





# Módulo 1: Eficiencia energética en instalaciones de climatización

José Roger Dols  
[roger@uji.es](mailto:roger@uji.es)

# Módulo 1: Eficiencia energética en instalaciones de climatización

1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.
2. Tipos de compresores.
3. Opciones de ahorro energético.
4. Ejemplos.

# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

- UN SISTEMA FRIGORÍFICO PUEDE DEFINIRSE COMO LA TECNOLOGÍA QUE PERMITE TRANSFERIR CALOR DESDE UNA TEMPERATURA BAJA A UNA TEMPERATURA ALTA.
- ES REFRIGERACIÓN, CUANDO EL MEDIO QUE ENFRIAMOS ESTÁ A LA TEMPERATURA BAJA QUE DESEAMOS Y EXPULSAMOS EL CALOR A UN MEDIO EXTERIOR QUE SE ENCUENTRA A UNA TEMPERATURA ALTA.
- SE CONOCE COMO BOMBA DE CALOR CUANDO EXTRAEMOS CALOR DE UN MEDIO EXTERIOR A UNA TEMPERATURA BAJA E INTRODUCIMOS EL CALOR ÚTIL A UN MEDIO A LA TEMPERATURA ALTA QUE DESEAMOS.

# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

- EN ESTOS PROCESOS SE CONSUME ENERGIA ELÉCTRICA RECORDANDO AQUELLO DEL BOMBEO DE AGUA HACIA UN DEPÓSITO ELEVADO, POR ELLO EL TÉRMINO “BOMBA” DE CALOR, PORQUE SE “BOMBEA” ENERGÍA TÉRMICA.
- EL CONSUMO ENERGÉTICO DE UN SISTEMA FRIGORÍFICO ES APROXIMADAMENTE PROPORCIONAL A LAS TASAS DE ENERGÍA CALORÍFICA DESPLAZADA (CAUDAL DE AGUA BOMBEADO) Y A LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA (ALTURA A LA QUE EL AGUA ES BOMBEADA).

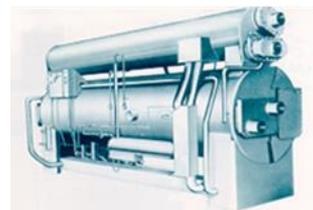
# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

**BÁSICAMENTE ESTÁN DESARROLLADOS DOS TIPOS DE SISTEMAS UTILIZADOS TANTO EN GRANDES POTENCIAS COMO EN INTERMEDIAS COMERCIALES**

A. SISTEMAS FRIGORÍFICOS DE COMPRESIÓN MECÁNICA

B. SISTEMAS FRIGORÍFICOS POR CICLO DE ABSORCIÓN

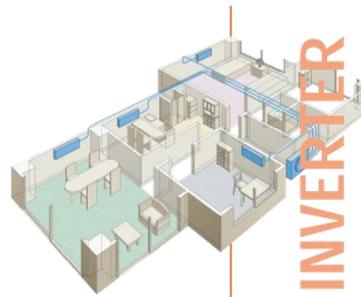
- BROMURO DE LITIO / AGUA
- AGUA / AMONIACO



# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## PRINCIPALES EQUIPOS DE LOS SISTEMAS FRIGORÍFICOS DE COMPRESIÓN MECÁNICA

- A. EQUIPOS AUTÓNOMOS CONDENSADOS POR AIRE O AGUA  
QUE ENFRÍAN O CALIENTAN EL AIRE INTERIOR  
(VRV)  
- PARTIDOS  
- COMPACTOS



- B. PLANTAS CONDESADAS POR AIRE O AGUA  
QUE ENFRÍAN O CALIENTAN AGUA



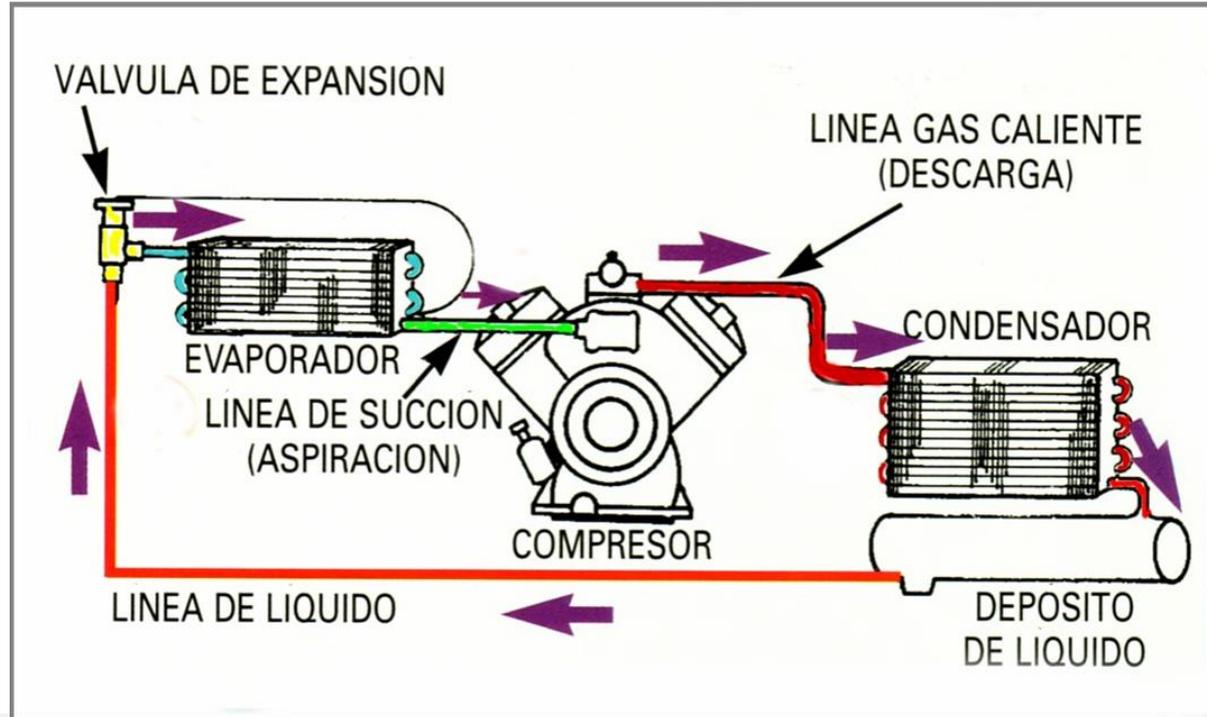
# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## APLICACIONES MÁS FRECUENTES

- REFRIGERACIÓN.
- REFRIGERACIÓN + RECUPERACIÓN SIMULTÁNEA DEL CALOR DE CONDENSACIÓN.
- BOMBA DE CALOR REVERSIBLE.
- BOMBA DE CALOR NO REVERSIBLE.
- OTROS EQUIPOS ESPECIALES.

# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## CIRCUITO FRIGORÍFICO BÁSICO DE COMPRESIÓN MECÁNICA



# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## CONCEPTOS TERMODINÁMICOS DE CICLO FRIGORÍFICO

SE DEFINE LA **ENTALPIA** COMO LA ENERGÍA, DE CUALQUIER TIPO, PUESTA EN JUEGO EN LAS TRANSFORMACIONES DEL REFRIGERANTE EN EL SISTEMA FRIGORÍFICO.

ENERGÍAS PUESTAS EN JUEGO:

CALORÍFICA (SENSIBLE, LATENTE)

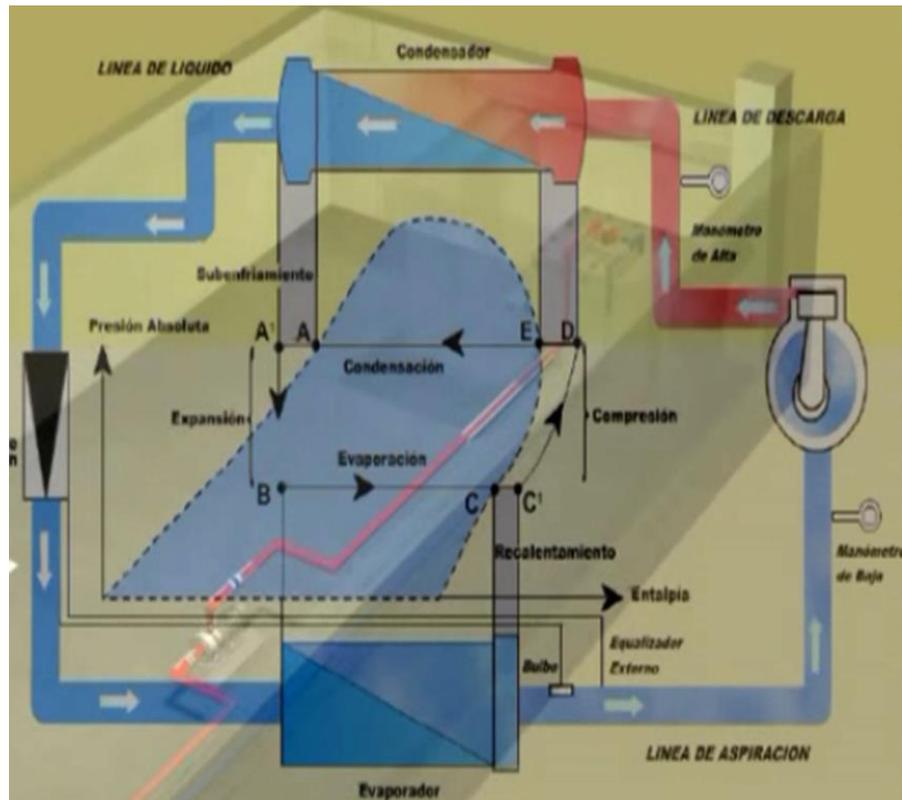
MECÁNICA (PRESIÓN)

ELÉCTRICA

LAS UNIDADES EN QUE SE MIDEN:

kcal <> 4,18 kJ

kW <> 1000 kJ/s <> 860 kcal/h



# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

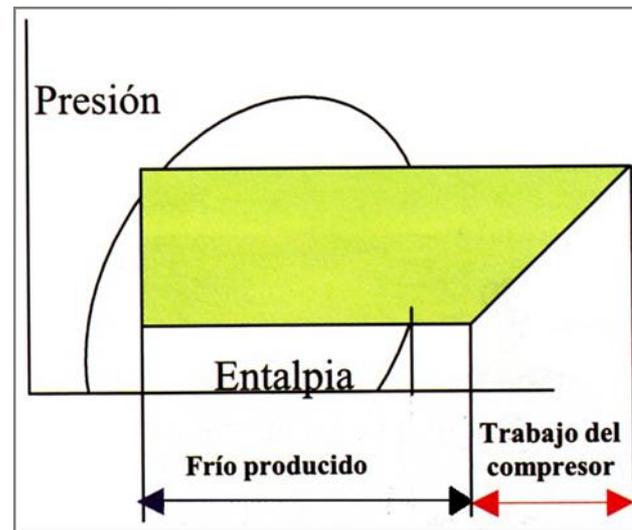
## EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN (ENERGY EFFICIENCY RATIO)

SE DEFINE COMO:  
COCIENTE ENTRE LA ENERGÍA TÉRMICA APROVECHADA DIVIDIDA  
POR LA ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUMIDA

$EER = \text{ENERGÍA FRIGORÍFICA ÚTIL} / \text{ENERGÍA ELÉCTRICA}$   
(EXPRESADO TODO EN KW)

EN APLICACIONES NORMALES EL VALOR DE EER ES  
APROXIMADAMENTE 2,8

**SIGNIFICA:** QUE OBTENEMOS 2,8 VECES MÁS DE ENERGÍA TÉRMICA  
(FRÍO) DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA QUE CONSUMIMOS.



# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ESTACIONAL EUROPEO (ESEER) (European Seasonal Energy Efficiency Ratio)

ESEER = método normalizado\* para comparar eficiencias energéticas de plantas enfriadoras a carga total y parcial

$$\text{ESEER} = \text{CEE } 100\% \times 3\% + \text{CEE } 75\% \times 33\% + \text{CEE } 50\% \times 41\% + \text{CEE } 25\% \times 23\%$$

\*Eurovent Rating standard 6/C/003-2006

ESEER			
Temp °C	Carga %	Tiempo %	CEE
35	100	3%	(Ejemplo)
30	75	33%	3,5
25	50	41%	4,7
20	25	23%	4,9
<b>ESEER kW/kW</b>			<b>4.3</b>

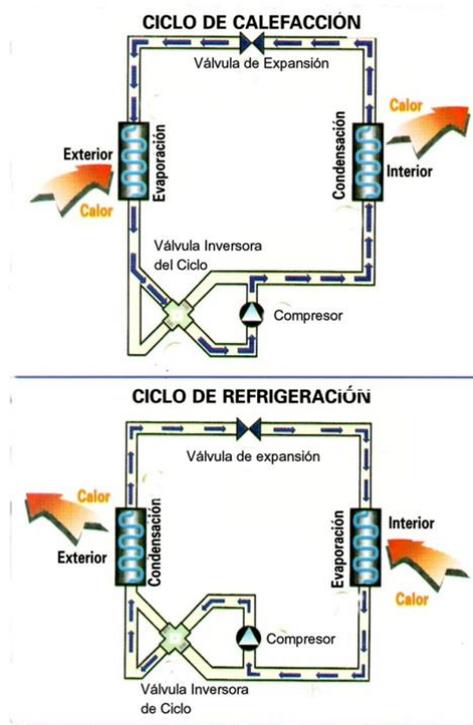
# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## BOMBA DE CALOR AIRE / AIRE-AGUA

### CARACTERÍSTICAS

EL AIRE EXTERIOR ES EL MEDIO AL QUE SE ELIMINA O ABSORBE CALOR.

SON DEL TIPO DENOMINADO REVERSIBLE PORQUE UNA VÁLVULA DE 4 VÍAS DENOMINADA INVERSORA DE CICLO CAMBIA EL SENTIDO DE CIRCULACIÓN DEL REFRIGERANTE E INVIERTE EL EVAPORADOR Y EL CONDENSADOR POR EL CONDENSADOR Y EVAPORADOR RESPECTIVAMENTE.



# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

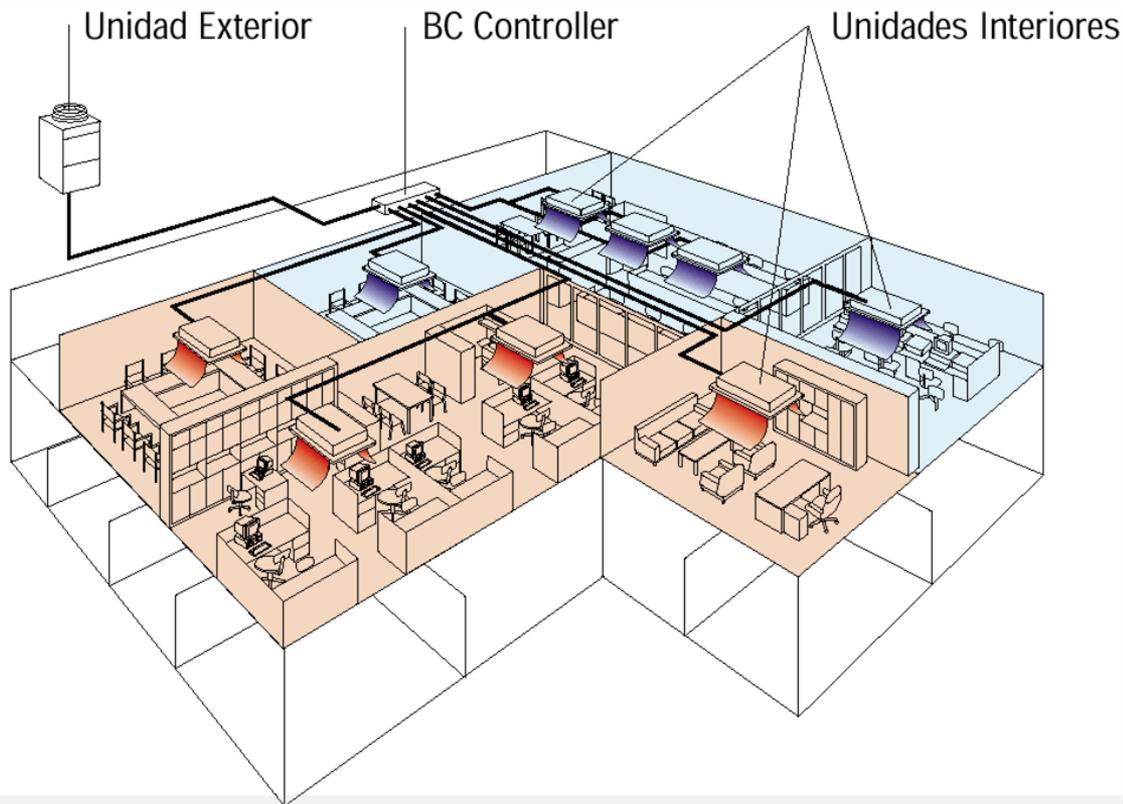
## BOMBA DE CALOR AIRE / AIRE-AGUA

- EL MEDIO AL QUE SE ABSORBE CALOR ES EL AIRE DEL AMBIENTE EXTERIOR QUE NOS RODEA.
- EL AIRE EXTERIOR TIENE ENERGÍA CALORÍFICA HASTA QUE SU TEMPERATURA BAJASE A 0 °K (-273 °C) EN LA CUAL CESA TODO MOVIMIENTO MOLECULAR.
- CUANTO MÁS BAJA SEA LA TEMPERATURA EXTERIOR DEL AIRE MÁS ENERGÍA SE CONSUME PARA SACAR CALOR.
- EN EL CIRCUITO FRIGORÍFICO EL EVAPORADOR ENFRÍA EL AIRE EXTERIOR Y EL CALOR QUE ABSORBE LO CEDE EN EL CONDENSADOR PARA CALENTAR AGUA O AIRE PARA SU UTILIZACIÓN COMO CALEFACCIÓN O A.C.S.
- LA POTENCIA CALORÍFICA ÚTIL APROVECHADO EN EL CONDENSADOR ES  
POTENCIA TÉRMICA EXTRAIDA DEL AIRE + POTENCIA ELÉCTRICA CONSUMIDA.
- RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE LA BOMBA DE CALOR ES:  
POTENCIA CALORÍFICA ÚTIL / POTENCIA ELÉCTRICA CONSUMIDA

# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## EQUIPOS VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE (VRV)

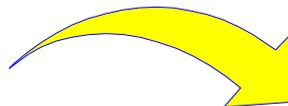
La instalación VRV proporciona refrigeración y calefacción simultáneamente, instalación a tres tubos



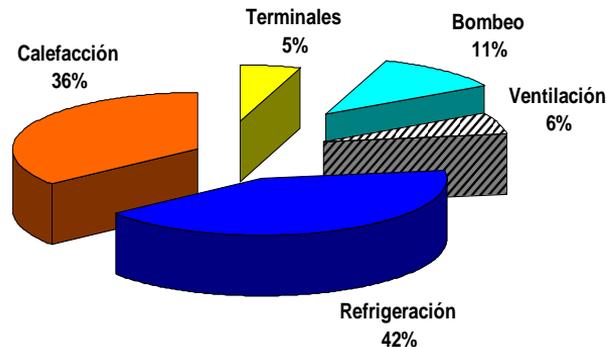
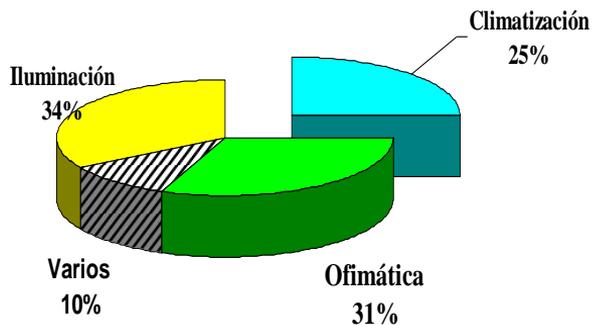
# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE UN EDIFICIO DE OFICINAS

- La iluminación, los consumos varios ( A.C.S. y ascensores) y equipos de climatización son los principales componentes del consumo en edificio de oficinas



### CONSUMO ENERGÉTICO



# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## UNIDADES TERMINALES DE CLIMATIZACIÓN , CONCEPTOS TÉCNICOS BÁSICOS

-Son los equipos encargados de aportar la energía térmica necesaria para conseguir las condiciones de confort en los espacios a acondicionar.

-Básicamente son intercambiadores de calor entre el fluido caloportador, agua y el aire del ambiente a acondicionar.

## CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA CIRCULACIÓN DE LOS FLUIDOS.

-Circuito de fluido caloportador:

- Circulación forzada
- Circulación por convección natural

-Circuito de aire a acondicionar:

- Circulación forzada
- Circulación por convección natural

# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## UNIDADES TERMINALES DE CLIMATIZACIÓN , CONCEPTOS TÉCNICOS BÁSICOS

### -TIPOS UNIDADES TERMINALES DE CLIMATIZACIÓN

- Ventiloconvectores y cortinas de aire.
- Inductores.
- Cajas de expansión.
- Radiadores y convectores.
- Suelos y techos radiantes.



# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE (UTAS) , CONCEPTOS TÉCNICOS BÁSICOS

-Su misión es la de tratar el aire de un sistema de climatización mediante tratamientos de recuperación de energía, filtración, mezcla, calentamiento, humectación, enfriamiento y deshumectación, además de aportar la presión disponible necesaria para hacer llegar el aire ya tratado a todos los elementos de difusión, venciendo pérdidas de presión de la instalación.

-Pueden estar formados, en el sentido de circulación del flujo de aire por las secciones siguientes:

- Recuperador de energía
- Envolvente
- Toma de aire de retorno
- Ventilador de retorno
- Mezcla de aire (retorno + exterior y expulsión)
- Filtración: prefiltros, filtros (planos, en v, rotativos, bolsas, absolutos)
- Calentamiento
- Enfriamiento
- Humectación
- Ventilador de impulsión

# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## DATOS CARACTERÍSTICOS DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE

- Caudal de aire (m<sup>3</sup>/h)
- Presión disponible (m.m.c.d.a.)
- Temperaturas entrada y salida agua caliente (°C)
- Temperaturas entrada y salida agua fría (°C)
- Temperaturas entrada y salida aire caliente (°C)
- Temperaturas entrada y salida aire frío (°C)
- Humedad relativa aire caliente, entrada y salida
- Humedad relativa aire frío, entrada y salida (%H<sub>R</sub>)

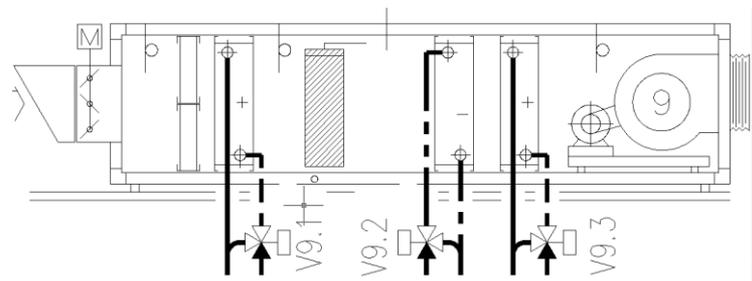
### OPCIONALMENTE PUEDEN LLEVAR:

