se dividen en sencillas, dobles y triples.

A fines de 2005 todas las habitaciones fueron remodeladas para igualar a los Hoteles modernos y para satisfacer los gustos exigentes de los huéspedes.

El Hotel dispone de cuatro elegantes salones, alfombrados con aire acondicionado, para atender toda clase de reuniones corporativas o sociales, desde 10 hasta 200 personas. El hotel también cuenta con servicio de restaurante durante todo el día en donde los clientes pueden saborear exquisitos platillos nacionales e internacionales.

2.1.2 Beneficios económicos y ambientales

En la siguiente tabla se presentan las principales oportunidades de conservación de energía evaluadas en la empresa del sector hotelero.

Tabla 9. Beneficios económicos y ambientales de oportunidades de EE

Medidas	Reducción gal/año	Reducción kWh/año	Reducción Ton CO2/año	Ahorro USD\$/año	Inversión USD\$/año
Ahorro de combustible por reducción de temperatura de agua en caldera	719.22	-	8.17	2085.74	-
Ahorro de energía eléctrica por apagar bomba de 5 HP	-	17064	11.83	2603.05	-
Ahorro de energía eléctrica debido al cambio de temperatura en A/A	-	16464	11.41	2500.47	-
Ahorro de energía eléctrica por cambio de tecnología en iluminación	-	2881.44	2.00	765.65	5000
Ahorro de energía eléctrica debido al plan de reutilización de toallas	-	10049.54	6.96	1565.72	-

Fuente: Auditoría energética realizada en Hotel. CNPML/OEA. 2010

2.2 Caso de estudio. Sector textil

2.2.1 Descripción general de la compañía

La empresa textil tiene como actividad principal la fabricación de toldos de lona para la industria y personas particulares. La empresa cuenta con una fuerza laboral de 57 personas en el área de producción y 23 personas en el área de administración.

Para el desarrollo de su actividad productiva poseen como infraestructura un área de procesamiento de hilos y tejidos, área de tintorería y acabados, área de taller de metalmecánica, área de caldera, área de almacenamiento de materia prima y producto terminado y áreas administrativas.

2.2.2 Beneficios económicos y ambientales

En la siguiente tabla se presentan las principales oportunidades de conservación de energía evaluadas en una empresa del sector textil.

Tabla 10. Beneficios económicos y ambientales de oportunidades de EE

Medidas	Reducción cilindro/año	Reducción kWh/año	Reducción kW/año	Reducción Ton CO2/año	Ahorro USD\$/año	Inversión USD\$/año
Ahorro de combustible por aislamiento de tubería de condensado	9.02	-	-	1.46	405.11	81.39
Ahorro de energía por utilización de controlador para motor	-	5988	8.4	4.15	979.61	2100
Ahorro de combustible por aumento de eficiencia en caldera	18.26	-	-	2.96	913.22	-
Ahorro de energía por sustitución de iluminación	-	2185.92	11.04	1.51	397.57	233.7
Instalación de un banco de capacitores	-	-	-	-	1560.00	4004

Fuente: Auditoría energética realizada en una empresa textil. CNPML/OEA. 2010

3. Bibliografía

1. Disminución de costos eléctricos en la empresa. Aranda Usón, José Alfonso, FC Editorial, España, 2,006.
2. Metodología para evaluar sistemas de generación y distribución de vapor. CONAE, 1º Edición, México, 2,000.
3. Diagnósticos energéticos del sistema de generación y distribución de vapor de Corporativos y pequeñas empresas, CONAE, México, 1,999.
4. Producción Más Limpia y Eficiencia Energética. UNEP, 1º Edición, 2,003.
5. Taller de capacitación de ahorro de energía en la industria, comercio y servicio. Consulting Group, El Salvador, 2,007.
6. Auditorias energéticas de dos empresas Salvadoreñas, Programa de asistencia técnica en eficiencia energética para Medianas y Pequeñas Empresas (MYPES), CNPML/OEA, El Salvador, 2,010.

