

UNIDAD DE GESTIÓN DEL PROYECTO



Curso de capacitación: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SERVICIOS AUXILIARES: Sistemas de refrigeración y aire acondicionado

Expositor: Ing. Victor Arroyo – Consultor Nacional Proyecto ZIS
Lima, 08 al 22 de julio de
2021

Operado por:



Punto focal The GEF:



Financiado por:



Implementado por:



MÓDULO 4

Eficiencia en sistemas de refrigeración y aire acondicionado

1. Introducción
2. El ciclo de refrigeración
3. Componentes de un sistema de refrigeración
4. Cargas de refrigeración
5. Equipos de aire acondicionado
6. Evaluación de la eficiencia energética
7. Consideraciones del refrigerante
8. Oportunidades de eficiencia energética
9. Caso práctico

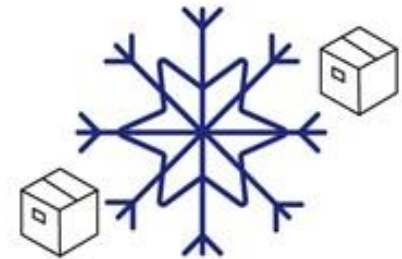
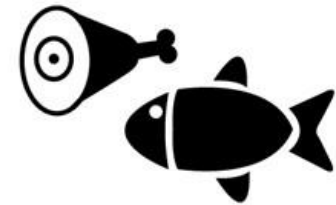
Introducción

Definición de refrigeración:

La refrigeración es el proceso de bajar la temperatura de un material por debajo de su alrededor.

La refrigeración se utiliza para eliminar el calor en:

- Congelación
- Aire acondicionado (planta, procesos, ambientes térmicos confort, etc.).
- Reacciones químicas.
- Licuar gases.
- Separar los gases por evaporación y condensación.
- Depurar productos por preferencia.



Introducción

Unidad de refrigeración:

La capacidad de refrigeración se expresa normalmente en toneladas de refrigeración (TR).

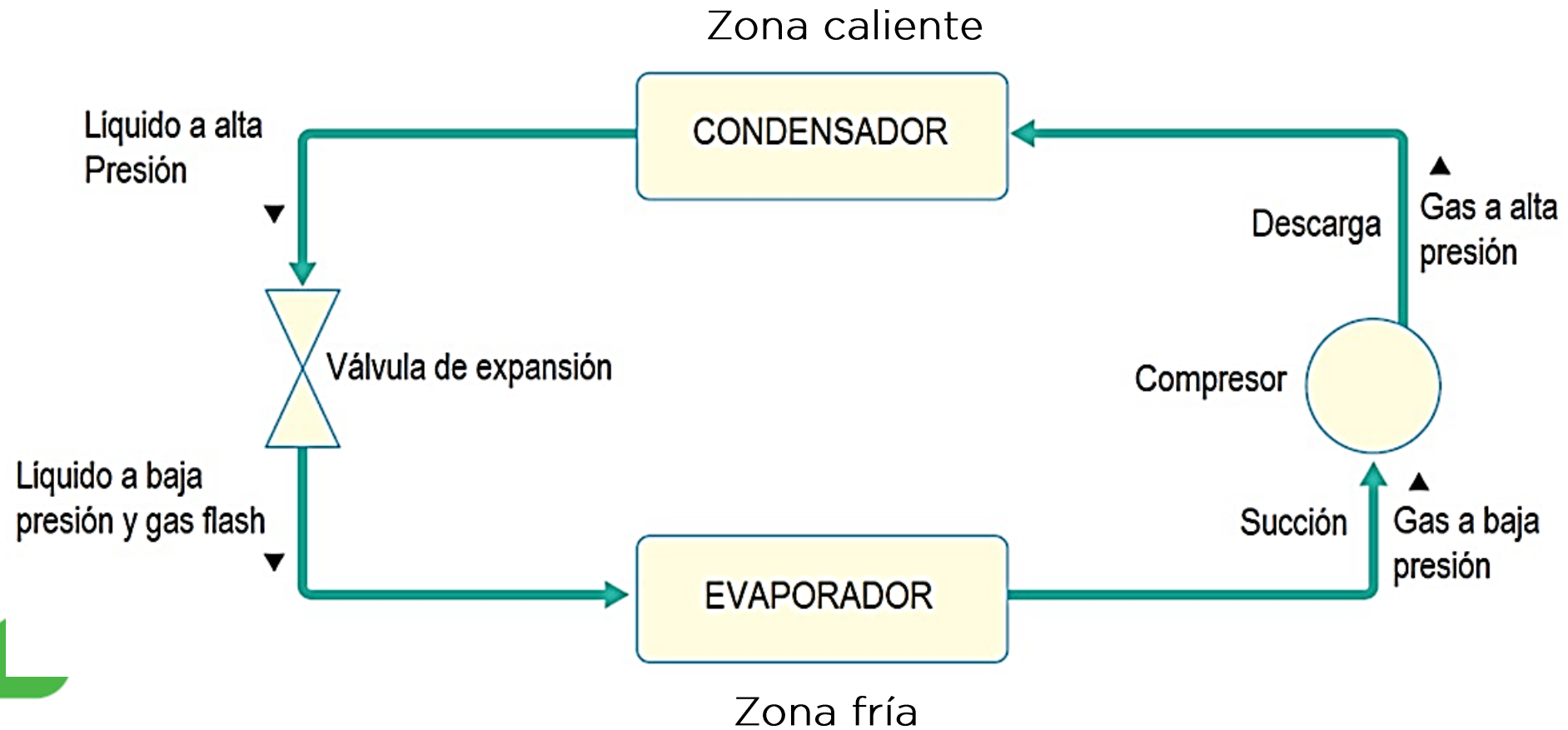
Una tonelada de refrigeración es la cantidad de calor extraída para producir una tonelada de hielo a 0 °C desde agua a 0 °C en 24 horas:

$$1 \text{ TR} = 50 \text{ kcal/min} = 12,000 \text{ btu/h}$$



El ciclo de refrigeración

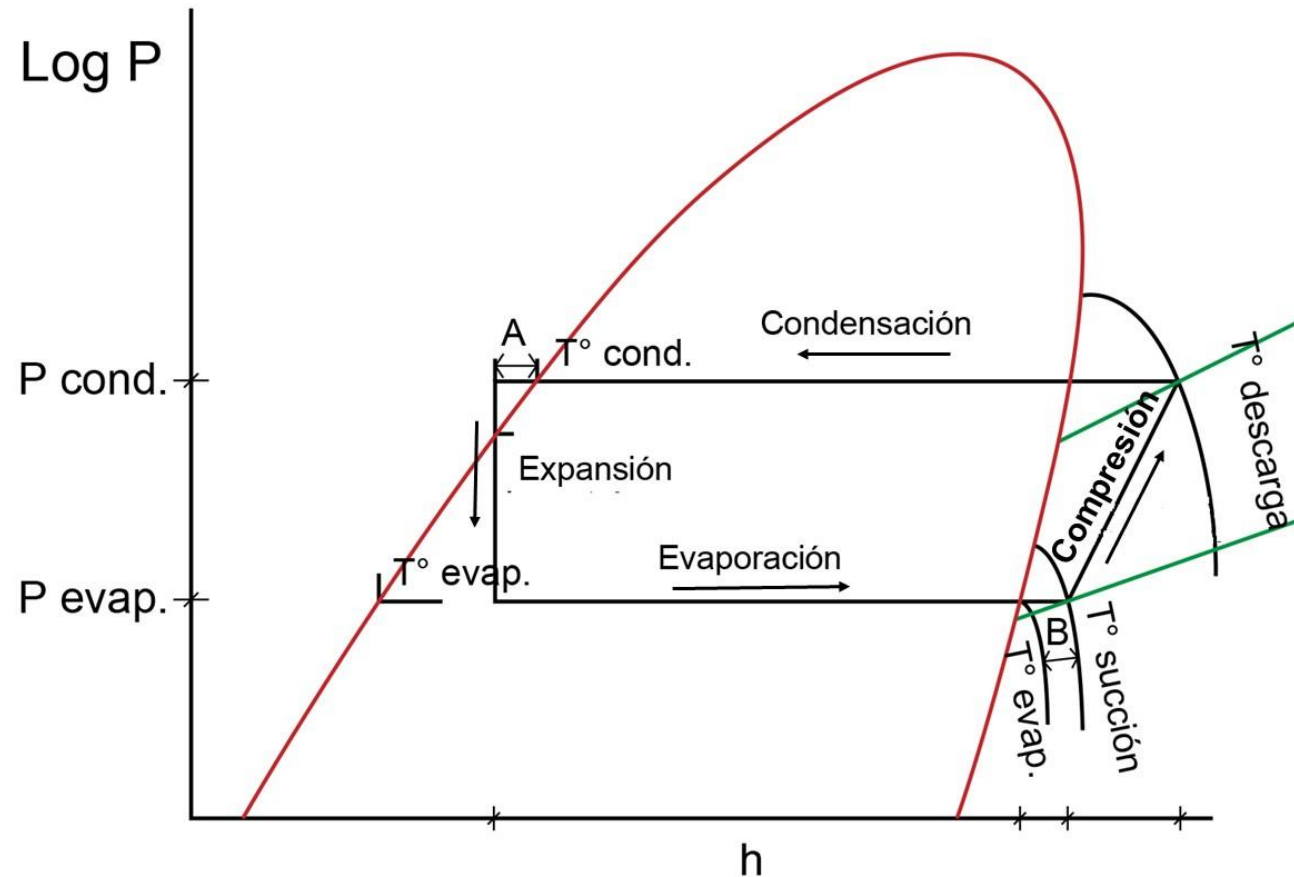
Los sistemas de refrigeración por compresión de vapor siguen un ciclo termodinámico.



El ciclo de refrigeración

Termodinámicamente el ciclo de refrigeración se representa en un diagrama Presión - Entalpía.

- A:** Subenfriamiento en línea de líquido
- B:** Sobrecalentamiento a la salida del evaporador



Componentes de un sistema de refrigeración

Compresor: recíprocantes, tornillo, centrifugos, paletas.

Condensador: Intercambiador enfriado por agua, enfriados por agua y evaporativos.

Válvula de expansión: válvulas de flotador (alta y baja presión), válvulas termostáticas de expansión.

Evaporador: expansión directa, intercambiador de casco y tubos, recirculación.

Refrigerante: diversos tipos en función de la temperatura deseada en el evaporador.



Cargas de refrigeración

Carga total de refrigeración:

Es la cantidad de calorías que deben extraerse a fin de mantener la temperatura deseada en la cámara, nevera o recipiente a enfriar.

La carga procede del total de calor que entra en el espacio a refrigerar por:

- Ganancias de calor a través de las paredes.
- Ganancias de calor por servicio (uso de puertas, alumbrado, calor del personal, u otras fuentes de calor).
- Ganancias de calor por la carga diversa que entra a diario.
Considerar: la temperatura promedio anual, el cambio entre estaciones y la exposición del equipo al ambiente.

Cargas de refrigeración

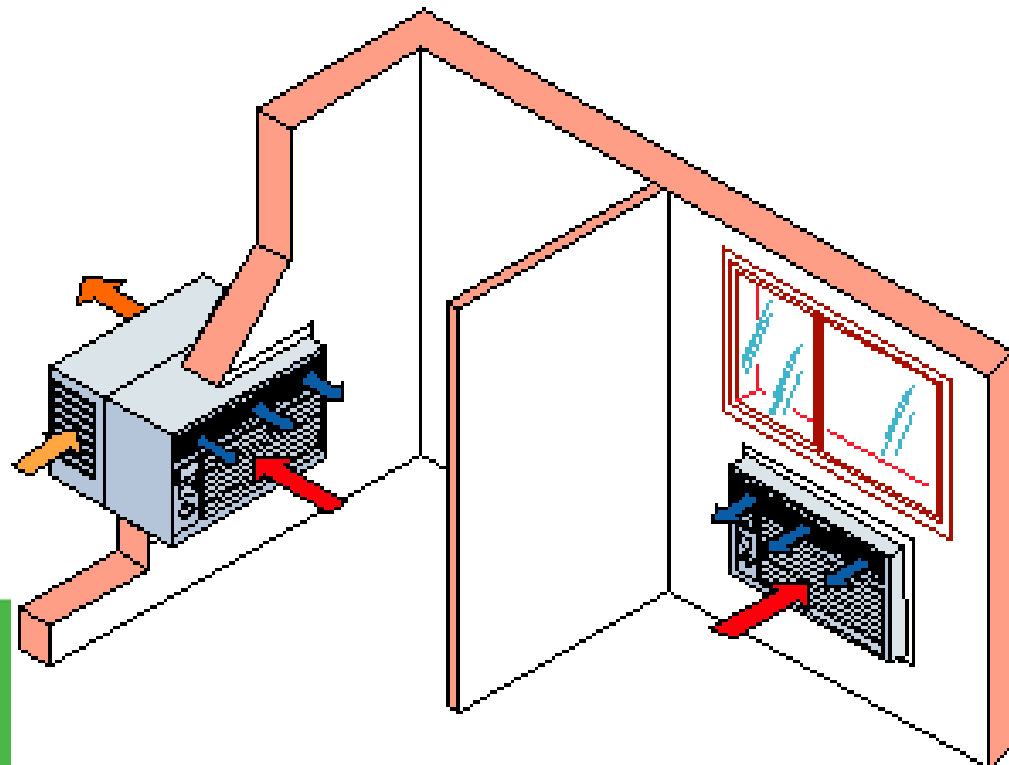
- Un sistema de refrigeración se diseña para cierta carga de refrigeración.
- Cualquier cambio en las cargas trae consigo un aumento o reducción del consumo de energía en la compresión del refrigerante.



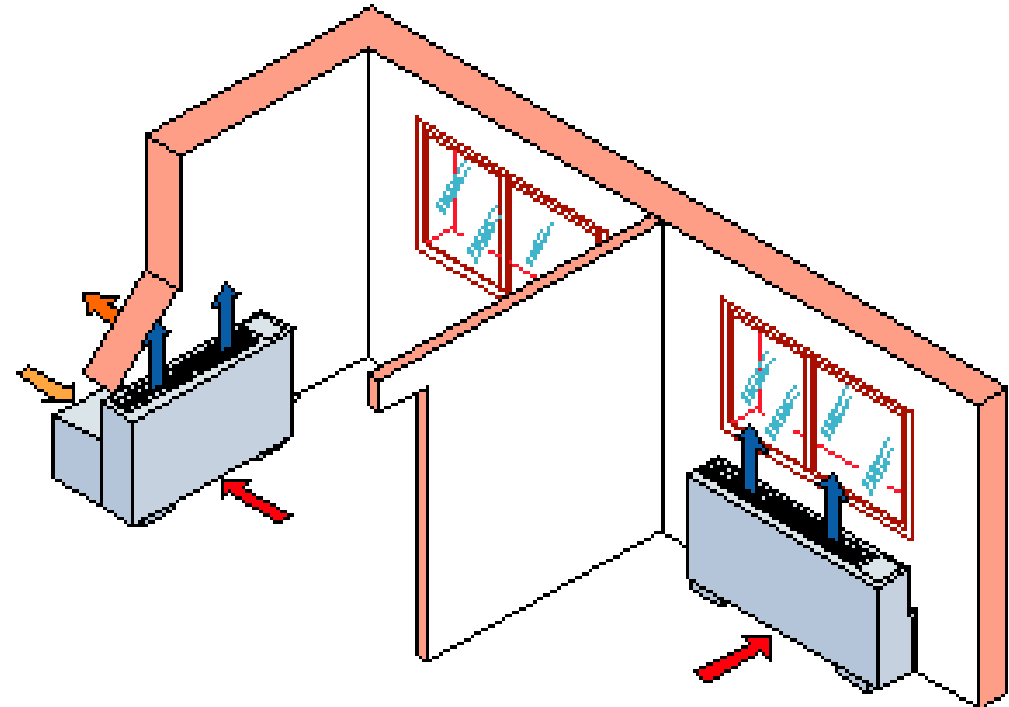
Equipos de aire acondicionado

En algunas plantas es posible encontrar hasta 80 equipos de aire acondicionado con una potencia total instalada de 250 kW.