Sistema free-cooling

Humectación

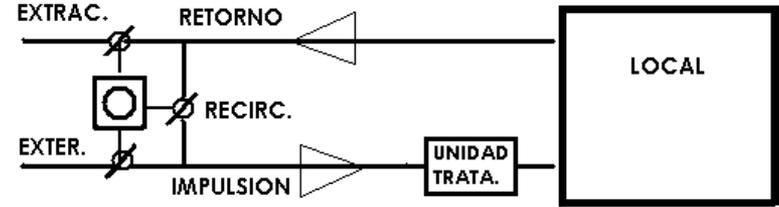
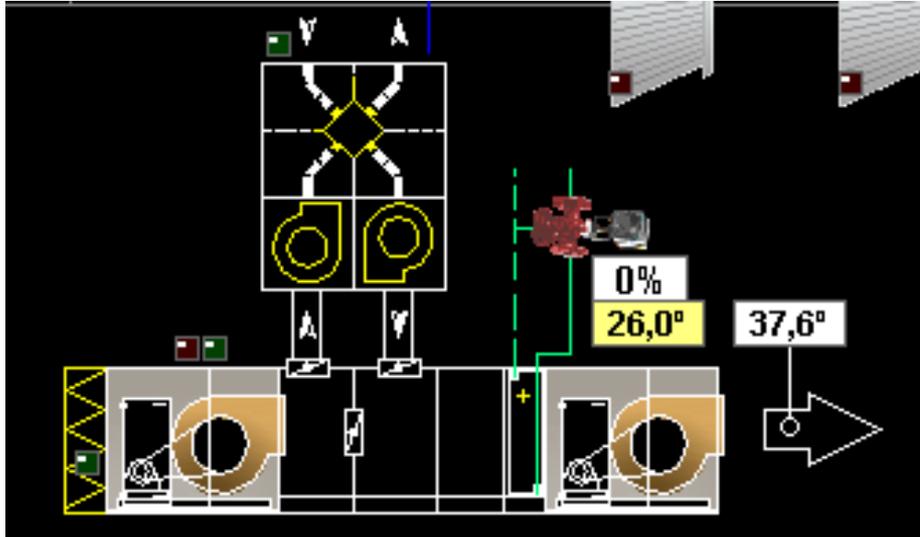
Recuperadores de energía

2 ó 4 tubos



# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE (UTAS) , CONCEPTOS TÉCNICOS BÁSICOS

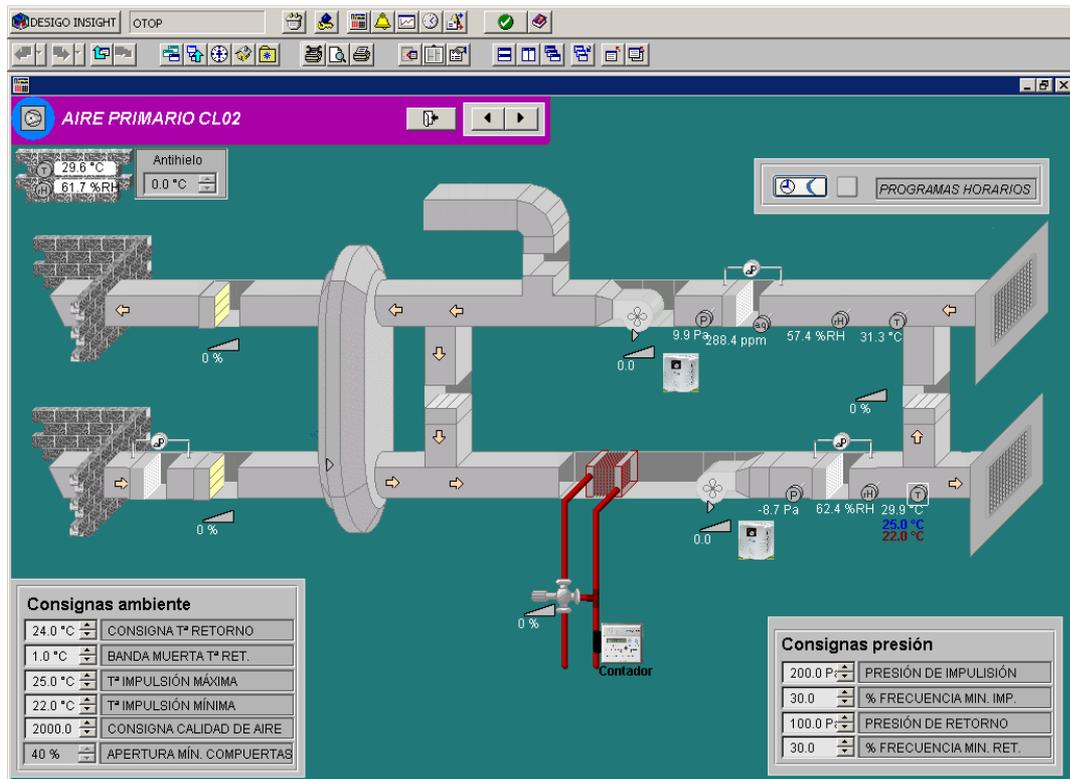


ESQUEMA TIPO DE UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE A DOS TUBOS CON FREE-COOLING Y RECUPERACIÓN

# 1. Conceptos básicos de los sistemas de refrigeración.

## UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE

Pantalla de control de una UTA a dos tubos con recuperador rotativo



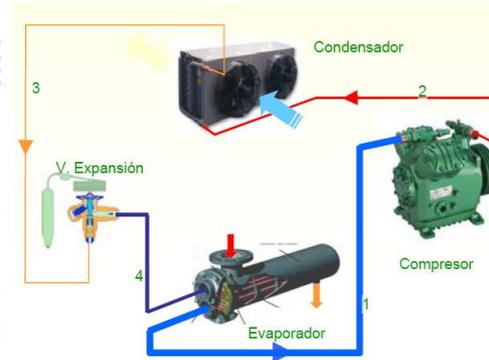
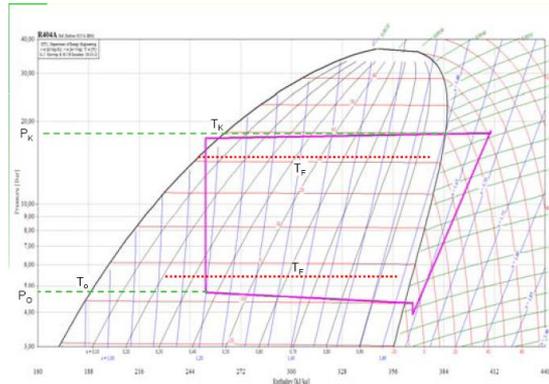
## 2. Tipos de compresores.

### CONCEPTOS TÉCNICOS BÁSICOS

El compresor es el único equipo móvil de los que integran el ciclo de compresión de vapor.

Este elemento se encarga de:

- **Aspirar** el refrigerante que sale del evaporador a baja temperatura y presión. Con esto se permite mover el caudal másico de refrigerante necesario para generar la potencia térmica demandada en el evaporador, además, al evitar la acumulación de refrigerante en el mismo se permite mantener la presión de evaporación (nivel térmico) necesario.
- **Comprimir** el refrigerante hasta el nivel de presión en el que pueda condensar según la temperatura marcada por el agente condensante o foco caliente . Este proceso de elevación de la presión (compresión) supone reducir el volumen específico y aumentar la temperatura del refrigerante respecto a sus condiciones de entrada.



## 2. Tipos de compresores.

Los compresores empleados en instalaciones frigoríficas pueden ser de diferentes tipos, englobándose todos ellos dentro de dos categorías:

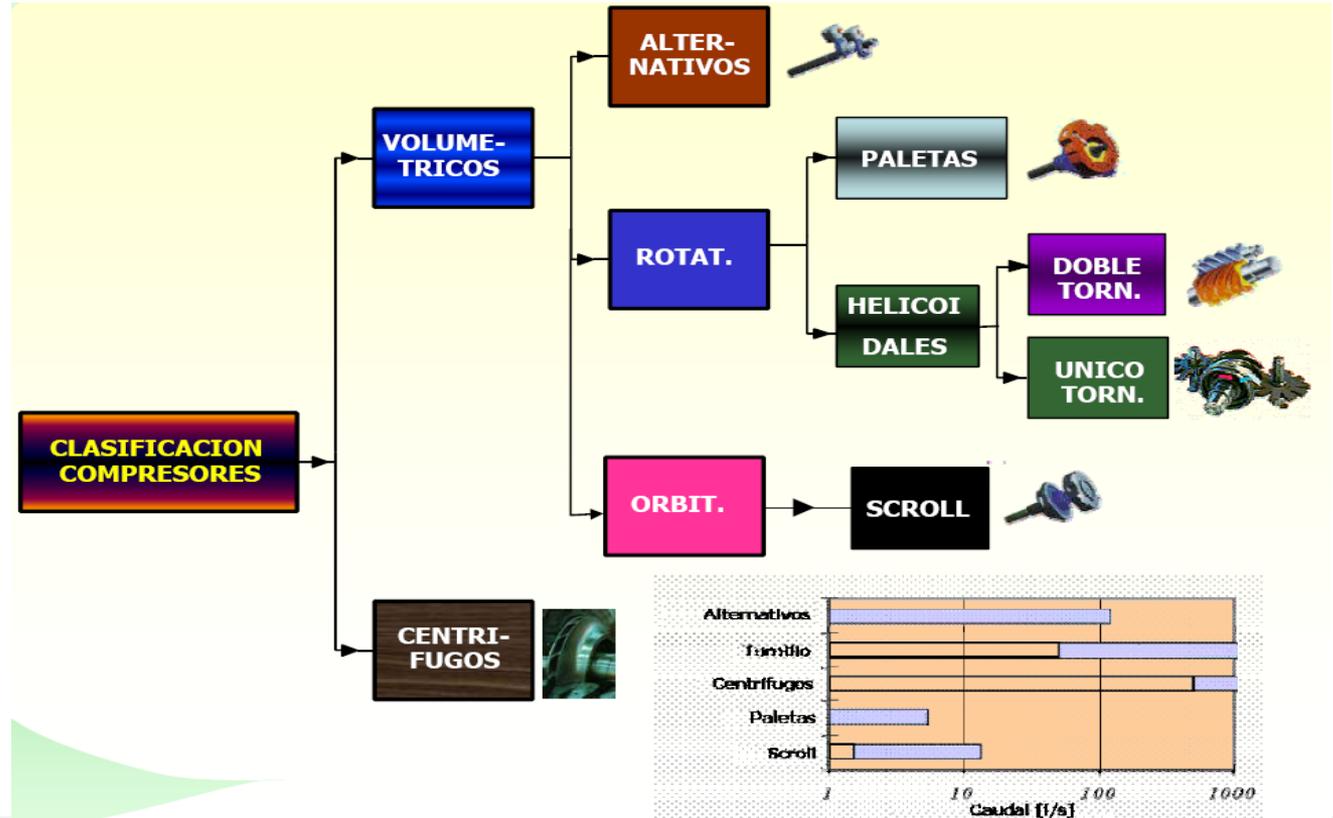
**Volumétricos o de desplazamiento positivo.** Este tipo de compresores aspira refrigerante en estado vapor proveniente del evaporador y lo introduce en un volumen finito dado por la geometría del compresor denominado cámara de compresión. Reduciendo el volumen de la cámara de compresión se aumenta la presión del refrigerante. Una vez comprimido el refrigerante es descargado fuera del compresor.

Este tipo de compresores trabaja con una cantidad discreta de refrigerante generando un caudal pulsante y no un caudal continuo.

**Dinámicos.** En este tipo de compresores el momento angular transmitido al refrigerante en el rodete del compresor se transforma en un incremento de presión. El tipo de caudal generado es continuo.

