



Eficiencia energética en sistemas eléctricos

Mtro. Augusto Sánchez Cifuentes

Ing. Rosa María Jiménez Olmos

Ciudad de México, 28 de agosto de 2019



Contenido

- Sistema tarifario
- Iluminación
- Motores eléctricos
- Refrigeración
- Aire comprimido
- Ventilación y HVAC

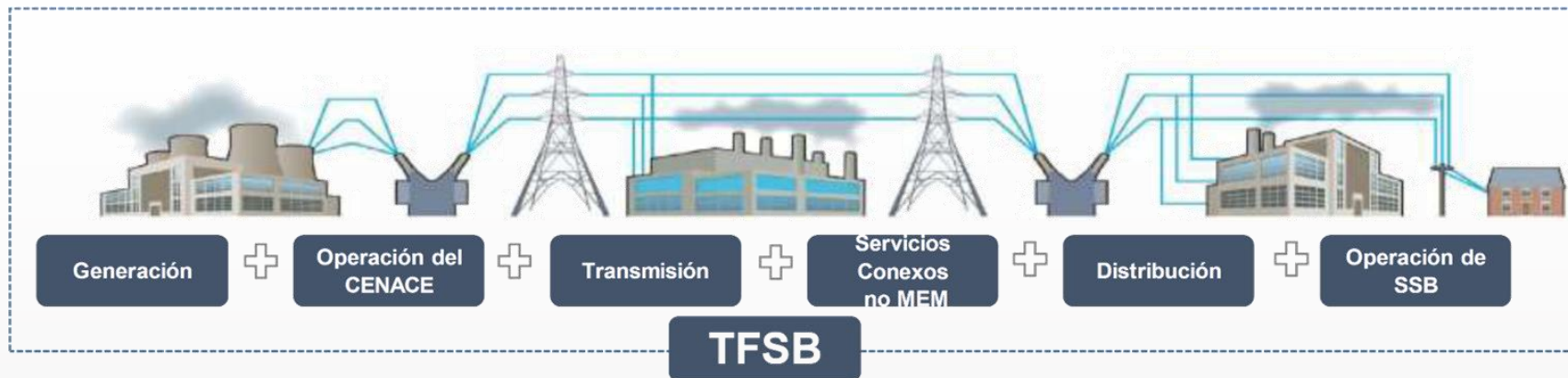




Sistema tarifario



Integración de la tarifa final de servicios básicos



Generación: Costo variable de la energía, asignado por perfil de consumo y Precio Marginal Local (PML)

Capacidad: Costo de la potencia (demanda). Se asigna por perfil de consumo



Transmisión: Costo por transporte y transformación de voltaje de energía eléctrica hacia las redes de distribución



Distribución: Costo del uso de las líneas y redes de Distribución en media y baja tensión hasta el punto de consumo



CENACE: Costo por administrar la operación del MEM



Servicios Conexos: Servicios vinculados a la operación del Sistema Eléctrico Nacional, necesarios para garantizar su calidad, confiabilidad, continuidad y seguridad



Divisiones tarifarias, CRE



Las TFSB se clasifican en 17 divisiones tarifarias



Categorías tarifarias



Categoría tarifaria	Descripción	Tarifa anterior ^{1/}
DB1	Doméstico en Baja Tensión, consumiendo hasta 150 kWh-mes	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F
DB2	Doméstico en Baja Tensión, consumiendo más de 150 kWh-mes	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC
PDBT	Pequeña Demanda (hasta 25 kW-mes) en Baja Tensión	2, 6
GDBT	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Baja Tensión	3, 6
RABT	Riego Agrícola en Baja Tensión	9, 9CU, 9N
APBT	Alumbrado Público en Baja Tensión	5, 5A
APMT	Alumbrado Público en Media Tensión	5, 5A
GDMTH	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Media Tensión Horaria	HM, HMC, 6
GDMTO	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Media Tensión Ordinaria	OM, 6
RAMT	Riego Agrícola en Media Tensión	9M, 9CU, 9N
DIST	Demanda Industrial en Subtransmisión	HS, HSL
DIT	Demanda Industrial en Transmisión	HT, HTL

^{1/} Categorías tarifarias del esquema anterior de CFE que corresponden con cada una de las categorías tarifarias establecidas en el presente Acuerdo. Fuente: CRE



CLIENTE 01 DIVISION VMN

Av. Paseo de la Reforma 164 Int 4
Vicente Guerrero y Morelos, San Juan Ixtacala amp Norte, C.P. 54168
Tlalnepantla de Baz, Estado de México.

TOTAL A PAGAR:

\$353.00 M.N.

(TRECIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 00/100 M.N.)