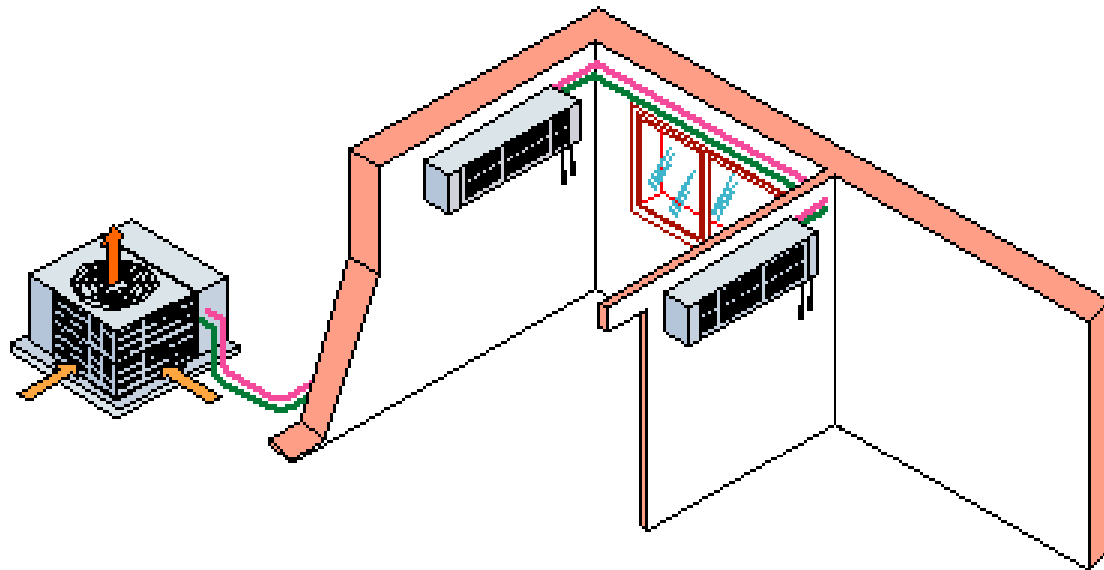
1. Aire acondicionado de ventana



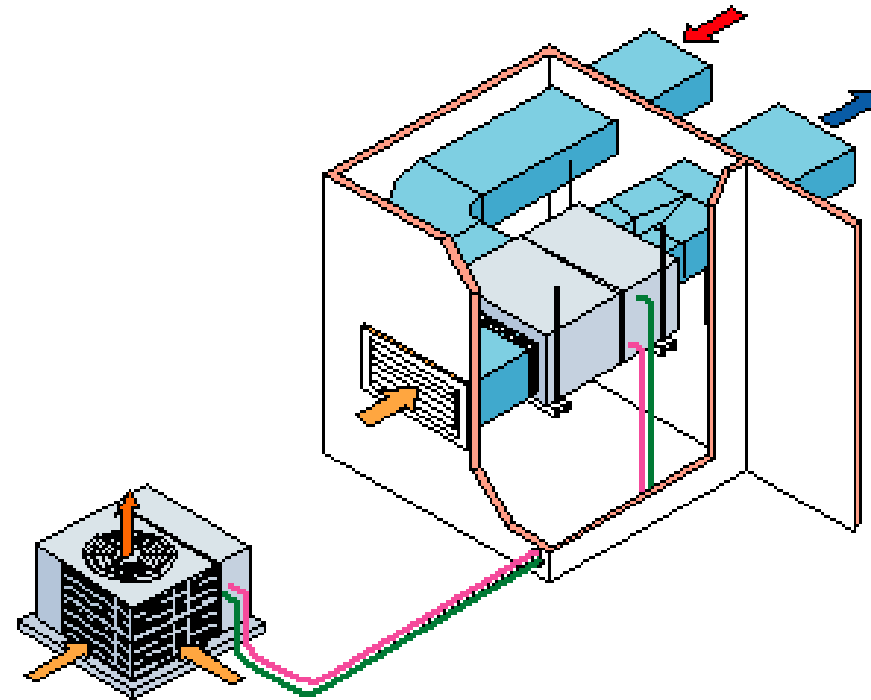
2. Sistema tipo consola



3. Equipos divididos tipo mini-split



4. Equipo dividido individual



Equipos de aire acondicionado

CONSUMO DE ENERGÍA EN EQUIPOS DE A/C

| Tipo de aparato | Refrigeración | | Calefacción | |
|-------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | Potencia frigorífica (W) | Potencia eléctrica (W) | Potencia calorífica (W) | Potencia eléctrica (W) |
| Acondicionador portátil | 1600 - 3800 | 700 - 1700 | 2500 - 3500 | 1000 - 1300 |
| Acondicionador ventana | 2000 - 7000 | 900 - 3000 | - | - |
| Consola | 2000 - 7000 | 900 - 3000 | - | - |
| Partidos | 2300 - 7500 | 1000 - 3000 | 2500 - 8000 | 1000 - 2900 |
| Compacto individual | 7000 - 17000 | 3000 - 7000 | 7500 - 18000 | 3000 - 6500 |
| Partido individual | 7000 - 17000 | 3000 - 7000 | 7500 - 18000 | 3000 - 6500 |



Evaluación de la eficiencia energética

Los indicadores más comunes para comparar sistemas de refrigeración son:

Ratio de Eficiencia Energética (IEE):

$$\text{IEE} = \text{Efecto de refrigeración (kcal/h)} / \text{Potencia ingresada (kW)}$$

Coeficiente de Performance (COP):

$$\text{COP} = \text{Efecto de refrigeración (kW)} / \text{Potencia ingresada (kW)}$$

Consumo específico de energía (CEE):

$$\text{CEE} = \text{Potencia consumida (kW)} / \text{Efecto de refrigeración (TR)}$$

Un sistema de refrigeración eficiente debe garantizar la mayor potencia frigorífica usando la menor potencia energética posible.

Consideraciones del refrigerante

La selección de un refrigerante para el servicio deseado debe realizarse en base a:

- Refrigerantes actualmente en uso y su eventual reemplazo.
- Propiedades **ambientales** y de seguridad.
- Propiedades termodinámicas.
- Propiedades físicas.
- Origen de las sustancias (natural o sintético).




Consideraciones del refrigerante

Aspectos ambientales:

En Perú la R.D. N° 00506-2020-PRODUCE/DGAAMI (21/12/2020) establece un calendario de eliminación del consumo de HCFC (incluye R-22)

| Calendario | Medida de Control |
|----------------------|---------------------------------|
| Promedio 2009 – 2010 | Nivel Base |
| Para el año 2013 | Congelamiento |
| Para el año 2015 | Reducción 10% |
| Para el año 2020 | Reducción 35% |
| Para el año 2025 | Reducción 67.5% |
| Para el año 2030 | Eliminación total ¹² |



Solo está orientado a proteger la capa de Ozono, mas no el calentamiento global. Se está trabajando una norma que abarque ambos aspectos.

Consideraciones del refrigerante

¡Ayudanos a cuidar la capa de ozono!