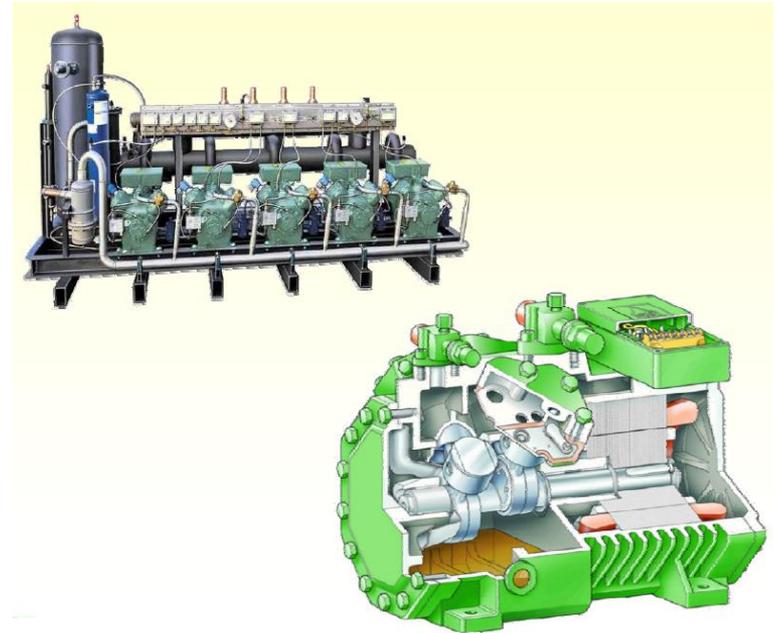
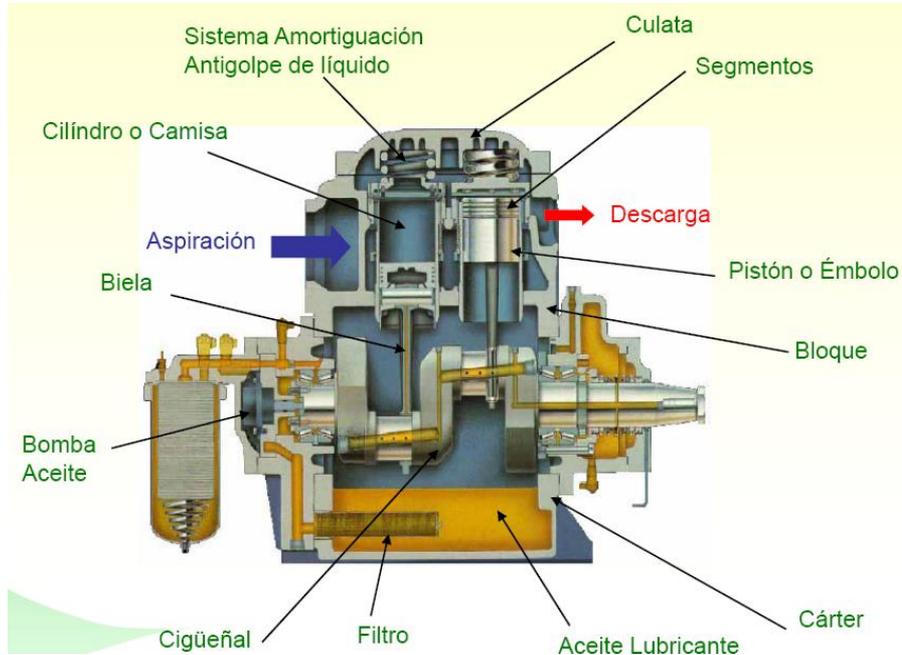
## 2. Tipos de compresores.

### Resumen Clasificación



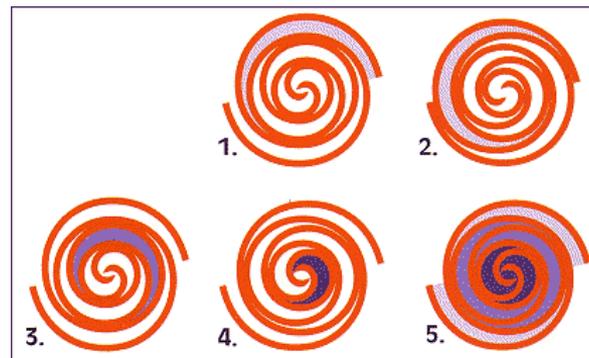
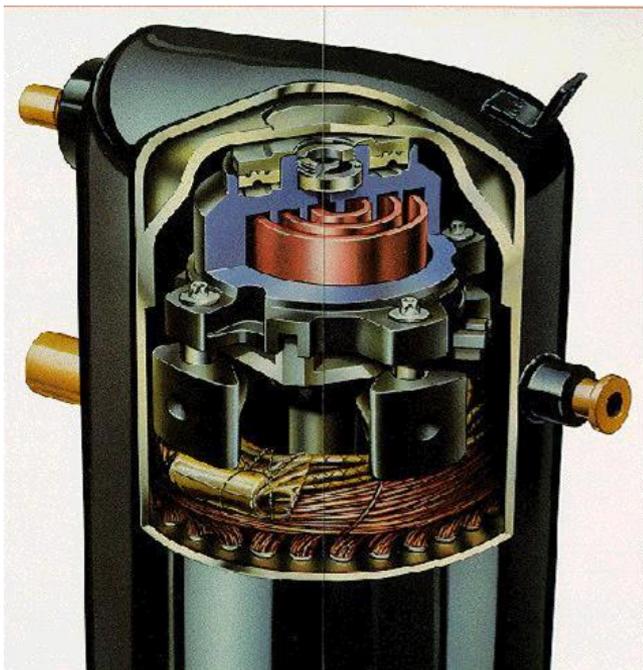
## 2. Tipos de compresores.

### Tipos de compresores volumetricos: Alternativos o pistones



## 2. Tipos de compresores.

### Tipos de compresores volumetricos: Orbitantes - Scroll



## 2. Tipos de compresores.

### Tipos de compresores volumetricos: Rotativos - Tornillo



Simple.



Figure 4- Oil flooded  
Screw Compressor

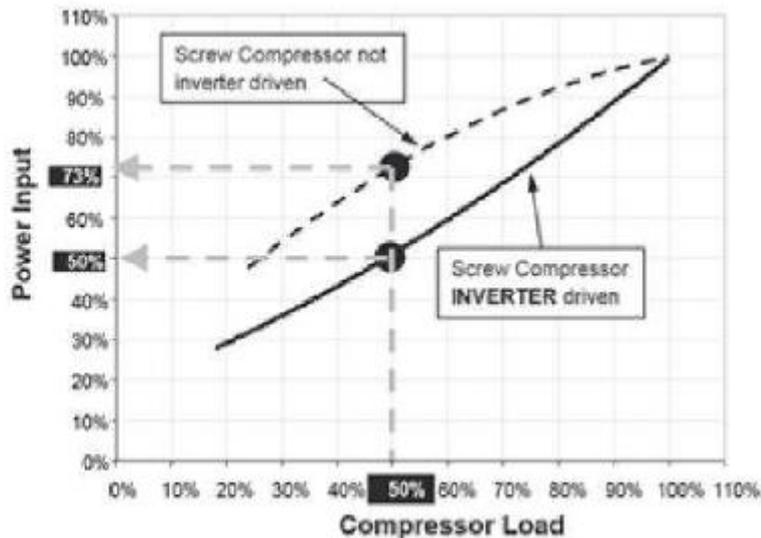
Doble.

## 2. Tipos de compresores.

**Tipos de compresores volumetricos: Rotativos – Tornillo con variador de frecuencia**  
Con inverter integrado y tecnología de relación de volumen variable

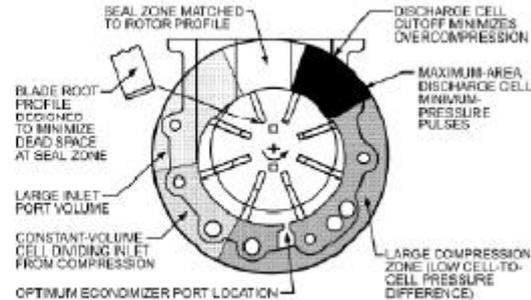


single screw compressor with integrated inverter



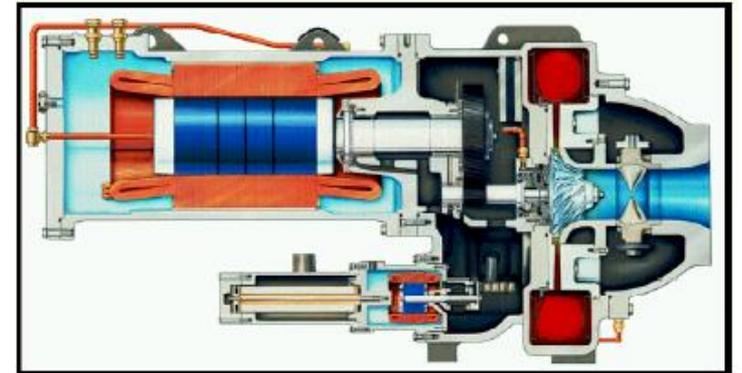
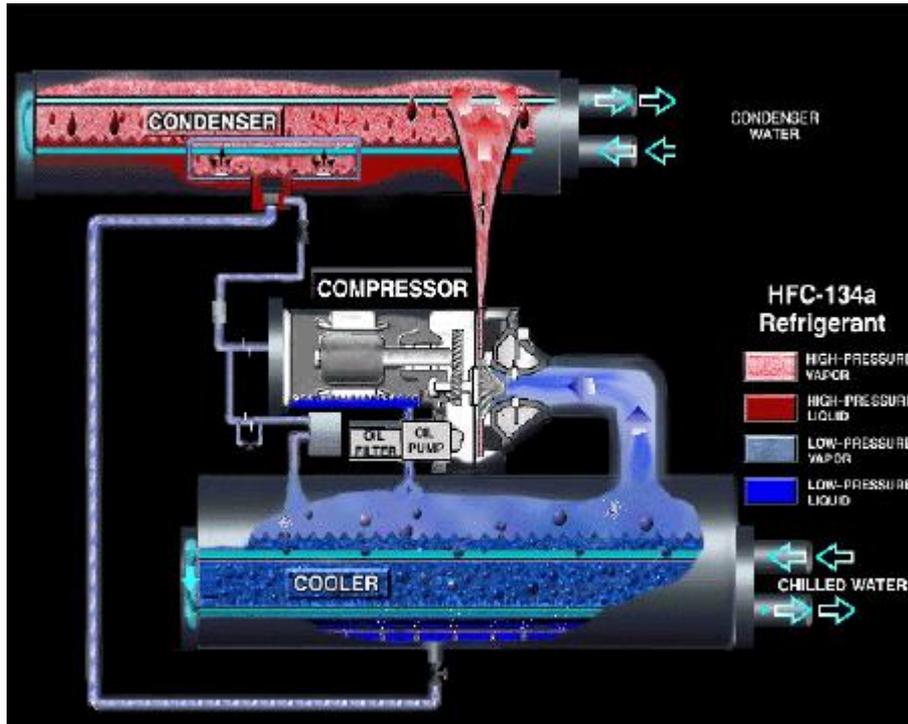
## 2. Tipos de compresores.

### Tipos de compresores volumetricos: Rotativos – Paletas



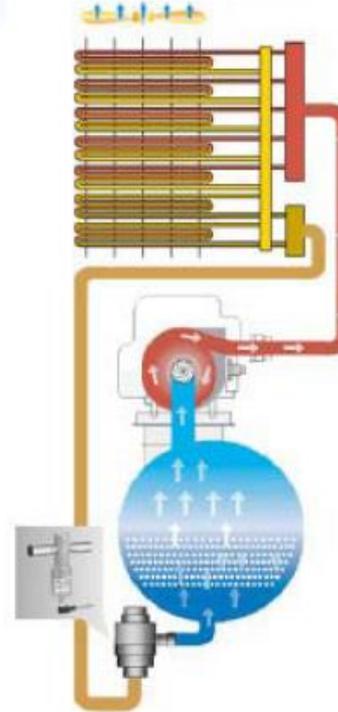
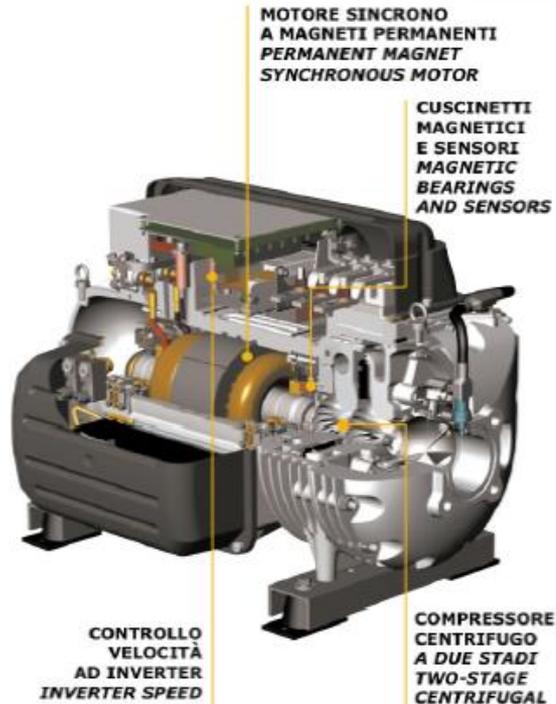
## 2. Tipos de compresores.