NO. DE SERVICIO (RMU): 00000 AA-MM-DD XXXX-AAMMDD 000 XXX

PERIODO FACTURADO: 31 AGO 17 - 31 OCT 17

TARIFA: 01

NO. MEDIDOR: B364436

MULTIPLICADOR: 1

LÍMITE DE PAGO: 16 NOV 17

CORTE A PARTIR:
17 NOV 17

Concepto	Lectura actual		Lectura anterior		Total periodo	Precio (MXN)	Subtotal (MXN)
	Medida	Estimada	Medida	Estimada			
Energía (kWh)	687		394				118.95
Básico					150	0.793	124.28
Intermedio					130	0.956	36.43
Excedente					13	2.802	
Suma							
Subtotal							279.66



Este gráfico refleja tu nivel de consumo. A menor uso, mayor apoyo.



App CFE Contigo



Ya puedes descargarla en tus dispositivos móviles y en todo momento consulta tu recibo, realiza tu pago y ubica centros de atención a clientes.



CFE Contigo disponible en:



Costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista

Concepto	\$	\$/kW	\$/kWh	Importe (MXN)
Suministro	74.10			148.20
Distribución			0.9473	277.56
Transmisión			0.1521	44.57
CENACE			0.0070	2.05
Generación			0.9361	274.28
Capacidad			0.5563	163.00
Otros MEM ⁽¹⁾			0.0054	1.58
Aportación Gubernamental 631.57				

Desglose del Importe a pagar

Concepto	Importe (MXN)
Cargo por consumo (kWh)	
IVA 16%	279.66
DAP ⁽²⁾	44.74
Cargos o créditos ⁽³⁾	27.97
Facturación del periodo	00.00
Diferencia por redondeo	352.37
Adeudo anterior	0.83
Pago anterior	286.24
Total a pagar	286.00
	353.20

(1) Otros MEM: Costos relacionados con los servicios del Mercado.

(2) DAP: Derecho al Abastecimiento Público.

(3) Cargos o créditos: Cargos o créditos que se pagan por el servicio.



Fecha, hora y lugar de impresión: 26/08/2017 12:34:16 hrs. AV. UNIV. D.L.A. 900 DEL CENTRO SALTILO
SALTILO Coahuila Mexico CP 25000 El Gobierno Federal trabaja contra la inseguridad, con tu ayuda fortalecemos la
Lucha Secretara de la Función Pública cvalje y demarcas al Teléfono:

NÚMERO DE SERVICIO (RMU): 00000 AA-MM-DD XXXX-AAMMDD 000 XXX

00 000000000000 000000 0000000000



CUENTA: 0000000000000000

CLAVE DE ENVÍO: Repartir

PORTE PAGADO CARTAS CAD3-0258 AUTORIZADOS POR SEPOMEX

TOTAL A PAGAR:

\$353.00 M.N.

(TRECIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 00/100 M.N.)





Iluminación



Auditoría en el sistema de iluminación



Evalúe lo que tiene

- Clasificación del sitio: oficina, bodega, almacén, etc.
- Características del sitio: altura, ancho, longitud, color y condición de la superficie
- Características de los dispositivos fijos: tipo de lámparas, número de accesorios, condición de las luminarias, métodos de control, altura de los dispositivos empotrados, balastos y potencia de lámparas

Evaluar los niveles de iluminación y la calidad de luz

- Medir las candelas
- Ubique los tipos de luminarias usando un *layout*
- Revise si existe deslumbramiento excesivo o contraste
- Entreviste a los usuarios acerca de los niveles, controles y calidad de la iluminación
- Compare las mediciones de iluminación con las recomendadas de acuerdo con el tipo de tarea



Auditoría en el sistema de iluminación



Estime el consumo de energía eléctrica

- Calcule la potencia total: $W/\text{dispositivo} \times \# \text{ de dispositivos}$
- Calcule la densidad de potencia: $W \times 1000/m^2$
- Compare los valores de densidad con parámetros normativos
- Estime las horas de uso anual
- Estime el costo anual de energía para iluminación ($kW_{\text{exist}} \times h/\text{año} \times \$/kWh = \$/\text{año}$)

Calcule los ahorros

- Determine los nuevos kW después de las mejoras
- Si se cambian los controles de iluminación, determine el cambio en las horas de operación anuales
- Calcule los ahorros de energía ($kW_{\text{ant}} - kW_{\text{act}} \times \text{horas de operación}$)
- Calcule los ahorros económicos ($kWh \times \$/kWh = \text{ahorros}$)



Caso de éxito



Edificio Corporativo Hoteles Misión, localizado en México, D.F.