Herramienta Rápida para detectar SAOs

SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO

| NOMBRE/GRUPO | NOMBRE QUÍMICO | FÓRMULA | ASHRAE # SÓLO PARA REFRIGERANTES | ASHRAE # GRUPO DE SEGURIDAD | CAS # | UN # | HS CÓDIGO |
|--|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|-------------|------|-----------|
| Anexo A, Grupo I (CFC) | | | | | | | |
| CFC-11 | Triclorofluorometano | CFC ₃ | R-11 | A1 | 75-69-4 | 1017 | -2903.77 |
| CFC-12 | Diclorodifluorometano | CF ₂ Cl ₂ | R-12 | A1 | 75-71-8 | 1028 | -2903.77 |
| CFC-113 | Triclorotrifluoroetano | C ₂ F ₃ Cl ₃ | R-113 | A1 | 76-13-1 | | -2903.77 |
| CFC-114 | Diclorotetrafluoroetano | C ₂ F ₂ Cl ₂ | R-114 | A1 | 76-14-2 | 1958 | -2903.77 |
| CFC-115 | Cloropentafluoroetano | CCF ₃ CF ₃ | R-115 | A1 | 76-15-3 | 1020 | -2903.77 |
| Anexo A, Grupo II (Halones) | | | | | | | |
| Halón - 1211 | Bromoclorodifluorometano | CF ₂ BrCl | R-12B1 | | 353-59-3 | 1974 | -2903.76 |
| Halón - 1301 | Bromotrifluorometano | CF ₃ Br | R-13B1 | | 75-63-6 | 1009 | -2903.76 |
| Halón - 2402 | Dibromotetrafluoroetano | C ₂ F ₂ Br ₂ | R-114B2 | | 124-73-2 | | -2903.76 |
| Anexo B, Grupo I (Otros CFC) | | | | | | | |
| CFC - 13 | Clorotrifluorometano | CF ₃ Cl | R-13 | A1 | 75-72-9 | | -2903.77 |
| CFC - 111 | Pentaclorofluoroetano | C ₂ F ₅ Cl ₅ | R-111 | | 354-96-3 | | -2903.77 |
| CFC - 112 | Tetraclorodifluoroetano | C ₂ F ₂ Cl ₄ | R-112 | | 76-12-0 | | -2903.77 |
| Anexo B, Grupo II | | | | | | | |
| Tetracloruro de carbono | | | | | | | |
| | CCl ₄ | | | B1 | 56-23-5 | 1864 | -2903.14 |
| Anexo B, Grupo III | | | | | | | |
| 1,1,1-tricloroetano o metil cloroforno | | | | | | | |
| | C ₂ H ₃ Cl ₃ | | R-140a | | 71-55-6 | 2831 | -2903.19 |
| Anexo C, Grupo I (HCFC) | | | | | | | |
| HCFC-22 | Clorodifluorometano | CH ₂ ClF | R-22 | | 75-45-6 | 1018 | -2903.71 |
| HCFC-123 | Diclorotrifluoroetano | C ₂ H ₂ Cl ₂ F ₂ | R-123 | | 306-83-2 | | -2903.72 |
| HCFC-124 | Clorotetrafluoroetano | C ₂ HClF ₄ | R-124 | | 2837-89-0 | | -2903.79 |
| HCFC-141 | Diclorofluoroetano | C ₂ H ₂ Cl ₂ F | | | 1717-00-6 | | -2903.73 |
| HCFC-141b | 1,1-dicloro-1-fluoroetano | CH ₃ CF ₂ Cl | R-141b | | 1717-00-6 | | -2903.73 |
| HCFC-142 | Clorodifluoroetano | C ₂ H ₂ F ₂ Cl | | | 75-68-3 | | -2903.74 |
| HCFC-142b | 1-cloro-1,1-difluoroetano | CH ₃ CF ₂ Cl | R-142b | | 75-68-3 | | -2903.74 |
| HCFC-225 | Dicloropentafluoropropano | C ₃ H ₂ Cl ₂ F ₅ | R-225 | | 135151-96-1 | | -2903.75 |
| HCFC-225ca | 3,3-dicloro-1,1,1,2,2-pentafluoropropano | CF ₃ CF ₂ CHCl ₂ | R-225ca | | 422-96-0 | | -2903.75 |
| HCFC-225cb | 1,3-dicloro-1,1,2,2,3-pentafluoropropano | CF ₂ CF ₂ CH ₂ CF | R-225cb | | 507-95-1 | | -2903.75 |
| Anexo C, Grupo II (HFC) | | | | | | | |
| HBFC-22B1 | Bromodifluorometano | CHF ₂ Br | R-22B1 | | | | -2903.79 |
| Anexo C, Grupo III | | | | | | | |
| Bromoclorometano | | | | | | | |
| | CH ₂ BrCl | | | | | | -2903.79 |
| Anexo E, Grupo I | | | | | | | |
| Bromuro de Metilo (o Bromometano) | | | | | | | |
| | CH ₃ Br | | | | 74-83-9 | 1062 | -2903.39 |
| Mezclas que contienen SAO (Refrigerantes) | | | | | | | |
| R-500 | CFC-12 / HFC-152a | | R-500 | ** | | | -3824.71 |
| R-502 | HCFC-22 / CFC-115 | | R-502 | ** | | 1973 | -3824.71 |
| R-401A (MP-39) | HCFC-22 / HFC-152a/HCFC-124 | | R-401A | ** | | | -3824.74 |
| R-406A | R-22 / R600a/R-142b (55/0/441) | | | ** | | | -3824.74 |
| R-408A (FX55) | HCFC-22 / HFC-143a/HFC-125 | | R-408A | ** | | | -3824.74 |
| R-409A (FX56) | HCFC-22 / HCFC-124/HCFC-142b | | R-409A | ** | | | -3824.74 |
| R-415B | R-22 / R-152a (25/75) | | | ** | | | -3824.74 |

1 Grupos de Seguridad ASHRAE (ASHRAE: American Society for Heating Refrigeration & Air-conditioning Engineers):
 A1 Toxicidad leve e inflamable B1 Toxicidad alta e inflamable
 A2 Toxicidad baja y baja flammabilidad B2 Toxicidad alta y baja flammabilidad
 A3 Toxicidad baja y alta flammabilidad B3 Toxicidad alta y alta flammabilidad

2 CAS #: Número Servicio Compendio Químicos (Chemical Abstract Service Number)
 3 UN #: Número para algunos Químicos de Naciones Unidas
 ** CAS # para mezclas: CAS # de sus componentes (Ejemplo: R-500 CAS # es: 75-71-8 / 75-37-6 tomando CAS # para cada uno CFC-12 y HFC-152a)

