

# BUENAS PRÁCTICAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA Aire Comprimido Industrial



# Introducción

---

El aire comprimido se refiere a una tecnología o aplicación técnica que hace uso del aire que ha sido sometido a presión por medio de un compresor. En la mayoría de las aplicaciones, el aire no sólo se comprime sino que también se deshumidifica y se filtra. El uso del aire comprimido es muy común en la industria, su utilización tiene la ventaja sobre los sistemas hidráulicos operados con aceites debido a que es más veloz y efectivo, aunque es menos preciso en el posicionamiento de los mecanismos y no permite generar grandes fuerzas.

El aire comprimido es normalmente utilizado en:

- Elevadores neumáticos.
- Destornilladores automáticos.
- Tornos dentales.
- Herramientas de aire comprimido (remachadoras, pistolas de pintura, otros)
- Equipos de minería (taladros roto percutores, martillos picadores, y otros).
- Arranque de motores de avión.
- Atracciones de materiales, para conseguir grandes velocidades en poco tiempo.



# Fundamentos Teóricos

Los compresores son máquinas que aspiran el aire a la presión y temperatura ambiente, para comprimirlo y almacenarlo hasta conferirle una presión mayor y específica. Es decir; son las máquinas generadoras de aire comprimido, mismo que es distribuido en la planta mediante la red de distribución de aire. Se debe procurar una distribución de aire limpio, sin condensados, ni aceite u otras impurezas, por lo que es necesario el uso de tanques de almacenamiento, secadores de aire, filtros y otros accesorios de la red de distribución.

A continuación veremos una breve descripción de cada componente del sistema de aire comprimido:

## Compresores

Existen varios tipos de compresores, dependiendo de las necesidades y características de utilización, se tienen los compresores de paletas, de caracol, rotativos, de pistón, de tornillo, entre otros, sin embargo en nuestro país se utilizan con más frecuencia los compresores de pistón, los sopladores rotativos y los de tornillo. A continuación una breve descripción de la operación de cada uno de estos compresores:

### Compresor de aire tipo Pistón

La compresión se efectúa por el movimiento alternativo de un pistón accionado por un mecanismo biela-manivela. En la carrera descendente se abre la válvula de admisión automática y el cilindro se llena de aire para luego en la carrera ascendente comprimirlo, saliendo así por la válvula de descarga. Una simple etapa de compresión como la descrita no permitirá obtener presiones elevadas, para ello será necesario recurrir a dos o más etapas, en donde en cada una el aire ya comprimido es vuelto a comprimir en otro cilindro en una segunda etapa y así sucesivamente hasta la presión final de operación. Uno de los problemas de esta tecnología es que presenta pérdidas por estrangulación y el filtro de admisión, además, parte del aire se escapa entre los anillos del pistón dentro de la camisa.

Los compresores de Pistón se clasifican por:

- Número de etapas: una o múltiples
- Forma del pistón: émbolo, escalonado o cruceta
- Lubricación: Por aceite o libres de inyección
- Transmisión: de banda o acople directo
- Número de cilindros
- Nivel de sonido: silenciado o no silenciado
- Unidad de compresión sola o con tanque
- Booster o aumentador

Estos compresores pueden llegar a presiones de 30 a 652,6 PSI. En el caso de los multi etapas pueden llegar a presiones superiores a los 1.400 PSI

## Sopladores de aire rotativos

También llamados “Blower”, resultan apropiados cuando se requiere aire comprimido a bajas presiones completamente libre de rastros de lubricante. Se alcanzan presiones no muy superiores a 21,8 PSI, sin embargo, poseen la ventaja de proveer altos volúmenes de aire (hasta 42.300 CFM), por tal razón su uso es restringido en aplicaciones neumáticas, más bien son ideales para aplicaciones como plantas de tratamiento de aguas.

## Compresor de aire tipo tornillo

También llamados compresores helicoidales. El compresor de tornillo es un compresor de desplazamiento con pistones en un formato de tornillo; este es el tipo de compresor predominante en uso en la actualidad. Las piezas principales del elemento de compresión de tornillo comprenden rotores machos y hembras que se mueven unos hacia otros mientras se reduce el volumen entre ellos y el alojamiento. La relación de presión de un tornillo depende de la longitud y perfil de dicho tornillo y de la forma del puerto de descarga.