Acciones Correctivas

Sistema de Iluminación

Sistema Original:

- Sistema conformado por lámparas fluorescentes lineales tipo T12 con balastro electromagnético y lámparas incandescentes

Sistema Propuesto:

- Lámparas fluorescentes lineales T5 de 28W con reflector especular y balastro electrónico, así como lámparas fluorescentes compactas mini espiral T2 con balastro integrado



Beneficios:

- Reducción de 12 kW en la Demanda
- Reducción de 26 MWh/Año
- Ahorro Anual de 5,615.90 USD

Inversión Total
17,251 USD
PSR = 3.1 Años



Motores eléctricos



Motores eléctricos



Los motores no son los usuarios finales de la energía, sólo convierten la potencia eléctrica en potencia mecánica útil. Su capacidad para realizar esta conversión determina su eficiencia.

Esta conversión siempre tiene pérdidas. Los motores más eficientes alcanzan una eficiencia de hasta 95%.

Sin embargo, son responsables de $\frac{3}{4}$ partes del consumo de electricidad en la industria

SELECCIONE:

- ✓ El motor de acuerdo con su ciclo de trabajo:
 - Servicio continuo
 - Operación intermitente
- ✓ La potencia del motor
 - El rendimiento máximo se obtiene cuando opera entre el 75% y 95% de su capacidad (potencia nominal)
- ✓ El armazón en función del ambiente en que va a trabajar.

Motor de CA
 <p>Utilizan un marco de hierro fundido, con bases de montaje integradas al marco.</p>
 <p>Con base de sujeción montada en la carcasa</p>
 <p>Utiliza un marco laminado</p>

Motor de inducción CA, 4 polos, 3 fases y tipo jaula de ardilla



Política de usos de motores



De gestión

- Una PGM debe incluir:
 - Un calendario con procedimientos para el mantenimiento del motor
 - Un plan para la compra de motores nuevos y más eficientes
 - Un plan para la reparación de motores fallidos
 - Seguimiento preciso de la frecuencia en que han sido rebobinados los motores

De compra

- Aspectos necesarios:
 - Clase de eficiencia de motor necesaria
 - Una política detallada en torno a la aplicación de los variadores de velocidad
 - Una orientación clara en cuanto a cuando los motores se deben reemplazar en lugar de rebobinar
 - Definir si la compra es a través de un proveedor preferido o por una licitación
 - Cualquier impuesto apropiado o una orientación financiera relacionada con la compra



Política de usos de motores



De mantenimiento

- Lista de comprobación rutinaria:
 - Control visual de las cajas de cambios en busca de fugas y daños
 - Limpieza habitual
 - Tensión y estado de la correa
 - Probar alineación
 - Temperatura del motor
 - Ruidos inusuales
 - Lubricación
 - Pruebas de termografía y vibración
- Mantenimiento de Accionamiento de Velocidad Variable:
 - Ventilación correcta
 - Imágenes térmicas



Cálculo de ahorros en motores de alta eficiencia



- Los ahorros en potencia y energía dependen de la eficiencia del motor estándar vs. el motor de alta eficiencia

$$\begin{aligned} \text{Ahorro de potencia} &= kW_e \\ &= \left[\left(\frac{kW_{Nom} * FC}{\eta} \right)_{E.Estándar} - \left(\frac{kW_{Nom} * FC}{\eta} \right)_{E.Alta} \right] \end{aligned}$$

FC = Factor de Carga

- Ahorro de energía = Ahorro en potencia x Tiempo = kW_e x Horas de Operación



Ejemplo, sustitución de un motor sobredimensionado



- Un motor de 100 hp mueve una carga de 38 hp y opera 4000 horas al año. Opera al 38% de su capacidad y con una eficiencia del 81%. Está sobredimensionado.
 - ❖ Se sugiere utilizar uno de 50 hp que trabajaría a un régimen del 76% para lo cual tiene su máxima eficiencia de 91.5%. La potencia ahorrada es:

$$PA = P_{\text{carga}} \left(\frac{1}{\eta_{\text{actual}}} - \frac{1}{\eta_{\text{nueva}}} \right) = 38 * (0.746) \left(\frac{1}{0.81} - \frac{1}{0.915} \right) = 4.02 \text{ kW}$$

El ahorro de energía anual es = $4.02 \times 4000 = 16,080$ kWh.

- Si el costo de la energía es de \$ 1.45/kWh el ahorro económico es de \$ 23,316 anuales más la disminución en demanda, considerando un promedio de \$145/kW de demanda, arroja un ahorro anual de \$ 6994.8 adicionales, por lo que el ahorro total anual es de \$ 30,310 pesos.
- Si el motor nuevo instalado tiene un costo de \$ 34,000, la inversión se recupera en 1.12 años (1 año un mes).