4. Anexos

Anexo A

Registros y ejemplo de Control de la Demanda

Censo de las principales cargas

Aquí se anotarán las principales cargas eléctricas de la empresa, indicando su aplicación, el horario actual de operación y el propuesto. Es importante que se anoten las cargas eléctricas que cubran al menos un 80% de la demanda máxima promedio de la empresa.

Para definir el nivel de prioridad de las cargas se tendrán que realizar varias juntas con el personal operativo de la empresa y que ellos estén completamente de acuerdo con el nivel de prioridad y el tiempo máximo de desconexión.

Tabla A1. Censo de las principales cargas eléctricas

No.	Aplicación del Equipo	Potencia de equipo (kW)	Horario actual de operación	Horario propuesto de operación
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Ejemplo

Propuesta de regulación de demanda máxima de una empresa

El perfil de demanda de la empresa se refiere al comportamiento de la demanda máxima medida en el equipo de la empresa evaluadora cada 15 minutos; este perfil se generó en un día de producción normal para la empresa durante 24 horas. En la siguiente figura se observa dicho perfil.

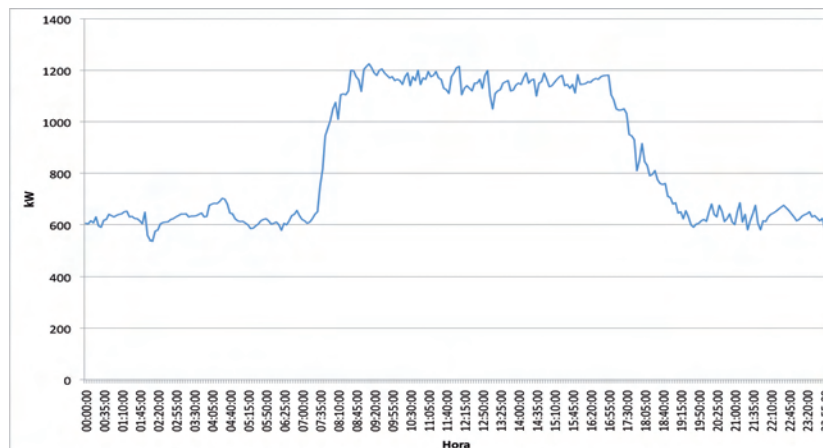


Figura A1. Perfil de demanda de un día de producción normal

La empresa trabaja tres turnos diarios y la mayor parte de la carga se concentra desde las 7:30 hasta las 17:30. Durante todo el mes se tuvo valores de demanda de 1,000 kW y solamente este día se llegó a una demanda de 1,215 kW y ese valor fue el registrado en la facturación mensual. Además, por medio de una gráfica del comportamiento mensual de la demanda de energía se observa que el comportamiento durante la noche es cercano a los 700 kW.

Posteriormente se seleccionan las cargas eléctricas que se integraran en la propuesta para el control de la demanda de la empresa. Dicha propuesta consiste en trasladar 300kW de carga que opera entre las 14:00 y 18:00 horas hacia el horario nocturno entre la mediana noche y las 4:00 horas. Y se obtiene la siguiente gráfica para ilustrar el cambio de cargas.