SUSTANCIAS QUE NO AGOTAN EL OZONO

| NOMBRE/GRUPO | NOMBRE QUÍMICO | FÓRMULA | ASHRAE # SÓLO PARA REFRIGERANTES | ASHRAE # GRUPO DE SEGURIDAD | CAS # | UN # | HS CÓDIGO |
|---|------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------|-----------|------|-----------|
| Hidrofluorocarbonos (HFC) | | | | | | | |
| HFC-134a | 1,1,1,2-Tetrafluoroetano | CF ₃ CH ₂ F | R-134a | A1 | 811-97-2 | 3159 | -2903.39 |
| HFC-152a | 1,1-Difluoroetano | CH ₃ CH ₂ F ₂ | R-152a | A2 | 75-37-6 | | -2903.39 |
| HFC-125 | Pentafluoroetano | CF ₃ CH ₂ F ₂ | R-125 | A1 | 354-33-6 | | -2903.39 |
| HFC-143a | 1,1,1-Trifluoroetano | CF ₃ CH ₂ F | R-143a | A2 | 420-46-2 | | -2903.39 |
| HFC-32 | Difluorometano | CH ₂ F ₂ | R-32 | A2 | 75-10-5 | | -2903.39 |
| HFC-23 | Trifluorometano | CHF ₃ | R-23 | A1 | 75-46-7 | | -2903.39 |
| HFC-245fa | 1,1,1,3,3-Pentafluoropropano | CF ₃ CH ₂ CF ₃ | R-245fa | A1 | 460-73-1 | | -2903.39 |
| Hidrofluorocarbonos en mezclas (HFC) | | | | | | | |
| R-404A | R143a/125/134a | | R-404A | A1/A1 | ** | | -3824.78 |
| R-507A | R143a/125 | | R-507A | A1 | ** | | -3824.78 |
| R-407A | R32/125/134a | | R-407A | A1/A1 | ** | | -3824.78 |
| R-407B | R32/125/134a | | R-407B | A1/A1 | ** | | -3824.78 |
| R-407C | R32/125/134a | | R-407C | A1/A1 | ** | | -3824.78 |
| R-410A | R32/125 | | R-410A | A1/A1 | ** | | -3824.78 |
| R-508A | R23/116 | | R-508A | A1/A1 | ** | | -3824.78 |
| R-508B | R23/116 | | R-508B | A1/A1 | ** | | -3824.78 |
| Refrigerantes sin Halógenos | | | | | | | |
| R-717 | Amoniaco | NH ₃ | R-717 | B2 | 7664-41-7 | 1005 | -2814.10 |
| R-744 | Dióxido de Carbono | CO ₂ | | | 124-38-9 | | -2811.210 |
| R-600 | Butano | CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃ | R-600 | | 106-97-8 | | -2901.10 |
| R-600a | Iso-butano | C ₄ H ₁₀ | R-600a | A3 | 75-28-5 | 1969 | -2901.10 |
| R-290 | Propano | C ₃ H ₈ | R-290 | A3 | 74-98-6 | 1978 | -2711.120 |

Simbolos de Peligro

| | |
|--|--------------------------------------|
| | Sustancias Tóxicas |
| | Sustancias Flamables |
| | Sustancias Explosivas |
| | Sustancias Oxidantes |
| | Sustancias Corrosivas |
| | Sustancias Irritantes |
| | Sustancias ambientalmente peligrosas |

Lista de principales países productores de SAO

| Grupo | Países Productores |
|---|--|
| Clorofluorocarbonos (CFC) | Argentina, China, India, República de Corea, Federación Rusa, España y Estados Unidos de América. |
| Halones | China y República de Corea. |
| Tetracloruro de Carbono (CCl ₄) | China, India, Japón, Corea, Rumania, Reino Unido y USA. |
| Metilcloroforno (CH ₃ Cl) | China, Japón y USA. |
| Hidrofluorocarbonos (HFC) | Argentina, Canadá, China, Francia, Alemania, India, Japón, México, Holanda, Corea, Rusia, Reino Unido, USA, Venezuela. |
| Bromuro de Metilo (Bm) | China, Israel, Japón y USA. |

Clasificación de productos que contienen SAO de acuerdo con HS

| Producto | HS código |
|--|------------------------------------|
| A/C Sistemas de aire acondicionado | 8415.10, 8415.20, 8415.81, 8415.83 |
| Componentes para aire acondicionado | 8415.9 |
| Refrigeradores & Congeladores (freezers) | 84.18, 84.19, 85.09 |
| Compresores | 8414.3 |
| Vehículos | Capítulo 87 |
| Extintores de Fuego | 8424.10 |
| Asiaciones de tableros y cañerías | 3917, 3920, 3921, 3925, 3926 |
| Pre - Polimeros | 3901-3911 |

Calle Germán Schreiber 198 - San Isidro

Vigente a Julio 2021

Consideraciones del refrigerante

Aspectos ambientales:

Hay refrigerantes con bajo potencial de agotamiento de ozono (PAO), pero alto potencial de calentamiento global (PCG). Ver extracto de tabla:

| Refrigerante | PAO (ODP) | PCG (GWP) 100 años | Clasificación de seguridad | Inflamabilidad % de volumen en el aire | Temperatura de autoignición |
|--------------|-----------|-----------------------|-------------------------------|---|--------------------------------|
| R134a | 0 | 1430 | A1 | N/A | 743 °C |
| R600 | 0 | 3 | A3 | LFL 1.4 % UFL 9.5 % | 365 °C |
| R 600a | 0 | 3 | A3 | LFL 1.85 % UFL 8.5 % | 460 °C |
| R 22 | 0.055 | 1700 | A1 | N/A | 632 °C |
| R407C | 0 | 1774 | A1 | N/A | - |
| R410A | 0 | 2088 | A1 | N/A | - |
| R 290 | 0 | 3 | A3 | LFL 2.1 % UFL 9.5 % | 470 °C |
| R 404A | 0 | 3922 | A1 | N/A | - |
| R 170 | 0 | 3 | A3 | LFL 3.0 % UFL 12.5 % | 515 °C |
| R 717 | 0 | 0 | B2 | LFL 16 % UFL 25 % | 651.1 °C |
| R 744 | 0 | 1 | A1 | N/A | - |

Nota:

PCG del CO2 = 1



Consideraciones del refrigerante

Aspectos ambientales:

Según un estudio de la Universidad de América (Colombia) hay nueve refrigerantes favorables ambientalmente:

- Sintéticos : R134a y MO49, con PAO = 0 y PCG de 1430 y 1085.
- Naturales: R600, R600a, R290, R170, R717, R744 y R1270, con PAO=0 y PCG<3.

Cada caso debe evaluarse según necesidades particulares.



Oportunidades de eficiencia energética

1. Reducir la carga de refrigeración.
2. Colocar el termostato en posición media o alta.
3. Minimizar el ingreso de aire caliente.
4. Mantenimiento de la instalación.
5. Regular la capacidad de evaporación.
6. Regular la capacidad de condensación.
7. Medidas para equipos de aire acondicionado.



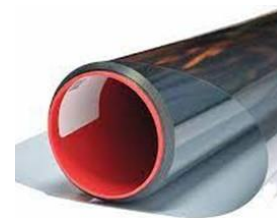
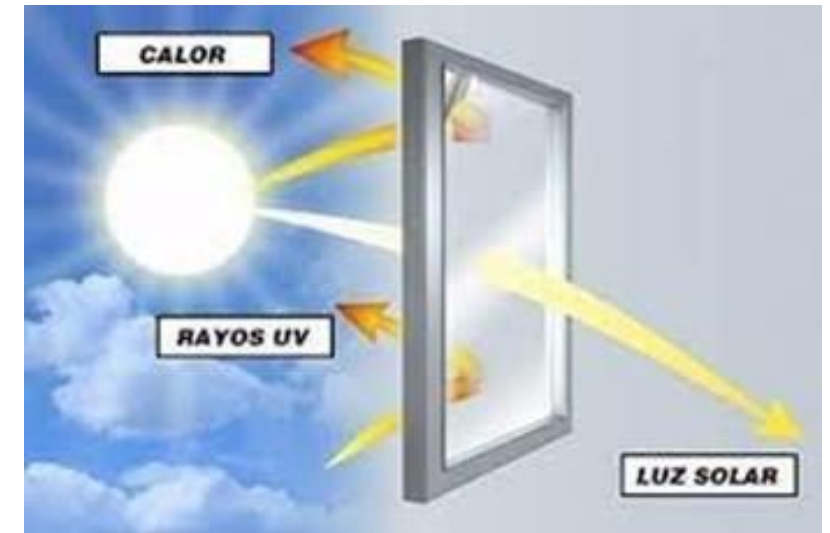
Oportunidades de eficiencia energética

1. Reducir la carga de refrigeración

La idea es reducir o mantener la carga de refrigeración para evitar el calentamiento de la cámara fría por:

Exposición directa al sol:

- ✓ Usar colores claros y reflectantes en paredes.
- ✓ Usar toldos.
- ✓ Usar laminas reflectoras en ventanas (>70% reflectantes)



Oportunidades de eficiencia energética

1. Reducir la carga de refrigeración

La idea es reducir o mantener la carga de refrigeración.