Refrigeración

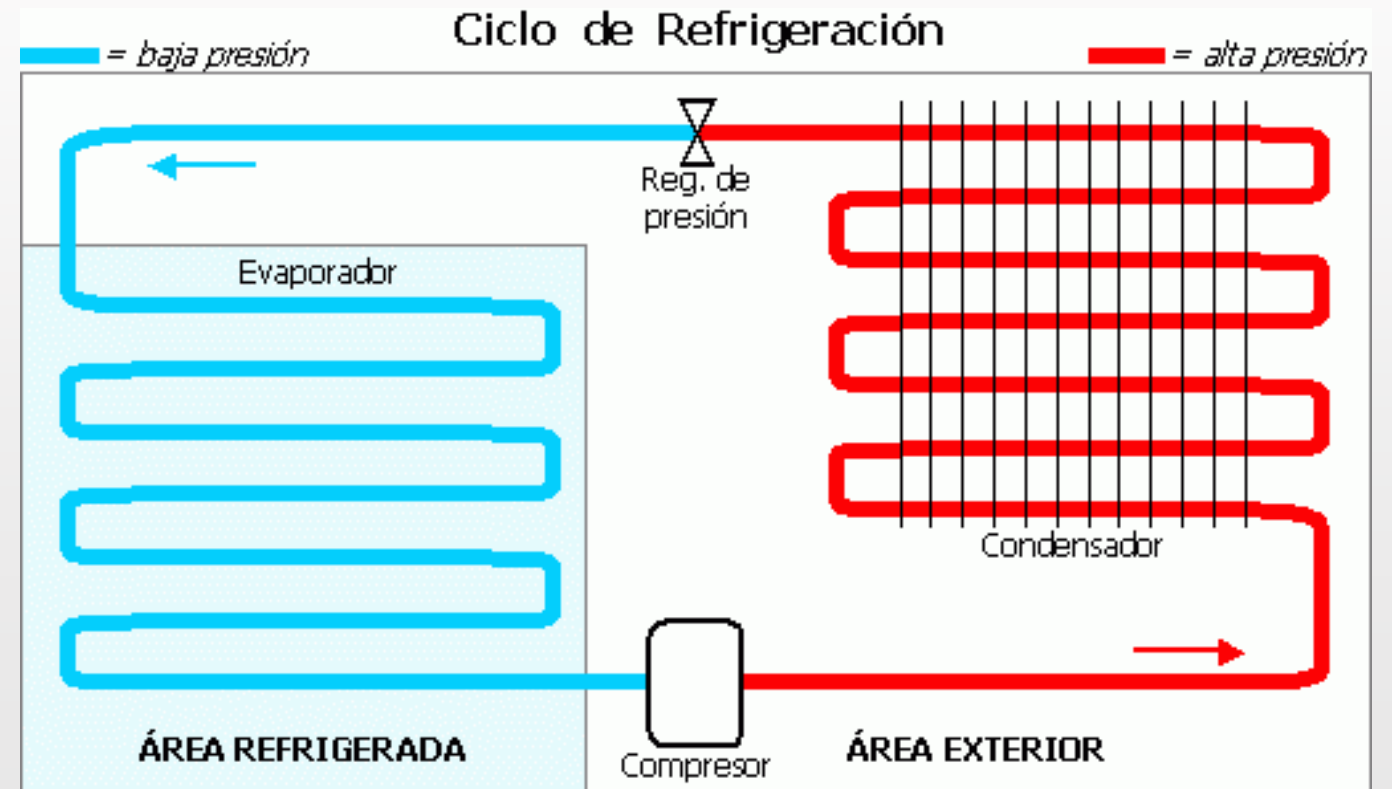


Componentes de un sistema de refrigeración



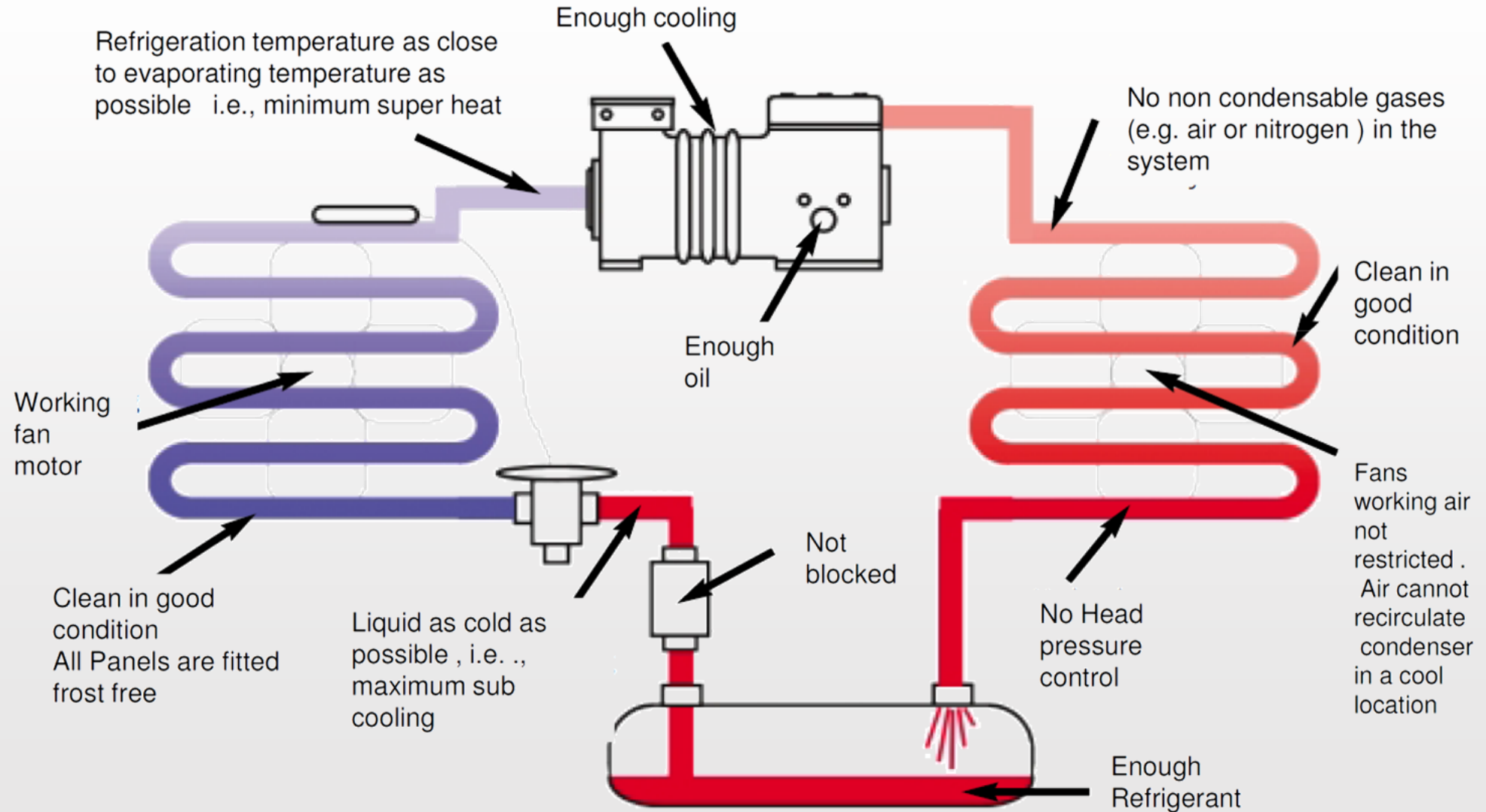
❖ Los cinco principales componentes de un sistema de refrigeración son:

1. Compresor
2. Condensador
3. Elemento restrictor
4. Evaporador
5. Refrigerante





Eficiencia energética en refrigeración





Auditoría energética



- ❖ Evaluación del diseño general de la instalación
- ❖ Estudio del sistema de refrigeración
 - En una auditoría energética hay que verificar si las luces son ahorradoras y adecuadas a la baja temperatura
 - Que no haya fugas por infiltración en empaques o rendijas y que exista una cortina plástica si dejan el cuarto abierto al cargar.
 - Las temperaturas del cuarto deben ir de acuerdo con el producto.
 - Hay que verificar también la calidad del mantenimiento, la presencia de escarcha en el serpentín y si el condensador está bien ventilado o no.
- ❖ Evaluación de los componentes