El tornillo no está equipado con ninguna válvula y no existen fuerzas mecánicas para crear ningún desequilibrio. Por lo tanto, puede trabajar a altas velocidades de eje y combinar un gran caudal de aire con unas dimensiones exteriores reducidas.

Algunas capacidades de compresión del tornillo rotatorio producen presiones de trabajo de 72 a 188 PSI con un flujo de aire continuo que varía de acuerdo a la capacidad del compresor.

## Tanque de almacenamiento

Son recipientes presurizados que, además de servir como acumuladores, desempeñan dos funciones de vital importancia en la estación de aire comprimido: Compensan las fluctuaciones de la demanda y, además separan el condensado del aire comprimido. Su desempeño depende, en gran medida, de elegir el tamaño correcto y de emplear una protección anticorrosiva confiable.

## Secadores de Aire

Cuando el vapor de agua se condensa, el agua en forma líquida puede causar la oxidación y corrosión de las tuberías, atascamiento de los actuadores (elementos mecánicos que realizan el trabajo de compresión del aire, por ejemplo los cilindros de émbolo) y daños a herramientas e instrumentos.

Los secadores de aire remueven el vapor de agua y disminuyen el punto de rocío del aire comprimido. Previenen la formación de agua líquida, pero no eliminan todos los demás contaminantes, para los cuales se utilizan filtros especiales.

La selección de un secador de aire depende de la aplicación a utilizar; pero también hay otras consideraciones, como son la temperatura y el contenido de humedad del aire ambiente, las características del compresor y de otros componentes del sistema. Los más utilizados son los refrigerativos, aunque también son utilizados con frecuencia los desecantes.

## Filtros

Los filtros tienen la misión de atrapar del aire comprimido circulante en la red de distribución todas las impurezas y el agua condensada. Existen diferentes tipos de filtros que varían según el tamaño de las partículas a extraer del aire.



# Buenas Prácticas

Las oportunidades de ahorro energético deben estar orientadas directamente a solucionar las causas que provocan un alto consumo, producto de la pérdida de eficiencia del equipo por obsolescencia tecnológica o a los malos hábitos en el uso de los equipos, dichas causas pueden ser de diseño e instalación de los equipos o bien en la operación del mismo.

## Diseño e Instalación

- No obstruir la admisión de aire con paredes u otros equipos, mantener lo más fresca posible la admisión, por cada 4°C se incrementa el consumo de electricidad en un 1%.
- No colocar techo cerca de la salida de aire caliente debido a que puede ser re-succiónado por el compresor, incrementando así el volumen del aire de admisión.
- Para la red de distribución de aire, preferiblemente utilizar tuberías de Hierro Galvanizado (HG) lisas o mejor aún aluminio y con una inclinación de un 2% (sin secador refrigerativo).
- Evitar codos de 90° o "TEE", con el fin de evitar turbulencias y pérdidas de presión.
- Realizar un estudio de ultrasonido para detectar fugas al menos 1 vez al año.
- Para los compresores que mantengan una relación de tiempo de 70% carga, 30 % descarga, valorar la instalación de un almacenador de aire para prolongar más el tiempo en estado de descarga, y reducir el trabajo del compresor por las altas demandas, entre otras ventajas.
- No utilizar válvulas de solenoide de drenaje controlada por tiempo (recomendación de fabricante).
- Valorar la instalación de compresores con rendimientos mayores a  $4.76 \text{ CFM}^1 / \text{HP}^2$  (pies cúbicos por minuto / caballos de fuerza).
- Buscar Compresores cuya fabricación especifique que se ha fabricado como mínimo bajo los estándares establecidos en la EPAAct. (Ley de política energética de los Estados Unidos) o similar.