- Vecindad con ambientes calientes de la planta. P.ej. Cámara junto a cocina.
- Lámparas de iluminación



Oportunidades de eficiencia energética

2. Colocar el termostato en posición media o alta

- A mayor enfriamiento, mayor es el trabajo del compresor y su consumo de energía.
- Un aumento de 5.5 ° C en la temperatura del evaporador, reduce el consumo de energía en un 20-25%.



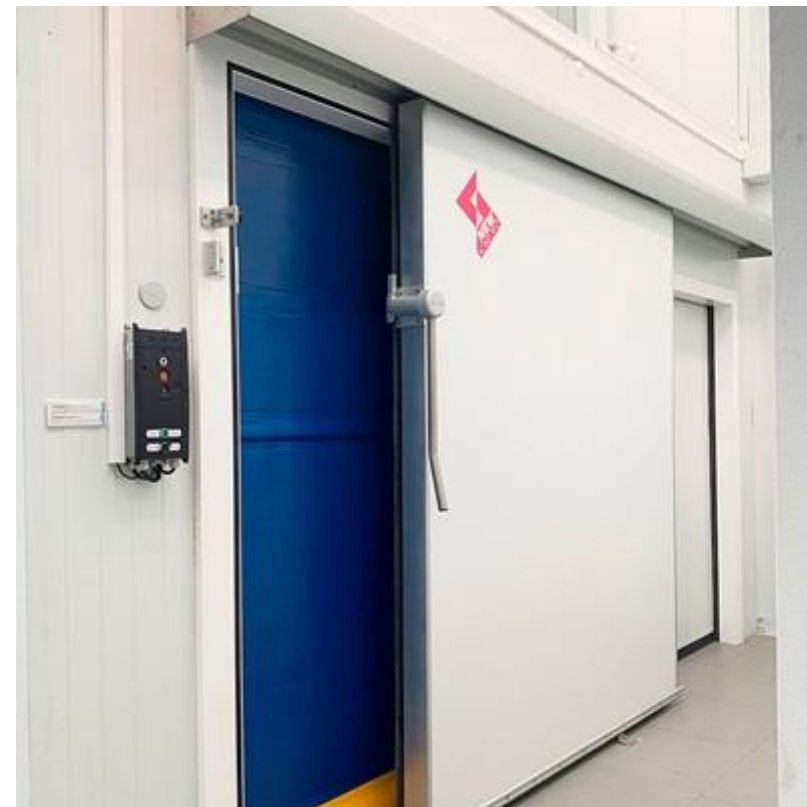
Oportunidades de eficiencia energética

3. Minimizar el ingreso de aire caliente

Cualquier abertura es una fuente de ingreso de aire caliente (y humedad) que tiene que enfriarse con mayor trabajo del compresor.



Cortina flexible
(menos efectivo)



Doble puerta

Oportunidades de eficiencia energética

3. Minimizar el ingreso de aire caliente



Cortina de aire
(más efectivo)

Oportunidades de eficiencia energética

4. Mantenimiento de la instalación

Sin adecuado mantenimiento no es posible lograr ahorros energéticos en la instalación.

El mantenimiento preventivo y correctivo (cuando sea necesario) debe incluir:

- Limpieza de condensadores.
- Limpieza de evaporadores.
- Sustitución de filtros.
- Humedades en la instalación.
- Recomendaciones de colocación del producto.
- Correcciones por cambio de alguna parte de la instalación.



Oportunidades de eficiencia energética

5. Regular la capacidad de evaporación

- Los compresores se seleccionan de acuerdo a la carga máxima de refrigeración esperada.
- Como las cargas varían durante el día y año, los compresores resultan sobredimensionados (65% del tiempo en carga parcial).
- **Regulación convencional del exceso de capacidad:** Control on/off, válvulas de regulación-presión ó bypass de gas caliente.
- **Regulación eficiente:** Aplicación de variadores de velocidad (VFD) en los compresores.

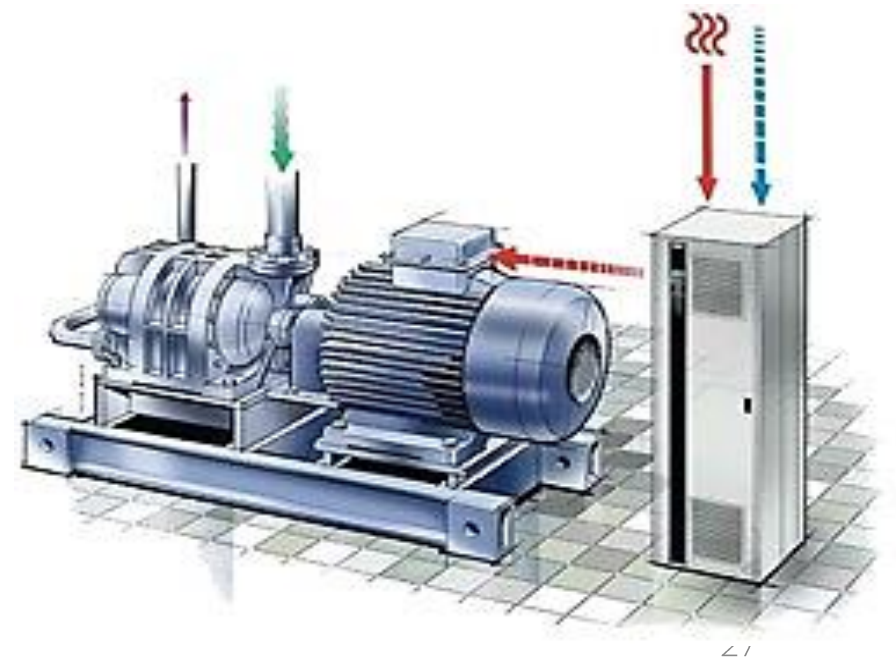
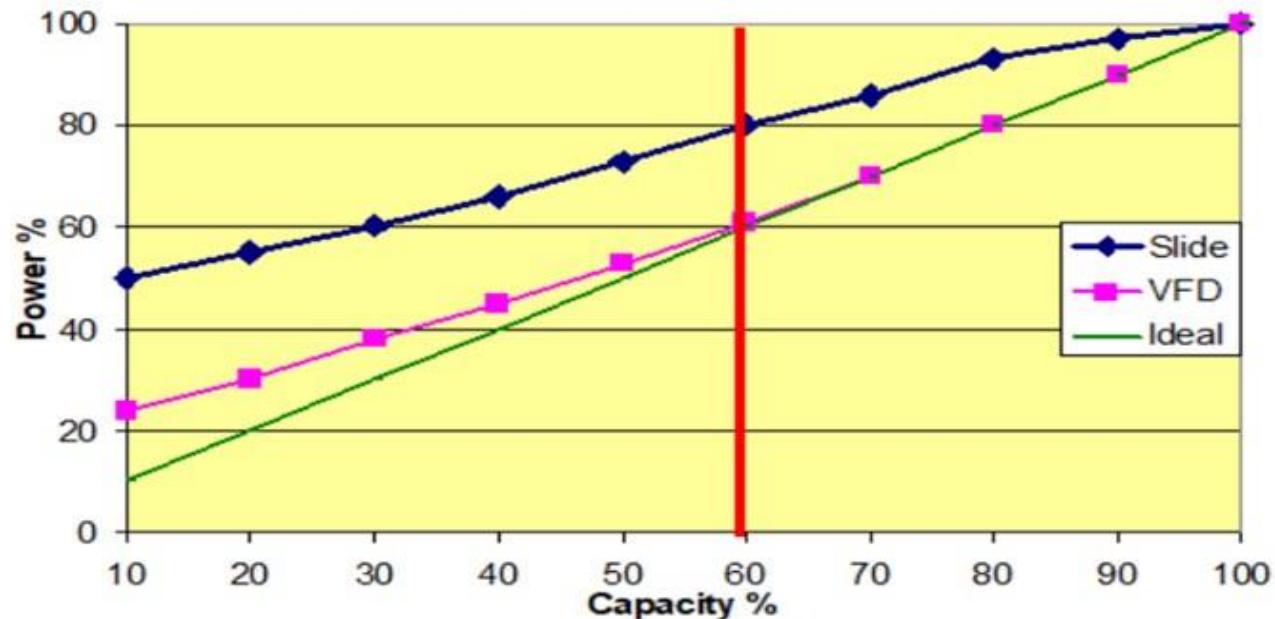


Oportunidades de eficiencia energética

5. Regular la capacidad de evaporación

- El VFD regula la capacidad del compresor en base a la presión del evaporador que corresponda a la temperatura deseada.
- Presión constante en la línea de aspiración del compresor.
- Arranque suave y menor frecuencia de arranques.
- Menor consumo de energía en el compresor.