- ❖ Comprobación de la secuencia de operación
- ❖ Revisión de bitácoras y procedimientos de operación



Opciones de eficiencia energética



Medidas operacionales

- Set Point.
- Movimiento de Productos y cadena de frío.
- Armado de los Pre-frío.
- Limpieza de superficie de intercambio térmico (deshielo, incrustaciones).
- Mantenimiento preventivo.
- Sello de puertas.
- Mantener registros de:
 - Temperaturas
 - Consumo Eléctrico.

Medidas técnicas

- Potencia de motores.
- Tipo de compresores.
- Condensación.
- Infiltración de aire.
- Automatización de sist.
- Implementación de sist proporcionales a la carga (motores, condensadores)
- Humedad relativa.
- Tratamiento de agua y purga.
- sistemas de doble etapa.
- Existencia de antecámaras.
- Diámetro de cañerías.

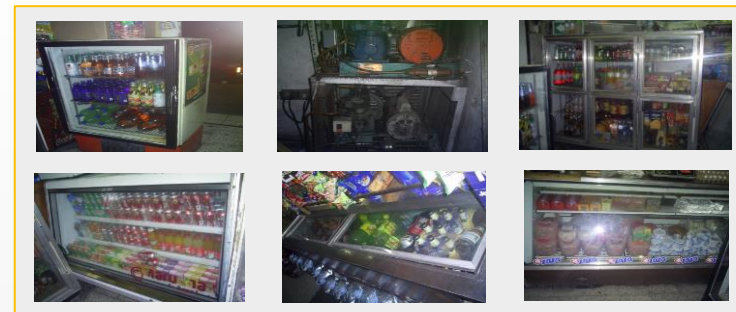


Caso de Éxito Mini Súper “La Manga”



Sistema Original

Se tienen 7 refrigeradores botelleros con una carga total de 4.10 kW y 5 arreglos de 2x75W tipo T-12.