## Operación

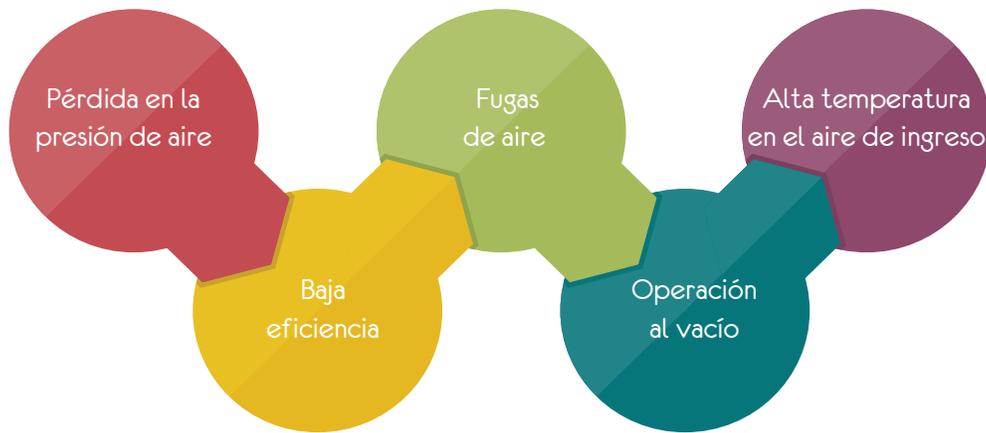
- Seleccionar la presión adecuada según el requerimiento de la herramienta neumática o aplicación en particular, por cada 2 PSI (libras por pulgada cuadrada) teóricamente significa un 1% más de consumo del compresor
- La presión máxima de caída desde el compresor hasta el punto más lejano de la red de aire comprimido es de 1.45 PSI, algunas plantas estiman hasta 10 PSI<sup>3</sup> de pérdidas por fugas, esto significa un 4% más de consumo de electricidad
- El compresor posee varios tipos de controlador en cuanto a cómo se maneja la carga y la descarga, por consiguiente al seleccionar el controlador adecuado, se puede reducir hasta un 35% de consumo de energía en estado de descarga.
- El correcto secado de aire representa entre un 6% y un 10% de ahorro de electricidad.
- El 22% de la potencia del compresor se puede recuperar en calor.
- La sustitución de un compresor de Pistón por un compresor de Tornillo podría representar entre un 25% a un 30%.de ahorro de electricidad.
- Utilizar el lubricante recomendado por el fabricante
- El daño de la "mariposa" (válvula de regulación) puede ocasionar un incremento en el consumo de electricidad en el rango de 6% al 10%.

1. CFM = pies cúbicos por minuto = 1,669 m<sup>3</sup>/h

2. HP = caballos de fuerza = 0.745 kW

3. 1 PSI = libras por pulgada cuadrada = 6.8948 kPa

## Causas de pérdida de Eficiencia Energética



# Caso Práctico

## Sistema de aire comprimido operando inadecuadamente

En una planta industrial se tiene un compresor de tornillo con las siguientes características: 100 HP, 476 CFM, 150 PSI, trabaja a una presión de 125 PSI, 3.756 horas al año con una relación de 80% en estado de carga y 20 % en estado de descarga, el aire en la succión presenta una temperatura de 35°C, esto debido a que el compresor está en un cuarto cerrado, además las herramientas neumáticas requieren 90 PSI y se estiman pérdidas por fugas de 10 PSI, bajo esta situación el compresor consume 270.575 kWh al año. ¿Qué mejoras inmediatas podría aplicar a este compresor?

### Solución:

a) En vista de que la presión requerida por las herramientas neumáticas es de 90 PSI, se estima:

Presión requerida por la planta (PRP) = Pérdidas por fugas (PF) + Presión de herramientas (PH)

$$PRP = 10 \text{ PSI} + 90 \text{ PSI}$$

$$PRP = 100 \text{ PSI}$$

Por lo tanto, procede reducir la presión a 100 PSI, si por cada 2 PSI, se reduce 1 % en el consumo de energía, entonces:

Se regula la nueva presión a 100 PSI, y con ello se reduce el consumo en un 13% debido a que la relación del compresor varía a 55% en estado de carga y un 45% en estado de descarga, en este caso el consumo de energía disminuye en 35.174 kWh al año.