### Tipos de compresores dinámicos: Centrifugos



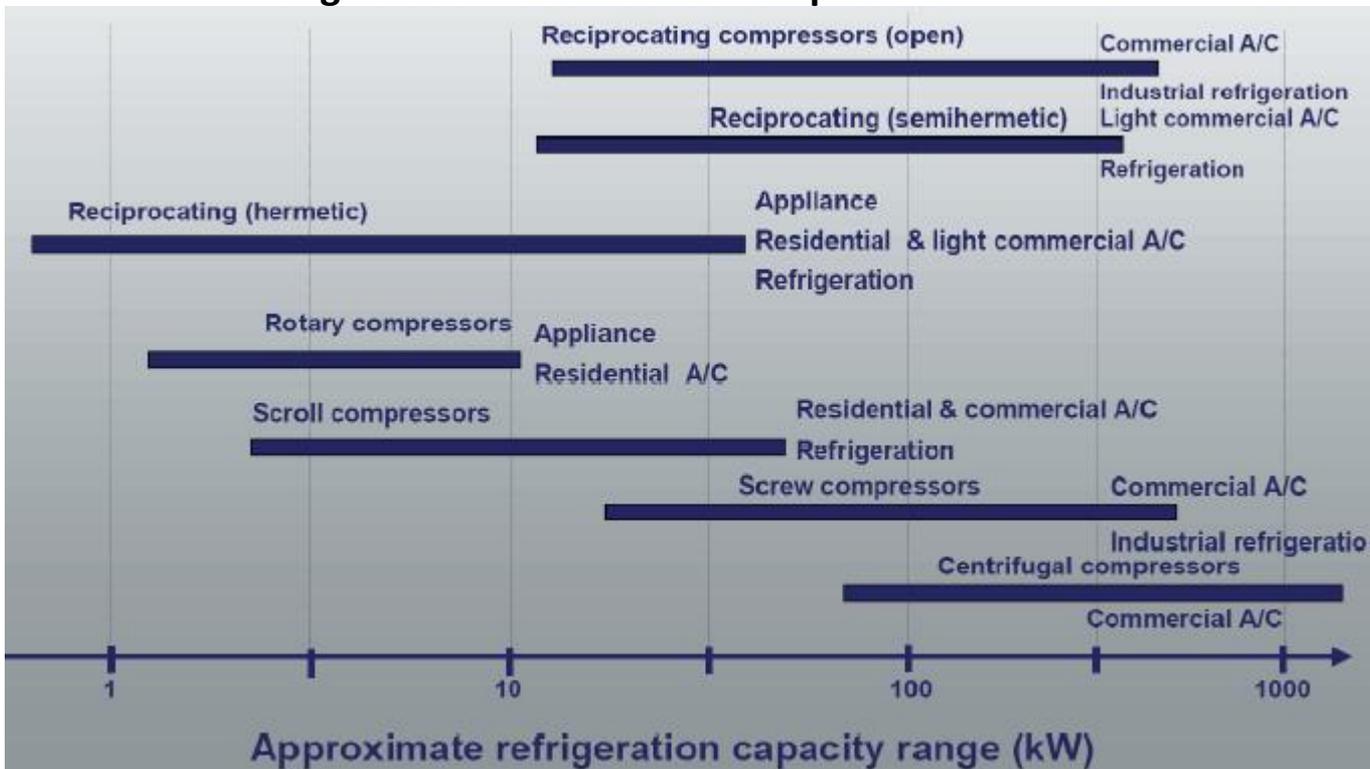
## 2. Tipos de compresores.

### COMPRESOR CENTRIFUGO LEVITACIÓN MAGNÉTICA SIN ACEITE



## 2. Tipos de compresores.

### Rango de utilización de los compresores



## 2. Tipos de compresores.

### Accionamiento del compresor

El conjunto compresor – motor eléctrico se le denomina unidad de compresión. Según la manera de disponer el motor eléctrico y el compresor propiamente dicho podemos encontrarnos con:

**Compresor Abierto:** Es el primer tipo de compresores desarrollados.

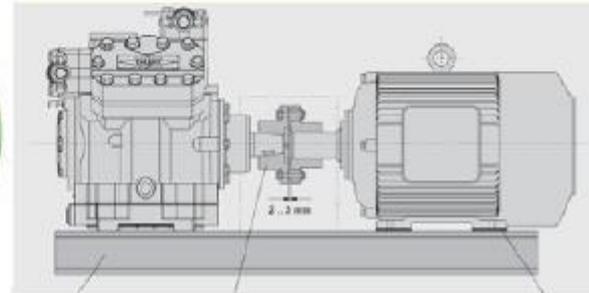
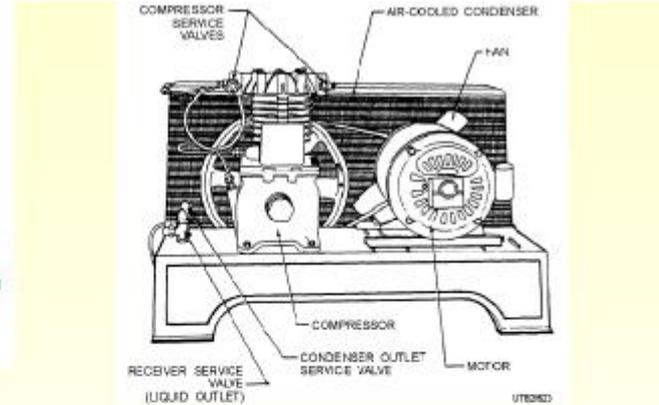
El eje que mueve los pistones del compresor sale del compresor a través de un sello mecánico para acoplarse con el motor eléctrico de accionamiento. El tipo de acoplamiento puede ser directo o mediante poleas. En el primer tipo de acoplamiento el compresor tiene una frecuencia de funcionamiento igual a la del eje de giro, mientras que en el segundo caso puede seleccionarse con el diámetro de la polea.



## 2. Tipos de compresores.

Accionamiento del compresor

Compresor Abierto:



## 2. Tipos de compresores.

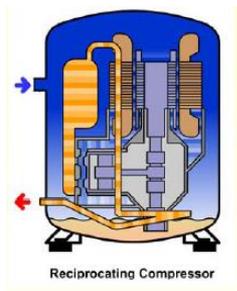
### Accionamiento del compresor

**Compresor Hermético:** El compresor y el motor eléctrico se encuentran integrados en una misma carcasa metálica cerrada herméticamente, de manera que no es posible el acceso a los componentes del compresor ni del motor, por lo que ante cualquier avería se debe reemplazar toda la unidad de compresión.

El motor eléctrico está en contacto directo con el refrigerante, por lo que este tipo de compresores no pudieron desarrollarse hasta 1930, cuando los CFC y HCFC entraron en el mercado, ya que estos refrigerantes tienen un fuerte carácter dieléctrico.

El accionamiento del compresor es directo.

Estas unidades son muy compactas y eliminan el riesgo de fugas de refrigerante a través del sello, por lo que son aptas para aplicaciones domésticas.



## 2. Tipos de compresores.

### Accionamiento del compresor

**Compresor Semihermético:** A diferencia del compresor hermético, la carcasa está atornillada de manera que es accesible para realizar operaciones de mantenimiento.



## 2. Tipos de compresores.

### Comparación Compresores Semiherméticos - Abiertos.

- Necesitan menos mantenimiento, ya que no presentan problemas en la unión del eje con el compresor relacionados con fugas en el sello del eje, alineación, lubricación, poleas, etc.
- No disipan calor a la sala de compresores.
- Son hasta un 30% más compactos y ligeros que los equivalentes de tipo abierto.
- Son más silenciosos y generan menos vibraciones.
- Puede forzarse más al tener un mejor enfriamiento el motor eléctrico.

#### Desventajas:

- En caso de cortocircuitado o rotura del bobinado del motor eléctrico el refrigerante arrastrará partículas del mismo a la cámara de compresión y puede que al resto de la instalación, contaminándola.
- Dificultad de mantenimiento y reparación, especialmente del motor eléctrico.
- No puede utilizarse con amoníaco debido a la incompatibilidad con el cobre.
- Introducen recalentamiento en el refrigerante antes de entrar en la cámara de compresión. Este recalentamiento será función del caudal másico de refrigerante, del refrigerante, del rendimiento del motor y de la potencia absorbida.
- El recalentamiento generado influye en la eficiencia de la instalación.

## 2. Tipos de compresores.

### **Compresores volumétricos**

#### **Válvulas de aspiración y Descarga.**

La válvula de descarga debe tener muelles de seguridad que permitan un mayor grado de apertura en caso de golpe de líquido, de manera que se eviten daños importantes al compresor. También existen compresores con válvulas de alivio internas que actúan en caso de excesivas sobrepresiones.

Existen dos tipos de válvulas:

- Tipo Lengüeta.
- Tipo Anillo.

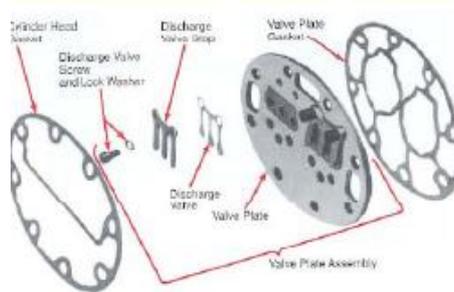
Las primeras están pensadas para compresores de pequeña y mediana potencia y están fabricadas en acero flexible. La válvulas de lengüeta se fijan al plato de válvulas mediante un tornillo situado en un extremo y deben tener asientos perfectamente planos para asegurar su estanqueidad.

A partir de diámetros de pistón superiores a 40mm se emplean las de tipo anillo en donde la válvula de aspiración es un anillo perimetral al cilindro y la válvula de descarga es un anillo que se sitúa en el centro del cilindro. Estas válvulas se fabrican en acero o titanio flexible y están apoyadas en su accionamiento por muelles.

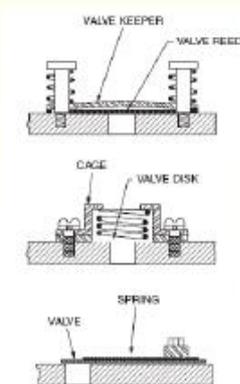
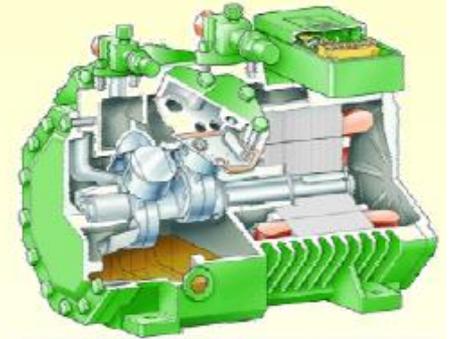
## 2. Tipos de compresores.