Sistema Propuesto

Se sustituyeron por un cuarto frío “RICH-IN” con 6 puertas con un carga de 1.25 kW y 5 arreglos de 2x32W tipo T-8.



Beneficios por la Implementación

- Reducción de 3.28 kW de demanda
- Reducción de 19,556 kWh en energía anual
- Ahorro anual de \$ 43,744.80 M.N

Inversión Total \$106,595.00 M.N.
PSR = 2.44 años

Fuente: Nacional Financiera S. N. C., Casos Prácticos de Proyectos de Ahorro de Energía en Empresas Mexicanas y Rentabilidad de Proyectos, 2011



Aire comprimido

Sistemas de aire comprimido

- Se usa en forma **intensiva** en los sectores industriales de alimentos, textil, del vestido, madera, muebles, papelería, química y plástico, entre otros.
- Típicamente un sistema de aire comprimido, con una vida promedio de 10 a 15 años, divide sus gastos en un **83% de electricidad**, **13% en inversiones de capital** y **4% en mantenimiento**.

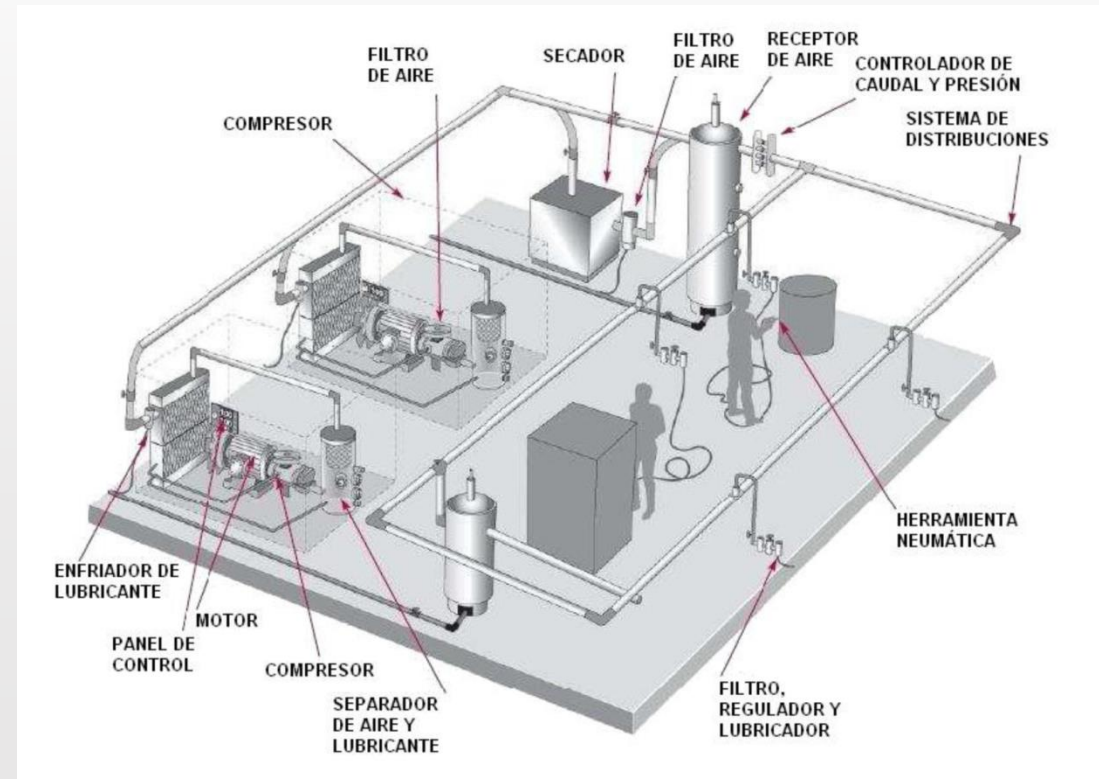
Estos sistemas se dividen en dos:

- **El suministro**

Incluye la generación mediante compresores eléctricos, y el acondicionamiento para su uso final

- **La demanda**

Define la provisión de aire comprimido en la cantidad y calidad necesarias.





Sistemas de aire comprimido

Una gestión adecuada del lado de la producción tendrá como resultado aire comprimido:

- Limpio, seco y estable. Entregado a la presión adecuada. Con un costo razonable.

Si la demanda se gestiona adecuadamente significa:

- Minimizar las pérdidas de aire. Usar aire comprimido únicamente en aplicaciones apropiadas

Aproximadamente, el 50% del aire comprimido se estima que se destina a componentes no productivos de la demanda tales como fugas, usos inapropiados del aire comprimido y demanda artificial.