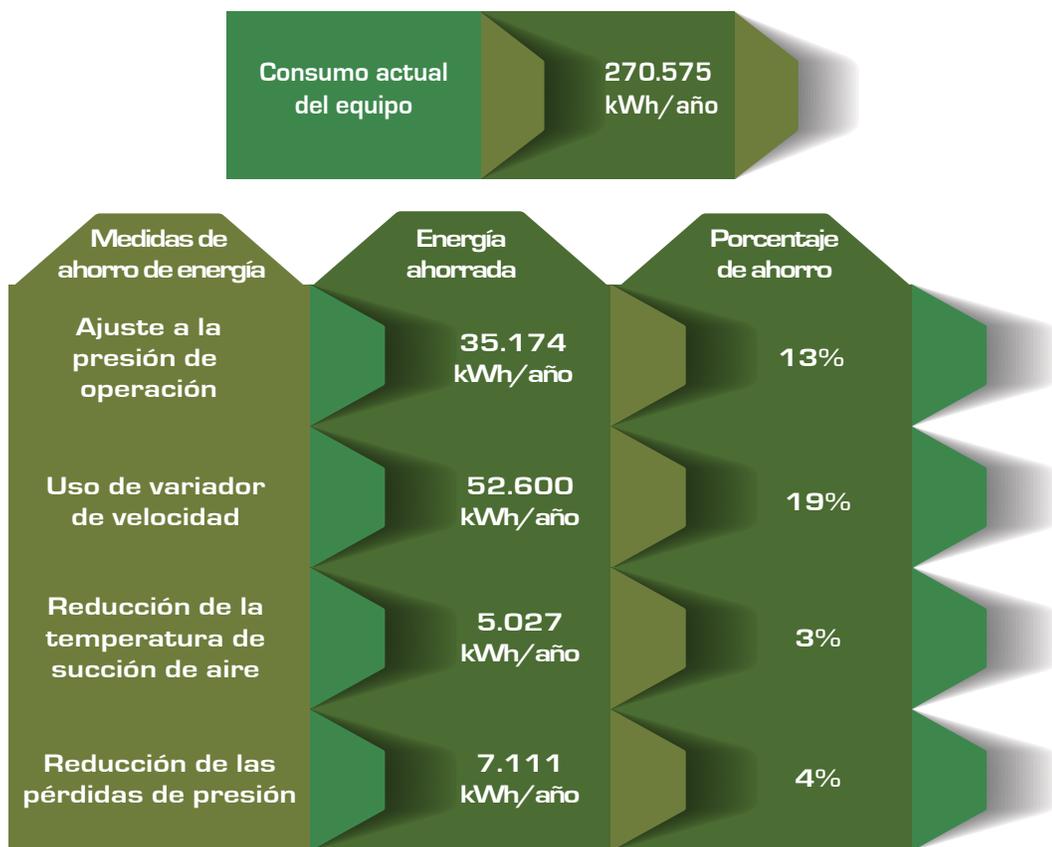
Aplicada esta medida, y en vista de que el tiempo de descarga del compresor es apreciable, debe revisarse el controlador del mismo para reducir aún más su consumo de energía, esto se puede lograr mediante la instalación de un variador de frecuencia, este podría reducir la potencia de descarga (o en vacío) de un 55% a un 15%, por lo tanto, si se aplicase esta medida se tendría un ahorro de 52.600 kWh al año en estado de descarga, por lo tanto el ahorro total debido al ajuste de presión e instalación de un variador de frecuencia sería de 87.774 kWh al año.