### Compresores volumétricos Válvulas de aspiración y Descarga.

Válvulas de lengüeta:



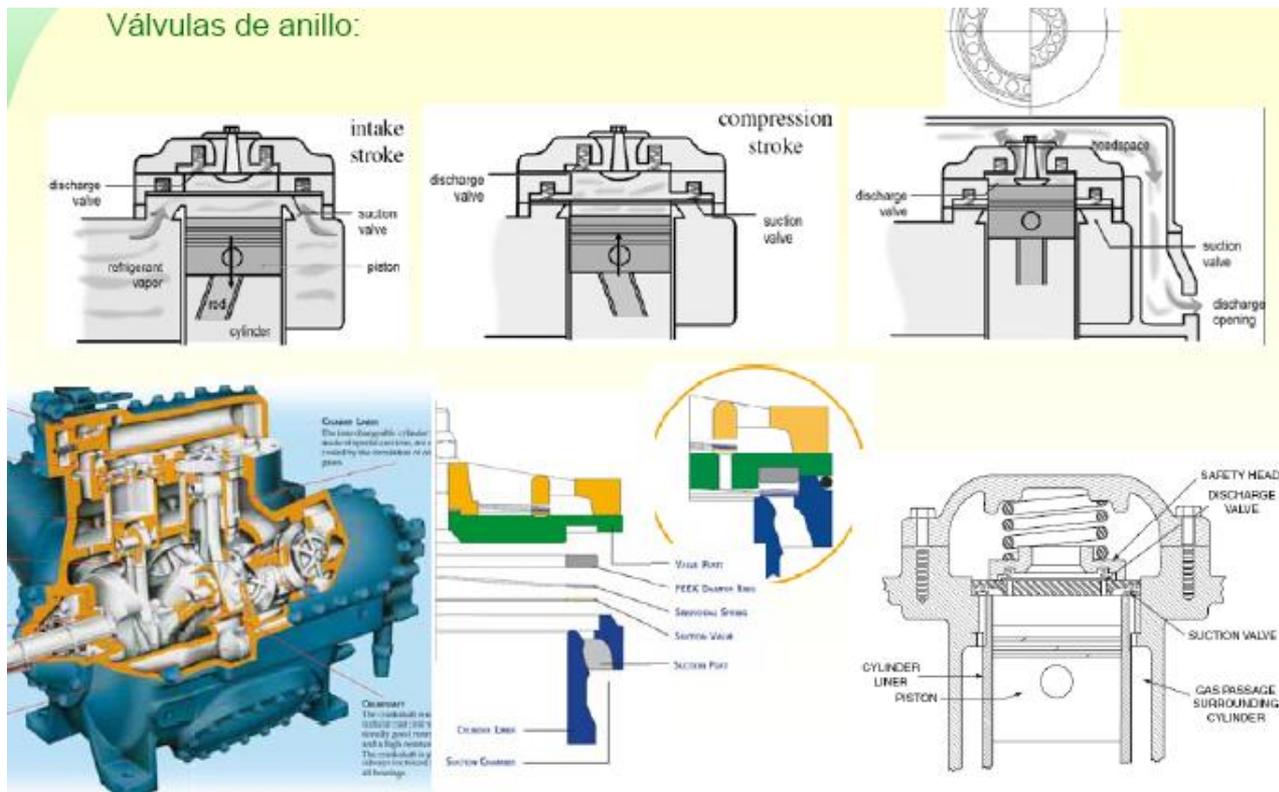
Plato de válvulas



Válvulas de descarga para baja presión

## 2. Tipos de compresores.

### Compresores volumétricos Válvulas de aspiración y Descarga.



## 2. Tipos de compresores.

### Compresores volumétricos

#### Elementos de protección:

#### 1. Seguridades relativas a elevadas presiones:

- Presostato de alta.
- Presostato diferencial (elevada tasa de compresión).
- Válvula de seguridad (alivio) en el depósito de aceite de compresores de tornillo.

#### 2. Seguridades relativas a elevadas temperaturas:

- Temperatura del motor eléctrico.
- Temperatura de descarga del compresor.
- Temperatura del aceite, cuando este necesita enfriamiento.
- Limitador de Temperatura máxima del aceite cuando se emplean resistencias de calentamiento.



Limitador  
Temp. del motor

## 2. Tipos de compresores.

### **Compresores volumétricos.**

#### **Elementos de protección:**

#### 3. Seguridades relativas a bajas presiones:

- El enfriamiento del motor eléctrico, anti-congelación o elevadas tasas de compresión hacen que en muchos compresores se instalen protectores para presiones de aspiración muy bajas.
- Baja presión en el circuito de lubricación.

#### 4. Protección contra obturación de filtros.

#### 5. Protección contra rápidos arranques-paros del compresor para temas de regulación.

Colocación de retardadores para el arranque.

## 2. Tipos de compresores.

### Compresores volumétricos.

#### Elementos de protección:

6. Protección contra entrada de refrigerante en estado líquido en el compresor. Este es un problema grave que genera gran parte de la averías en los compresores. La entrada de líquido puede presentarse por tres vías distintas:

a) Golpe de líquido (slugging): cuando el compresor aspira una gran cantidad de refrigerante en estado líquido y/o lubricante y éste entra en la cámara de compresión.

Puede ocurrir en el arranque de la instalación si el líquido acumulado en el evaporador es aspirado de golpe por el compresor, o ante cambios bruscos en el funcionamiento de la instalación como cambio de ciclo en bombas de calor, o ciclos de desescarche.

b) Retorno de líquido al compresor. Durante el funcionamiento de la instalación se produce una entrada continua de líquido mezclada con el vapor aspirado por el compresor. Este defecto se presenta por un mal funcionamiento de la válvula de expansión, o un sobredimensionado del evaporador frente a la demanda de producción de frío.

En compresores semiherméticos el líquido entra primero en la zona del motor eléctrico, depositándose en la parte inferior de la carcasa donde se diluye con el aceite lubricante para pasar, posteriormente, junto con el aceite, al cárter del compresor. Este aceite lubricante rico en refrigerante pierde sus propiedades éste no realiza su función lubricante produciéndose el desgaste de todos los cojinetes, bielas y resto de partes móviles.

## 2. Tipos de compresores.

### **Compresores volumétricos.**

#### **Elementos de protección:**

c) Migración de refrigerante al cárter del compresor. La dilución de un vapor en un líquido es inversamente proporcional a la temperatura y directamente proporcional a la presión. Este fenómeno hace que durante paradas de la instalación, el vapor refrigerante migre de forma espontánea (por fenómenos de difusión de masa) desde las zonas de alta temperatura a las de baja, especialmente el refrigerante que está en zonas en condiciones de saturación. Así, en una parada de la instalación el refrigerante migra al cárter del compresor y se disuelve en el aceite lubricante ya que éste se encuentra más frío (especialmente cuando el compresor está a la intemperie) y a mayor presión que cuando la instalación está funcionando.

Cuando se arranca de nuevo la instalación la presión en el cárter desciende bruscamente y el aceite empieza a calentarse, esto provoca una separación violenta (casi una explosión) del refrigerante (que sale en estado vapor) respecto del aceite lubricante, generándose un fluido espumoso. Este fluido espumoso no tiene apenas propiedades lubricantes produciendo el desgaste e incluso el gripaje de las partes móviles, además puede entrar en la cámara de compresión generando un golpe de líquido.

Este problema no puede evitarse utilizándose aceites inmiscibles con el refrigerante ya que esta propiedad es muy útil para lograr un correcto retorno del lubricante al cárter.

## 2. Tipos de compresores.

### **Compresores volumétricos.**

#### **Elementos de protección:**

c) Migración de refrigerante al cárter del compresor.

Para evitar que se produzca cualquier problema relacionado con la presencia de refrigerante líquido en el compresor, se emplean diferentes medidas de protección:

- Botella separadora de líquido en aspiración.
- Resistencias eléctricas en el cárter.
- Parada por recogida de líquido.

## 2. Tipos de compresores.

### Compresores rotativos. Tornillo doble.

El compresor de tornillo pueden darse en tres configuraciones posibles: abierto, hermética y semihermética.

Es un compresor que pretende aunar las características de un compresor alternativo y un compresor centrífugo., ya que es un compresor volumétrico, pero la elevada frecuencia con que trasiega volúmenes hace que el caudal generado sea prácticamente continuo.

En el campo de la refrigeración se aplica en aire acondicionado en grandes instalaciones centralizadas con enfriadoras de agua o bombas de calor condensadas por aire o agua.

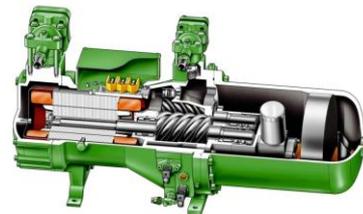
Los compresores de tornillo permiten la presencia de líquido durante la compresión, pudiendo operar con grandes cantidades de líquido durante su funcionamiento. Es compacto y ligero respecto a otros tipos de compresores de capacidad equivalente, ya que puede girar a velocidades más elevadas.

Presenta un mantenimiento simple y de bajo coste dada su simplicidad al tener pocas piezas con movimiento relativo. Sus ventajas son: Elevada vida del equipo.

Elevadas tasas de compresión por etapa (hasta 20)

Caudal prácticamente continuo, lo que reduce vibraciones.

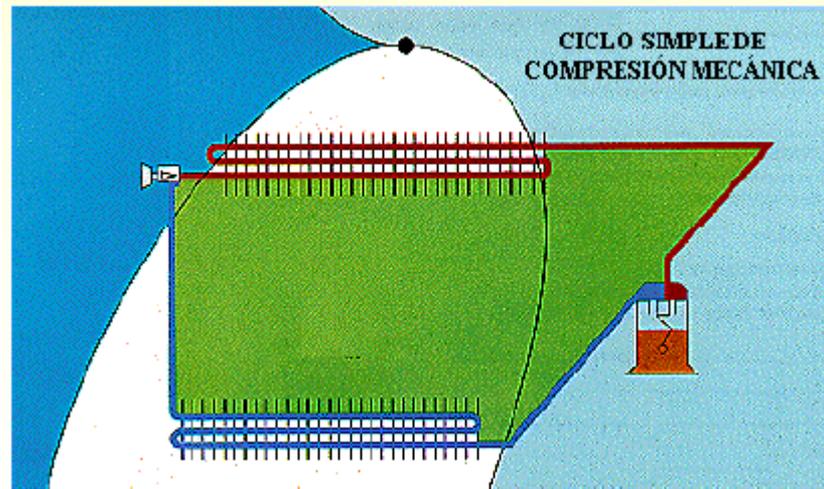
El doble tornillo requiere la inyección de aceite lubricante , el cual hace de sello entre los dos tornillos, elimina la fricción, y evacua el calor. Es necesario utilizar sistemas de separación de aceite después de la descarga del compresor. El control de capacidad se realiza con válvula deslizante o corredera o mediante variador de frecuencia.



## 2. Tipos de compresores.

### Fluidos empleados en el Circuitos Frigorífico. REFRIGERANTES.

El refrigerante g es el fluido que mediante un cambio en su estado de agregación (evaporación) absorbe calor de otro fluido enfriándolo, por ello se le denomina también *frigorígeno*. Estos fluidos evolucionan en las plantas frigoríficas describiendo un ciclo en el que son sucesivamente comprimidos, licuados, expandidos y evaporados.



## 2. Tipos de compresores.

### Fluidos empleados en el Circuitos Frigorífico. REFRIGERANTES.

En el momento actual, en el campo de los fluidos frigorígenos, y desde un punto de vista medioambiental y legislativo, cohabitan temporalmente tres *familias* de refrigerantes:

- Refrigerantes artificiales de la familia de los clorofluorocarbonados (CFC) e hidroclorofluorocarbonados (HCFC), y sus mezclas.
- Refrigerantes artificiales de la familia de los hidrofluorocarbonados (HFC: R134a, R152a), y sus mezclas, tanto zeotrópicas (R404A, R407C y R410A) como azeotrópicas (R507).
- Refrigerantes “naturales”, es decir, aquellos cuya composición química puede encontrarse en la naturaleza, ya sean de tipo orgánico (hidrocarburos como el R600a y el R290), ya de tipo inorgánico: agua (H<sub>2</sub>O) amoniaco (NH<sub>3</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principalmente.

## 2. Tipos de compresores.

### RENDIMIENTOS DE LOS SISTEMAS FRIGORÍFICOS

#### PARQUE ANTIGUO EXISTENTE DE ENFRIADORAS DE AGUA

COMPRESORES  
ALTERNATIVOS / CONDENSACIÓN AIRE EER 2,6

COMPRESORES  
ALTERNATIVOS / CONDENSACIÓN AGUA EER 3,2

COMPRESOR  
CENTRIFUGO CONDESACIÓN AGUA  
EER 5,5

EN CONDICIONES EUROVENT (plena potencia; agua fría 12/7 °C;  
agua condensación 30/35 °C)

#### MÁQUINAS DE ÚLTIMAS TECNOLOGÍAS

COMPRESORES  
SCROLL / CONDENSACIÓN AIRE  
EER 3,2 – ESEER 4,3

COMPRESORES  
TORNILLO / CONDENSACIÓN AIRE  
EER 3,2 – ESEER 5,2  
TORNILLO / CONDENSACIÓN AGUA  
EER 6,2 – ESEER 7,4

COMPRESOR CENTRIFUGO LEVITACIÓN MAGNÉTICA SIN ACEITE  
CONDENSACIÓN AIRE  
EER 3,5 – ESEER 5,6  
AGUA EER 7 – ESEER 10

### 3. Opciones de ahorro energético.

#### PASOS PREVIOS, DETERMINACIÓN RENDIMIENTO ENERGÉTICO EN INSTALACIONES EXISTENTES

- LOS PROCEDIMIENTOS ESTÁN DESARROLLADOS EN LA GUIA TÉCNICA EDITADA POR EL IDAE.
- SE DETERMINAN RENDIMIENTOS INSTANTÁNEOS EN LAS CONDICIONES EN LAS QUE SE ENCUENTRE EL SISTEMA.
  1. MÉTODO DIRECTO: UTILIZANDO EL ÁBACO ENTALPICO DE LA EVOLUCIÓN TERMODINÁMICA DEL REFRIGERANTE.
  2. MÉTODO INDIRECTO: MIDIENDO O CALCULANDO EL ENFRIAMIENTO DEL AGUA O DEL AIRE.