El tamaño mínimo del compresor, para que sea económica la recuperación de calor, se sitúa en el entorno de los 15kW.



Auditoría del sistema de aire comprimido



Demanda

- Aislamiento del sistema / máquina
- Uso inadecuado del aire comprimido
- Requisito de presión excesivo
- Las fugas de aire

Red de tuberías

- Método de drenaje de condensación
- Gestión de fugas y otro mantenimiento
- Caída de presión del sistema

Suministro

- Mantenimiento del compresor de aire
- Método principal de control del compresor de aire
- Múltiples métodos de control del compresor de aire
- Temperatura ambiente del compresor (°C sobre la temperatura ambiente)
- Calidad de la toma de aire
- Presión de funcionamiento del compresor
- Tratamiento del aire; secadoras
- Caída de presión en la secadora y filtro



Aspectos a revisar

Puntos de fuga

- Acoplamientos y mangueras
- Reguladores de presión
- Trampas de condensado
- Uniones de tuberías
- Herramientas y equipos

Contaminantes: Agua

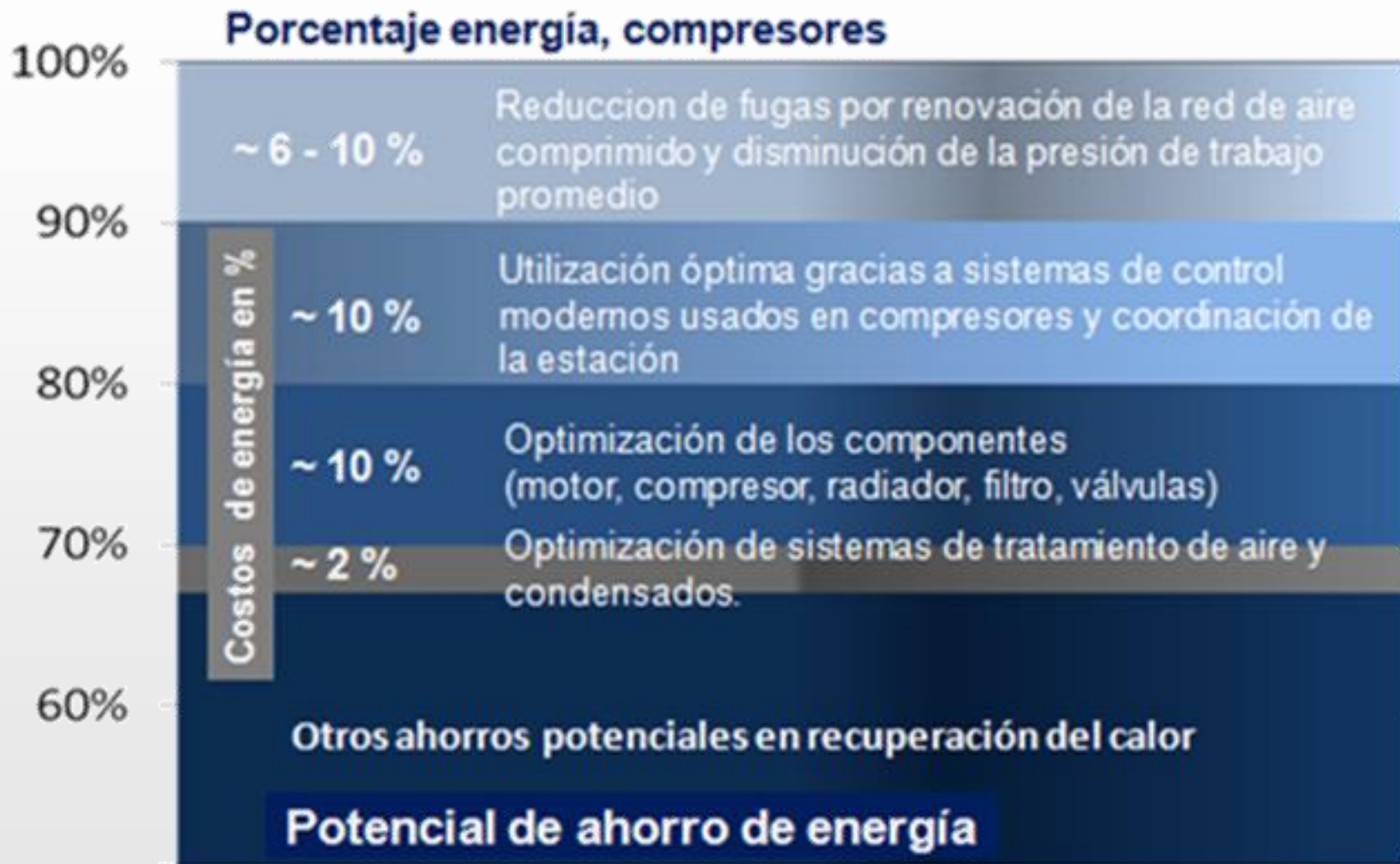
- Efectos
 - Lavado de la lubricación
 - Mayor desgaste
 - Oxidación
 - Congelamiento de líneas

Contaminantes: Aceite y sólidos

- Caídas de presión
- Mayor fricción
- Mayor desgaste



Ahorro potencial de energía





Ventilación y HVAC



Acondicionamiento del ambiente

El acondicionador de ambiente o *climatizador* es un equipo que provee de aire frío, calefacción y/o ventilación a un cuarto cerrado, además de limpiar el aire y controlar su humedad.