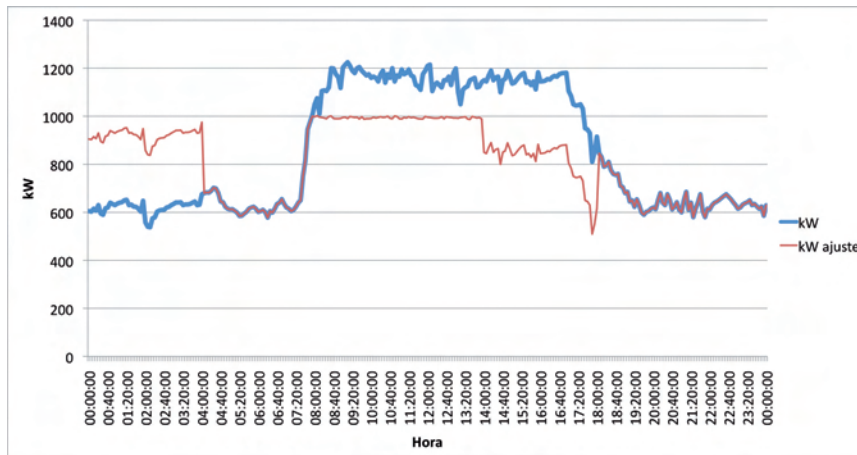


Figura A2. Perfil de control de demanda

En la figura se observa en azul la demanda actual durante un día y en rojo es la propuesta de control de demanda trasladando 300kW de carga del día hacia la noche. Además, se puede observar que la demanda se mantiene en los 1000 kW.

ANEXO B

La vida útil de las lámparas debe influir en la selección por lo que es importante conocerla para cada tipo de tecnología.

Tabla A2. Vida útil de las lámparas por tipos de tecnología.

Tipo de tecnología	Vida útil (horas de operación)
Incandescencia	1,000
Fluorescentes	9,000
Mercurio	25,000
Halogenuros	11,000
Sodio de baja presión	23,000
Sodio de alta presión	23,000
LED	60,000

Fuente: Revisión bibliográfica de proveedores de sistemas de iluminación.

ANEXO C

Registros para inventario de facturación eléctrica, iluminación, motores, entre otros. Dichos registros ayudaran al empresario a cuantificar y conocer el consumo de energía por área y por equipo, para posteriormente definir las medidas o actividades a realizar para optimizar su uso. Además, le permiten identificar los mayores consumidores de energía y los periodos de mayor consumo según la tarifa horaria.

Facturación de energía eléctrica

[illegible]

Tabla A3.Registro para inventario de luminarias

Información General			
Área de trabajo			
Dátos / Área			
Arreglo de luminarias			
Tipo de Lámpara			
Tipo de Difusor			
Tipo de Reflector			
No. de luminarias			
Horas de operación al día			

Tabla A4. Formato para Inventario de motores

Identificación	Datos de Placa								
	Tipo de motor	Marca	Armazón (frame)	Potencia hp	Velocidad rpm	Voltaje V	Corriente A	Eficiencia %	Factor de Servicio

Tabla A5. Inspección de generadores de vapor

Datos			
Generadores de Vapor			
Tipo de generador de vapor			
Capacidad			
Marca			
Antigüedad			
Tipo de combustible empleado			
Presión de vapor			
Horas de operación al día Temperatura de agua de alimentación			
Tratamiento de agua de alimentación			
Análisis de calderas (Co2, CO, O2, NOx, Sox Relación Aire, Eficiencia de caldera)			
Línea de distribución de Vapor			
Presión de vapor requerida en equipos			
Tipo de aislamiento en tuberías			
Diámetro y longitud de tubería sin aislamiento para vapor Existen fugas de vapor Localización de las fugas			
Diámetro de orificio de fugas Funcionamiento de trampas de vapor Temperatura de retorno de condensado			

Tabla A6. Inventario de sistemas de aire acondicionado

Área de uso	Tipo	Marca	Antigüedad	BTU	Horas/día	Comentario

Este Manual ha sido desarrollado en el marco del Proyecto denominado Programa de asistencia técnica en eficiencia energética para Medianas y Pequeñas Empresas (MYPES) el cual conto con el apoyo Técnico del Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador y financiado por el Fondo Especial Multilateral del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral (FEMCIDI) de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

Dicho proyecto tuvo como propósito principal establecer una oficina permanente de Capacitación y Asistencia Técnica en Eficiencia Energética para las MYPES, denominada UCATEE



Este manual ha sido impreso en papel 100% reciclado
utilizando tintas bio-degradables amigables con el medio ambiente



CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
[HTTP://WWW.CNPML.ORG.SV](http://www.cnpml.org.sv)