### 3. Opciones de ahorro energético.

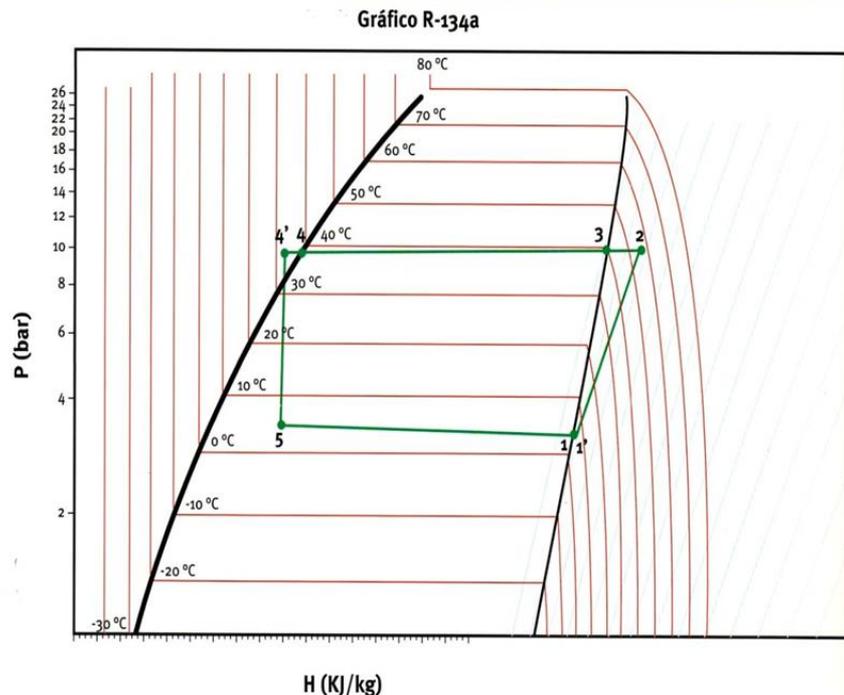
#### DETERMINACIÓN RENDIMIENTO ENERGÉTICO INSTANTÁNEO

**MÉTODO DIRECTO:** UTILIZANDO EL ÁBACO ENTALPICO DE LA EVOLUCIÓN TERMODINÁMICA DEL REFRIGERANTE.

ES UN PROCEDIMIENTO COMPLICADO DE LLEVARSE A CABO EN LAS INSTALACIONES.

SE DETERMINA LA POTENCIA TÉRMICA ÚTIL DISPONIBLE EN EL REFRIGERANTE.

OCASIONALMENTE ES UN MÉTODO VALIOSO COMO DIAGNÓSTICO DE ANOMALÍAS.



### 3. Opciones de ahorro energético.

#### DETERMINACIÓN RENDIMIENTO ENERGÉTICO INSTANTÁNEO

**MÉTODO INDIRECTO:** SE MIDE EL ENFRIAMIENTO DEL AGUA ( $W_{EVAP}$ ) O DEL AIRE Y SE DIVIDE POR LA POTENCIA ELÉCTRICA CONSUMIDA ( $P_{ABS}$ )

$W_{EVAP}$  = CAUDAL MÁSSICO DE AGUA x DIFERENCIA TEMPERATURA

$W_{EVAP}$  = CAUDAL MÁSSICO DE AIRE x DIFERENCIA ENTALPIAS DEL AIRE

$P_{ABS}$  = TENSIÓN x INTENSIDAD x  $\sqrt{3}$  x  $\text{Cos}\phi$  / 1000

$$EER = W_{EVAP} / P_{ABS}$$

(Todas las unidades en kW)



### 3. Opciones de ahorro energético.

#### EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES PRODUCTORAS DE FRÍO

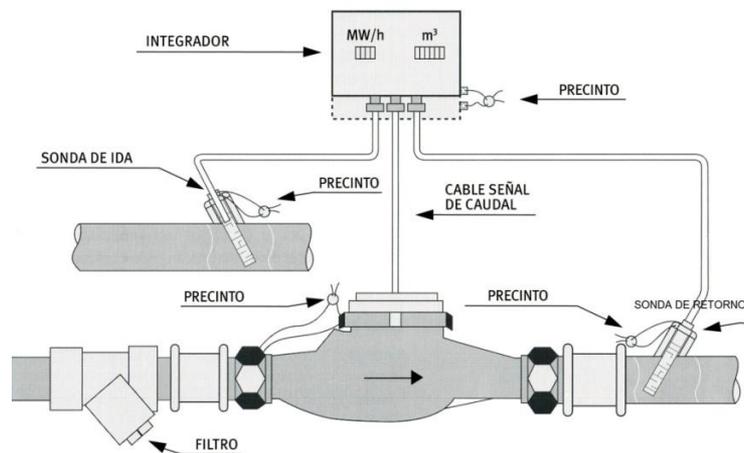
¿CUÁL ES LA ENERGÍA TÉRMICA QUE APROVECHAMOS?

- ES EL CALOR ABSORBIDO EN EL EVAPORADOR
- EN UNA PLANTA ENFRIADORA DE AGUA: (CAUDAL DE AGUA CIRCULANTE MULTIPLICADO POR SU DIFERENCIA DE TEMPERATURAS).
- EN UN EQUIPO AUTÓNOMO: (CAUDAL DE AIRE CIRCULANTE MULTIPLICADO POR SU DIFERENCIA DE ENTALPIAS\*).

(\* Se obtiene del diagrama psicométrico del aire)

¿CUÁL ES LA ENERGÍA QUE CONSUMIMOS?

- LA SUMA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUMIDA POR TODOS LOS MOTORES DE LOS COMPRESORES DEL SISTEMA FRIGORÍFICO.
- RESTO DE MOTORES DE BOMBAS, VENTILADORES PARA QUE FUNCIONE EL SISTEMA FRIGORÍFICO.



### 3. Opciones de ahorro energético.

#### **DETERMINACIÓN RENDIMIENTO ENERGÉTICO ESTACIONAL (EUROPEAN SEASONAL ENERGY EFFICIENCY RATIO)**

1º. SE MIDE CON UN CALORÍMETRO (O CALCULA) LA ENERGÍA TÉRMICA TOTAL UTILIZADA DURANTE UN PLAZO DETERMINADO DE TIEMPO EL ENFRIAMIENTO DEL AIRE O DEL AGUA.

2º SE MIDE LA ENERGÍA (ELÉCTRICA) CONSUMIDA EN EL MISMO PERIODO.

ESEER = ENERGÍA TÉRMICA / ENERGÍA ELÉCTRICA



## 3. Opciones de ahorro energético.

### ACTUACIONES PARA EL AHORRO DE CONSUMOS DE ENERGÍA

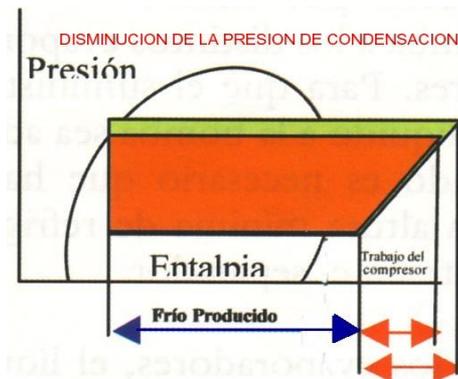
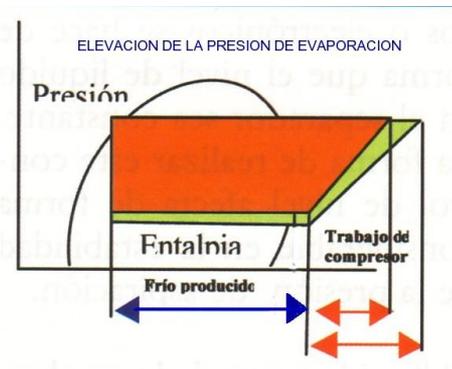
- EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES PRODUCTORAS DE FRÍO
  - SELECCIÓN DE LA PLANTA DE REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN (Adecuación a la demanda).
  - MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS.
- USO Y EXPLOTACIÓN DE LAS PLANTAS (Adecuación a la demanda)
  - ARRANQUE, PARADA Y TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES.
  - SECUENCIACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO.
  - AJUSTE CONSIGNA TEMPERATURA SALIDA AGUA DE LA PLANTA ENFRIADORA 12-7 C

### 3. Opciones de ahorro energético.

#### EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES PRODUCTORAS DE FRÍO

##### VIGILANCIA DEL EER EN INSTALACIONES EXISTENTES

- MANTENIMIENTO CORRECTO:
  - ✓ LIMPIEZA DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR (CONDENSADOR Y EVAPORADOR DEL SISTEMA FRIGORÍFICO).
  - ✓ CARGA DE REFRIGERANTE.
  - ✓ REGULACIÓN DE CONTROLES.
  - ✓ LIMPIEZA DE INTERCAMBIADORES DE CALOR EN LA “UTA” Y UNIDADES TERMINALES.
  - ✓ AISLAMIENTO DE TUBERIAS DE AGUA Y CONDUCTOS DE AIRE.



## 3. Opciones de ahorro energético.

### EXIGENCIAS POR RITE DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN DE FRÍO

- LA POTENCIA GENERADA EN FRÍO MEDIANTE ENERGÍA CONVENCIONAL SE AJUSTARÁ A LA DEMANDA MÁXIMA SIMULTÁNEA.
- LA DEMANDA DE REFRIGERACIÓN SE ESTUDIARÁ A LO LARGO DE TODO EL AÑO (MES, DÍA Y HORA).
- LOS GENERADORES SE CONECTARÁN HIDRÁULICAMENTE EN PARALELO (CON BOMBAS INDEPENDIENTES PARA CADA UNA).
- CUANDO SE INTERRUMPA EL FUNCIONAMIENTO DE UN GENERADOR DE FRÍO SE DEBE DE INTERRUMPIR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS ACCESORIOS RELACIONADOS CON ÉL.

### 3. Opciones de ahorro energético.

#### EXIGENCIAS POR RITE DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN DE FRÍO

- SE INDICARÁ EL (EER) INDIVIDUAL DE CADA EQUIPO AL 100% Y HASTA EL MÍNIMO DE PARCIALIZACIÓN DE POTENCIA.
- TAMBIÉN PARA EL CONJUNTO DE LA CENTRAL CON LA ESTRATEGIA DE FUNCIONAMIENTO ELEGIDA.
- EN AQUELLOS CASOS EN QUE LOS EQUIPOS DISPONGAN DE ETIQUETADO ENERGÉTICO LA CLASE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL MISMO.
- LA TEMPERATURA DEL AGUA REFRIGERADA A LA SALIDA DE LA PLANTA DEBERÁ SER MANTENIDA CONSTANTE AL VARIAR LA DEMANDA, **SALVO EXCEPCIONES JUSTIFICADAS.**

### 3. Opciones de ahorro energético.

#### **EXIGENCIAS POR RITE DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN DE FRÍO**

- EL NÚMERO DE GENERADORES DE FRÍO EN UNA CENTRAL DEBE DE SER TAL QUE SE MANTENGA LA EFICIENCIA GLOBAL PRÓXIMA A LA EFICIENCIA MÁXIMA DE LOS GENERADORES CON LAS VARIACIONES DE LA DEMANDA.
- LA PARCIALIZACIÓN DE UN GENERADOR PUEDE SER CONTINUA O ESCALONADA.