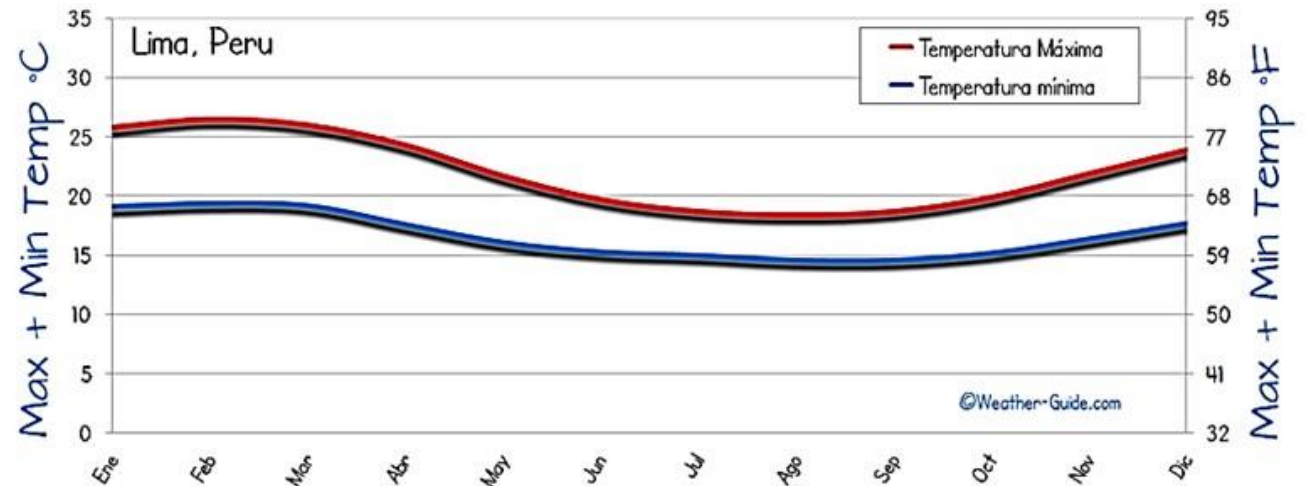
Ahorro de Energía en Compresores Tornillos



Oportunidades de eficiencia energética

6. Regular la capacidad de condensación

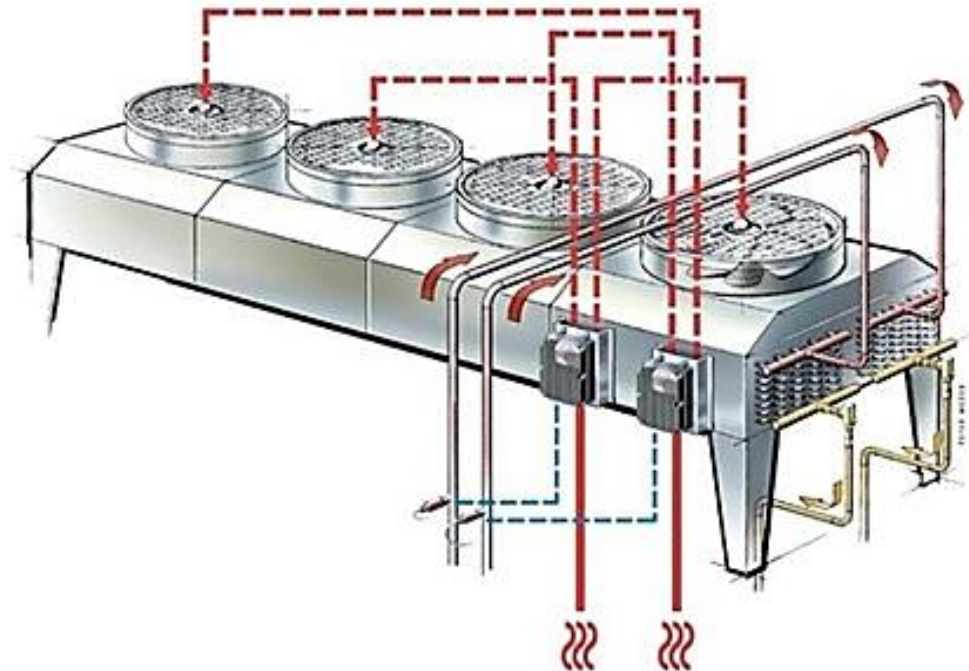
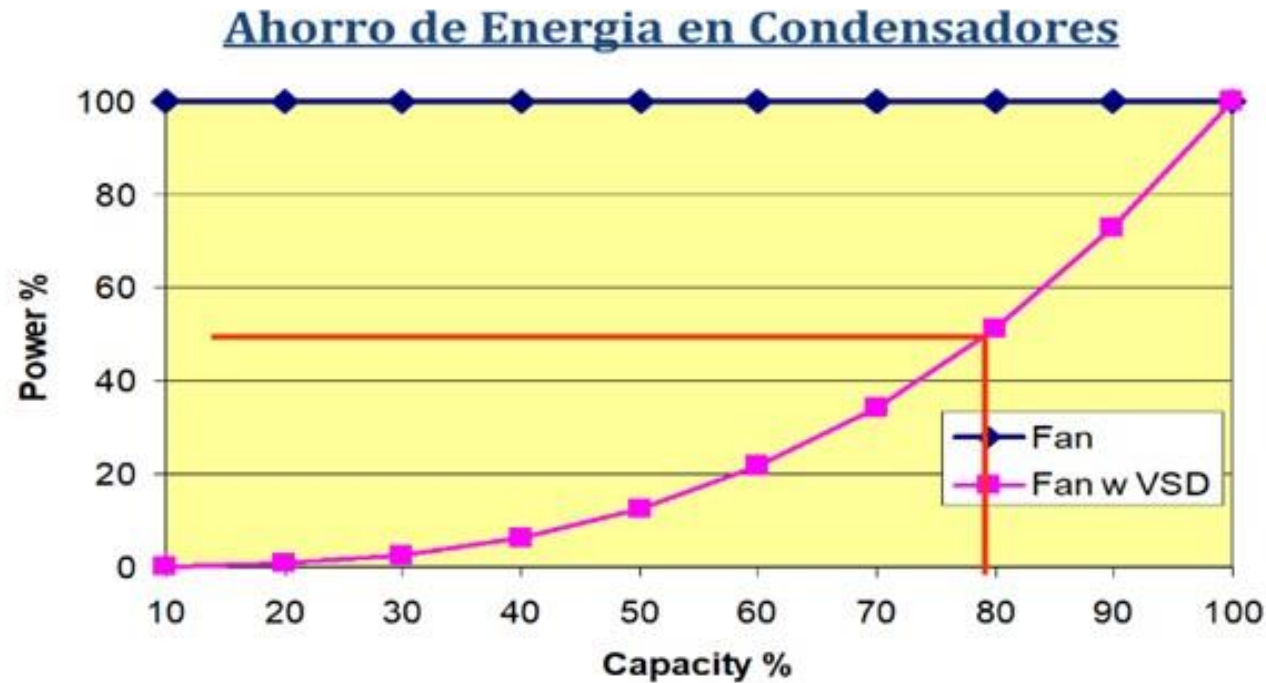
- La mayoría de condensadores no tienen regulación en la capacidad de condensación.
- En el día usan el 100% de su capacidad debido a la temperatura ambiente.
- En la noche más fría (mayor capacidad enfriamiento) los motores siguen trabajando al 100%.
- Medidas para ahorrar energía:
 - ✓ Instalar un control de etapas para que apague algunos motores.
 - ✓ Instalar un VFD en los motores del condensador.