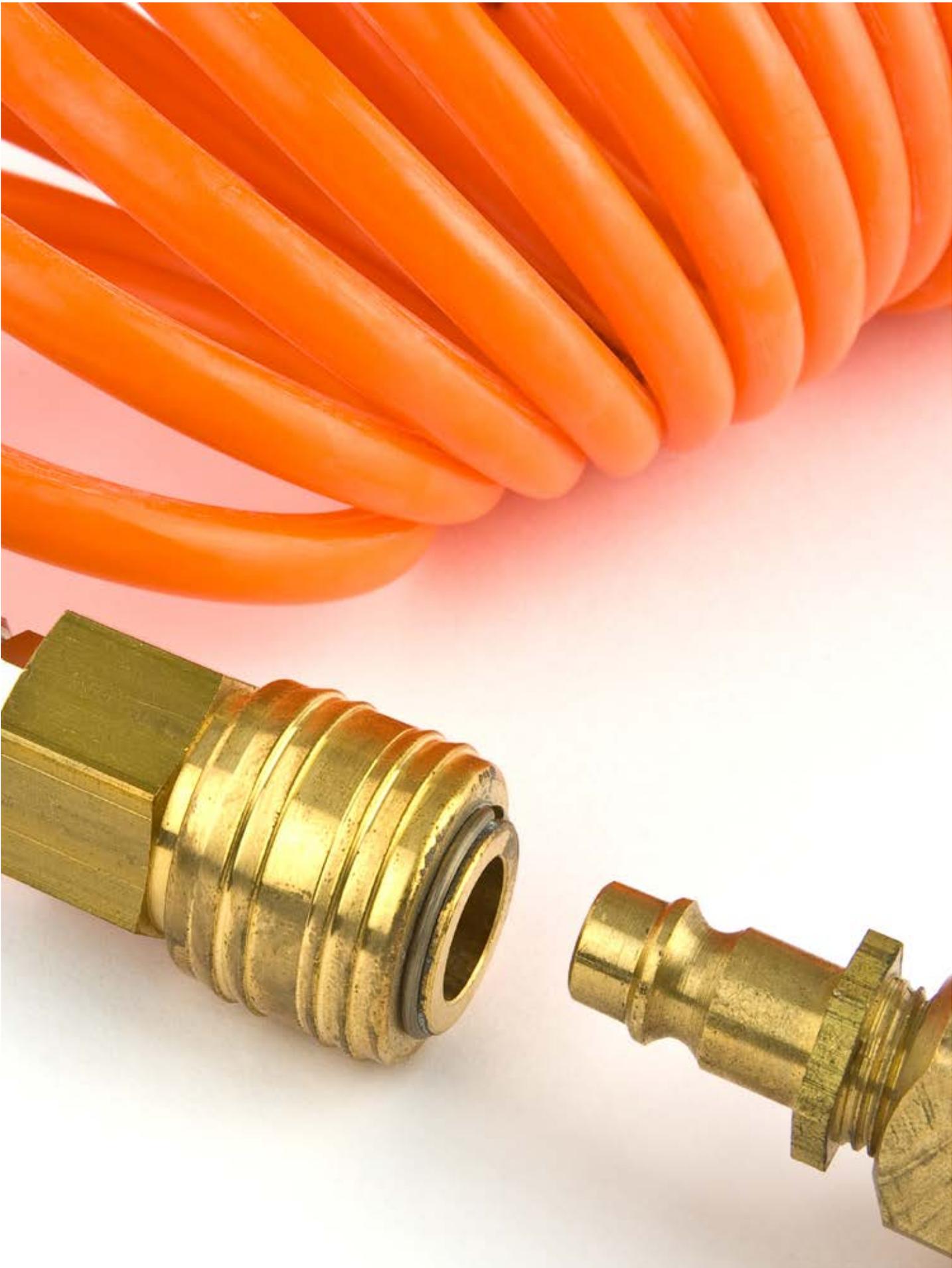
b) El compresor presenta una temperatura del aire en la succión de 35°C, sin embargo, la temperatura de aire exterior se encuentra en un promedio de 24°C, entonces, si se coloca un ducto de ingreso de aire o bien se ubica el compresor donde el aire de ingreso sea del exterior, se estaría reduciendo en 11°C, esto significa una reducción adicional del 2.75% pasando de un consumo anual de 182.801 kWh/año a 177.774 kWh/año para un ahorro de 5.027 kWh/año.

c) Por otro lado, se estima que la pérdida de presión por fugas debe ser como máximo en 1.45 PSI, en este caso se tienen 10 PSI, por lo tanto el reducir las fugas reduce el consumo en un poco más de 4 % del consumo. En este caso se reduce en 7.111 kWh/año el trabajo del compresor.



## Resumen de ahorros de energía:





El gobierno alemán, por medio de la cooperación alemana Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), apoya la región centroamericana a través de su Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética (4E) en mejorar las condiciones marco, así como las capacidades tanto institucionales como personales, para el fomento de las energías renovables, la eficiencia energética y la mitigación del cambio climático. Es en el marco de este proyecto que la GIZ apoya al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) en la elaboración del presente producto informativo, con el fin de promover el uso racional y eficiente de la energía, así como un aprovechamiento estratégico y sostenible de las fuentes renovables de energía disponibles en Costa Rica.

# BUENAS PRÁCTICAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA Aire Comprimido Industrial



Contenido elaborado por:  
**Gerencia Electricidad**  
**UEN Servicio al Cliente**  
**Área Conservación de Energía**

**Teléfonos**  
(506) 2000-7460  
(506) 2000-5673  
(506) 2000-8041

[eficienciaenergetica@ice.go.cr](mailto:eficienciaenergetica@ice.go.cr)

[www.grupoice.com](http://www.grupoice.com)