DE PARED: se instala a través de una ventana o pared externa



TIPO CENTRAL: Paquete: se acoplan en un sólo gabinete

- Dividido: separados pero diseñados para trabajar en forma conjunta



MINISPLIT: Constituido por dos unidades: una al interior del cuarto y otra en el exterior, ambas conectados por tuberías



MULTISPLIT: Constituido por más de dos unidades: dos o más al interior del cuarto(s), y una unidad en el exterior, conectados por tuberías



Auditoría en ventilación

1 Mida el volumen del aire a la salida del sistema de ventilación. Registre los datos de ventilación y los datos de placa de los motores

2 Compare las mediciones con lo que marcan las regulaciones

3 Compruebe si las tasas de ventilación están dentro de norma. Para reducir los CFM, se puede cambiar la polea del ventilador. Al hacer esto se pueden tener los siguientes ahorros:

- Se reduce la potencia de freno del motor del ventilador
- Se reducen las pérdidas de calor durante la temporada de calor



Auditoría de temperatura y humedad

Determine la temperatura interior para cada espacio y estación

Revise si la temperatura excede las temperaturas recomendadas, de acuerdo con la normativa

Verificar si se apagan los sistemas cuando en horas de no ocupación

Determine que espacios no se ocupan

Verifique si existen dispositivos de retroceso para reajustar el termostato, instalando relojes o controles de ajuste.

Verificar los niveles de humidificación



Auditoría en el sistema HVAC



Diagnóstico de funcionamiento

- Defectos de funcionamiento.
- Defectos de regulación y control.
- Mal funcionamiento.
- Defectos en elementos de medición
- Desequilibrios entre flujos de agua y/o aire.
- Identificar aspectos que supongan carencias de la instalación o defectos de diseño

Diagnóstico de mantenimiento.

- Carencia del correcto servicio de mantenimiento.
- Escasa secuencia del mantenimiento.
- Falta de limpieza de filtros.
- Defectos de funcionamiento de equipos.
- Fugas de agua y/o aire en tuberías y ductos.
- Elementos o equipos fuera de servicio.
- Combustión irregular en calderas.
- Mal funcionamiento de compuertas de regulación



Clasificación de las oportunidades de mejora



Estrategias de operación

- Temperatura de Confort
- Administración de la Demanda
- Uso de Variadores de Frecuencia

Rendimiento del equipo

- Sustitución del equipo
- Mantenimiento
- Mejoras al ciclo de refrigeración

Disminución de ganancias de calor

- Disminuir ganancias de calor por elementos arquitectónicos.
- Reducir las cargas térmicas en el interior de las áreas acondicionadas



Caso de Éxito “Escuela de Capacitación”



Institución dedicada a la enseñanza de computación localizada en Culiacán, Sin. con una demanda de 68 kW, consumo de 118,080 kWh/año y una facturación promedio anual de \$ 231,848.04 M.N.

Acciones Correctivas

En el Sistema de Aire Acondicionado

Sistema Original

- Unidad paquete de 20 TR
- Unidad paquete de 10 TR
- Unidad paquete de 4 TR
- Unidad paquete de 3 TR

Sistema Propuesto

- 6 unidades tipo mini-split de 3 TR
- 3 unidades tipo mini-split de 2 TR
- 1 unidad tipo mini-split de 1.5 TR
- 10 unidades tipo mini-split de 1 TR



Beneficios por la Implementación de estas Medidas:

- Reducción de 40.26 kW
- Reducción de 57,974.40 kWh en energía anual
- Ahorro anual de \$ 112,748.64 M.N.

Fuente: Nacional Financiera S. N. C., Casos Prácticos de Proyectos de Ahorro de Energía en Empresas Mexicanas y Rentabilidad de Proyectos, 2011

Inversión Total
\$ 303,452.80 M.N.
PSR = 2.7 años



¿Preguntas?





¡Gracias!

Mtro. Augusto Sánchez Cifuentes

Ing. Rosa María Jiménez Olmos

augsan@unam.mx

rosamaria.jimenez@comunidad.unam.mx

55 562 23138, 55 5622 3139

Ciudad de México, 28 de agosto de 2019