Oportunidades de eficiencia energética

6. Regular la capacidad de condensación

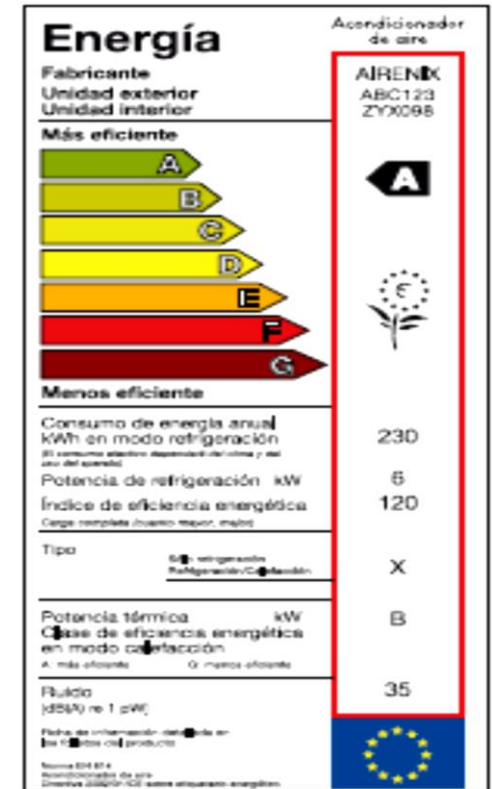
- El VFD regula la capacidad de los ventiladores en base a la presión del condensador.
- Nivel de líquido estable, menor nivel de ruido.
- Arranque suave de ventiladores y menor mantenimiento.
- Menor consumo de energía en ventiladores.



Oportunidades de eficiencia energética

7. Medidas para equipos de aire acondicionado

- Fijar el termostato en 25 °C, suficiente para la mayoría de personas.
- Instalar toldos, cerrar persianas o colocar láminas reflectantes en ventanas para reducir el calentamiento del ambiente ocupado.
- Un ventilador puede ser suficiente para mantener un adecuado confort.
- Los condensadores en techo deben estar cubiertos (sombra).
- Comprar equipos de A/C eficientes (ver etiquetado).

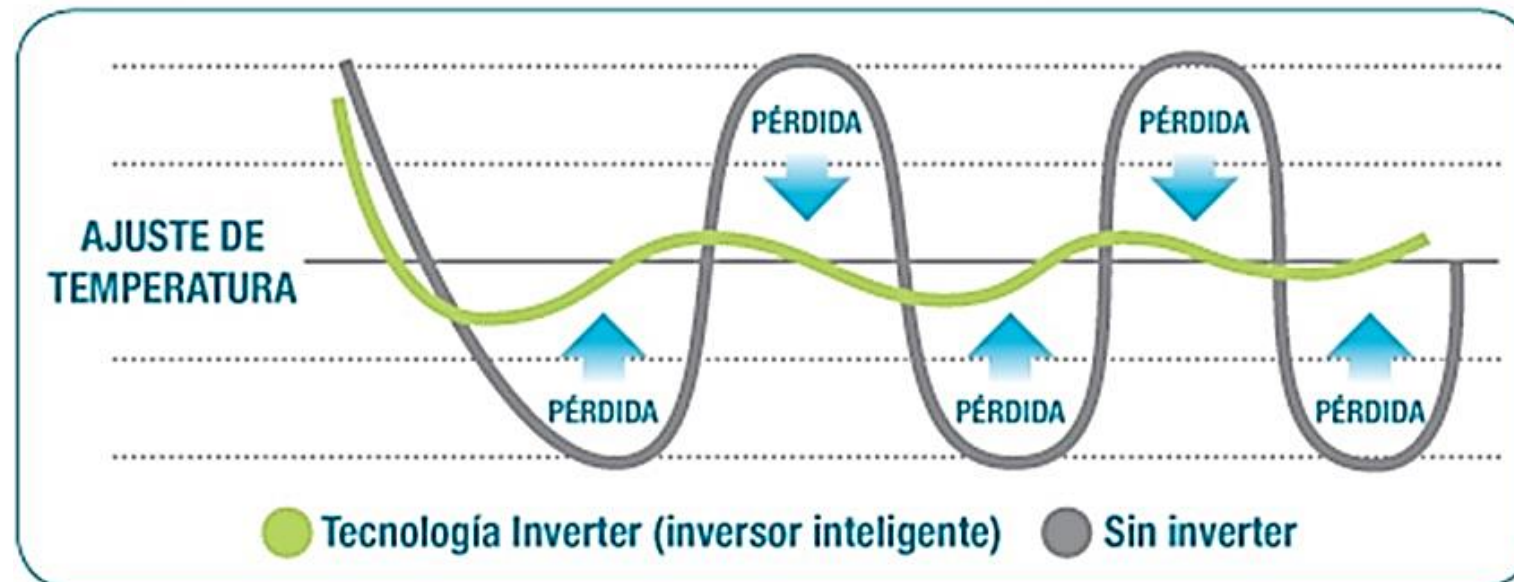


Oportunidades de eficiencia energética

7. Medidas para equipos de aire acondicionado

- Limpiar el serpentín del condensador.
- Apagar los equipos compactos cuando no se usen.
- En la renovación pensar en equipos con tecnología Inverter (incluye VFD), con ahorros de hasta 40% de energía.

¿Cómo funciona la Tecnología Inverter?



CASO PRACTICO DE EFICIENCIA EN REFRIGERACIÓN

Caso práctico

SITUACIÓN ACTUAL:

- 04 cámaras de refrigeración a una temperatura entre 1 a 4°C.
- Bajo frío mediante enfriadores con R-507 (PAO= 0, PCG = 3985).
- Pared externa expuesta al sol directo.
- Iluminación interna con fluorescentes siempre prendidos.
- Poca circulación en algunas cámaras.
- Condensadores muy deteriorados (25% aletas inexistentes), expuestos al sol en parte.
- Compresores (20 años) con motores rebobinados (2 veces al año) y fugas por sellos.
- Sala de compresores y condensadores caliente (8-10°C más que afuera).



Caso práctico

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN:

- **Condensador:** Deterioro por corrosión debido a par galvánico (aletas aluminio-tubos cobre), agravado por ambiente marino. Insuficiente enfriamiento, agravado por el sol y sala caliente.
- **Motor-compresor:** Sobrecarga por alta presión del R-507 en condensador. Fuga por sellos, alto amperaje (quemado bobinas) y elevado consumo eléctrico.
- **Cámara:** cargas que contribuyen con calor (lámparas, sol en pared)

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN:

- Reemplazo de compresores por mayor capacidad?
- Reemplazo de compresores, con controles VFD, reubicados?
- Nuevos condensadores, cubiertos del sol?
- Cubierta de pared de cámara expuesta al sol?
- Cambio de fluorescentes por LED en cámara, sensor de movimiento?

Muchas gracias.

**Unidad de Gestión del
Proyecto**



Zonas Industriales Sostenibles