### 3. Opciones de ahorro energético.

#### **EXIGENCIAS POR RITE DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN DE FRÍO**

- LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS CONDENSADAS POR AIRE DEBEN DISPONER DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRESIÓN DE CONDENSACIÓN PARA QUE PUEDAN FUNCIONAR A LA MÍNIMA PRESIÓN SEGUN ESPECIFICACIÓN DEL FABRICANTE.
- EN LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS CONDENSADAS POR AGUA SE DEBE CONTROLAR LA TEMPERATURA DEL AGUA EN LA TORRE A LA MÍNIMA TEMPERATURA SEGÚN LA ESPECIFICACIÓN DEL FABRICANTE DE LA MÁQUINA FRIGORÍFICA.
- LAS TORRES DE REFRIGERACIÓN SE DIMENSIONARÁN PARA EL VALOR DE LA TEMPERATURA HÚMEDA QUE CORRESPONDA AL NIVEL PERCENTIL MÁS EXIGENTE MÁS 1°C.

### 3. Opciones de ahorro energético.

#### EXIGENCIAS POR RITE DE LA CONTABILIZACIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA

- TODA INSTALACIÓN TÉRMICA QUE DE SERVICIO A MÁS DE UN USUARIO DISPONDRÁ DE UN SISTEMA QUE PERMITA EL REPARTO DE GASTOS A CADA SERVICIO.
- LAS INSTALACIONES TÉRMICAS (FRÍO O CALOR) DE MÁS DE 70 kW DISPONDRÁ DE UN SISTEMA PROPIO DE MEDICIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA INDEPENDIENTE AL RESTO DE USOS DEL EDIFICIO.
- LAS INSTALACIONES TÉRMICAS CON POTENCIA FRIGORÍFICA MAYOR A 400 kW DISPONDRÁN DEL DISPOSITIVO DE MEDICIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (MAQUINARIA FRIGORÍFICA, TORRE, BOMBA DE AGUA REFRIGERADA) DE FORMA DIFERENCIADA EL RESTO DE EQUIPOS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.
- LOS COMPRESORES FRIGORÍFICOS DE MÁS DE 70 kW DE POTENCIA TÉRMICA NOMINAL DISPONDRÁN DE UN DISPOSITIVO QUE PERMITA REGISTRAR EL NÚMERO DE ARRANCADAS DEL MISMO.

### 3. Opciones de ahorro energético.

#### **ARRANQUE, PARADA Y TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES**

- LOS SISTEMAS FRIGORÍFICOS DEBEN DE ESTAR PARADOS DURANTE LAS HORAS DE NO OCUPACIÓN DEL EDIFICIO.
- EL SISTEMA FRIGORÍFICO DEBE PARARSE CON UNA CIERTA ANTELACIÓN A LAS BOMBAS DE AGUA Y VENTILADORES DE AIRE PARA APROVECHAR EL FRÍO RESIDUAL ACUMULADO EN EL SISTEMA.
- SUBIR LA REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE (AIRE / AGUA) DURANTE LAS HORAS DE BAJA OCUPACIÓN (HORA DE LA COMIDA DEL MEDIODÍA, CON UNA REDUCCIÓN LA ILUMINACIÓN).



### 3. Opciones de ahorro energético.

#### **POSIBILIDADES QUE OFRECEN LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA EFICIENCIA Y AHORRO DE ENERGÍA EN LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN**

- COMPRESORES ROTATIVOS DE TORNILLO.
- COMPRESORES CENTRIFUGOS DE LEVITACIÓN MANGNETICA.
- LOS CONTROLES “INTELIGENTES” Y “PID”.
- LAS VÁLVULAS DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICAS – ELÉCTRICAS.
- SISTEMAS DE PRESIÓN DE CONDENSACIÓN FLOTANTE.
- EL CONTROL DE LA CAPACIDAD DE LOS COMPRESORES POR LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD DE LOS MOTORES (AHORROS DE CONSUMO DEL ORDEN DEL 15%).
- LAS ENFRIADORAS MULTICOMPRESORAS.
- CONDENSACIÓN EN DOS ETAPAS – ECONOMIZADOR.
- PLANTAS DE COMPRESOR CENTRÍFUGO CON TURBINA ECONOMIZADORA.
- REAJUSTE AUTOMÁTICO DE LA TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN A VALORES MÁS ELEVADOS.
- LIMITACIÓN DE POTENCIA EN LAS HORAS PUNTA DE CONSUMO ELÉCTRICO – ACUMULACIÓN DE FRÍO CON (MCF).
- GESTIÓN UNIFICADA DE VARIAS PLANTAS FRIGORÍFICAS COMO UNA PLANTA VIRTUAL ÚNICA.

## 3. Opciones de ahorro energético.

### RENDIMIENTOS DE OTROS SISTEMAS FRIGORÍFICOS

EQUIPO COMPACTO DE CUBIERTA EXTERIOR AIRE / AIRE (ROOF TOP) POTENCIAS APROXIMADAS DE 25 A 150 Kw  
EER 2,3 A 3,4

EQUIPO COMPACTO INTERIOR AIRE / AIRE PARA CONDUCTOS - POTENCIAS APROXIMADAS DE 15 A 100Kw  
EER 2 A 3

EQUIPO RESIDENCIAL PARTIDO AIRE / AIRE POTENCIAS - APROXIMADAS DE 1 A 6 Kw  
EER 2,6 A 3,2

EQUIPO RESIDENCIAL PARTIDO AIRE /AIRE INVERTER Y MULTI - POTENCIAS APROXIMADAS DE 1 A 6 Kw  
EER 3,2 A 4,5

EQUIPO VRV AIRE /AIRE INVERTER Y MULTI - POTENCIAS APROXIMADAS DE 11 A 150 Kw  
EER 3 A 4,3 – ESEER 4 A 6,6

### 3. Opciones de ahorro energético.

#### **ENFRIADORA CON RECUPERACIÓN DE CALOR PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO Y LIMITACIONES**

- SE UTILIZA TODO O UN PORCENTAJE DEL CALOR ELIMINADO POR EL CONDENSADOR DE UNA PLANTA FRIGORÍFICA ENFRIADORA DE AGUA.
- EL USO PRIORITARIO DE LA PLANTA FRIGORÍFICA ES LA PRODUCCIÓN DE AGUA FRÍA PARA REFRIGERAR.
- SI NO HAY DEMANDA DE REFRIGERACIÓN EN EL EDIFICIO NO SE PUEDE RECUPERAR CALOR.
- EL CALOR DISIPADO EN EL CONDENSADOR ES RESIDUAL Y SE RECUPERA CUANDO ES POSIBLE SU UTILIZACIÓN.
- LA LIMITACIÓN DEL MÁXIMO CALOR PRODUCIDO ESTÁ SUBORDINADO A LA MÁXIMA REFRIGERACIÓN DEMANDADA.
- EL CALOR QUE EXCEDA DE LA DEMANDA UTILIZABLE SE TIENE QUE ELIMINAR AL AMBIENTE O TORRE DE REFRIGERACIÓN.

### 3. Opciones de ahorro energético.

#### **ENFRIADORA CON RECUPERACIÓN DE CALOR, EFICIENCIA ENERGÉTICA**

LA APLICACIÓN SIMULTÁNEA DE REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN PRESENTA EL MAYOR EER-COP

EER= ENERGÍA TÉRMICA ÚTIL / ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUMIDA

EER= REFRIGERACIÓN + RECUPERACIÓN DE CALOR / ENERGÍA CONSUMIDA

## 3. Opciones de ahorro energético.

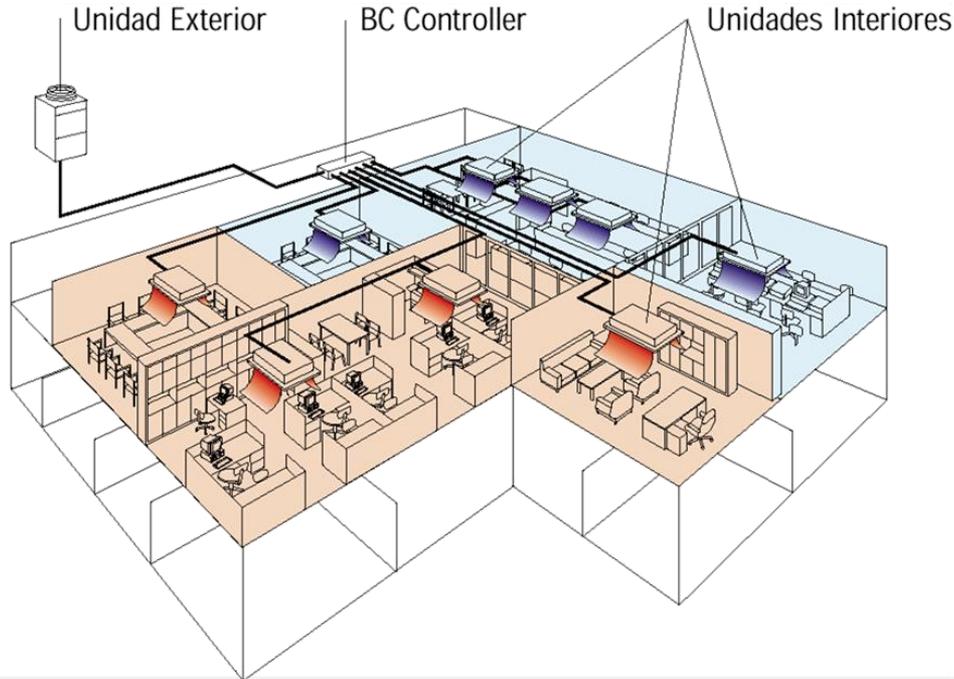
### **ENFRIADORA CON RECUPERACIÓN DE CALOR, APLICACIONES DE ESTE SISTEMA**

PREPARACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL A.C.S. A 40 – 45 °C

- CUANDO LA DEMANDA DE A.C.S. ES RELATIVAMENTE BAJA CON RELACIÓN A LA DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (RÉGIMEN DE VERANO EN OFICINAS) SE PUEDE UTILIZAR DES-RECALENTADOR DEL REFRIGERANTE DE DESCARGA DEL COMPRESOR.
- EN ESTE CASO NO ES NECESARIO ELEVAR LA TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN Y EL CEE DE LA PLANTA NO SE DISMINUYE.
- EN LA TEMPORADA DE INVIERNO SI NO EXISTIERA DEMANDA PARA LA PRODUCCIÓN DE REFRIGERACIÓN LA PREPARACIÓN DEL A.C.S. SERA POR UNA CALDERA O COLECTORES SOLARES.

### 3. Opciones de ahorro energético.

#### **INSTALACIÓN VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE (VRV), PROPORCIONANDO REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN SIMULTÁNEAMENTE, INSTALACIÓN A TRES TUBOS**



## 3. Opciones de ahorro energético.

### ACTUACIONES ENCAMINADAS AL AHORRO DE ENERGÍA EN BOMBAS DE CIRCULACIÓN

#### **Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos**

- Adecuada selección de los equipos de circulación de fluidos portadores para el máximo rendimiento en las condiciones de cálculo (Adecuar a la demanda real de la instalación).
- Correcto mantenimiento de los equipos

#### **Uso y explotación de la instalación**

- Instalación de variadores de frecuencia para sistemas de caudal variable (evitar picos de corriente en las arrancadas y adaptar bomba a curva resistente instalación).
- Instalación de bombas con motores eléctricos de alto rendimiento IE3.
  
- Programación del Mantenimiento Preventivo – Predictivo y Correctivo a la instalación existente en la actualidad.

## 3. Opciones de ahorro energético.

### ACTUACIONES ENCAMINADAS AL AHORRO DE ENERGÍA EN UTAs

#### **Eficiencia energética de los equipos de tratamiento de aire.**

- Adecuada selección del equipo de forma que se adapte a las necesidades reales de la instalación para obtener su máximo rendimiento; sobre todo teniendo en cuenta que estos equipos se fabrican a medida.
- Adecuada selección del sistema de control automático de forma que se mantengan las condiciones de diseño previstas y se ajusten los consumos de energía a las variaciones de la carga térmica.
  - Regulación a temperatura constante y caudal variable en el circuito de consumo.
  - Regulación caudal constante en circuito primario y secundario y temperatura variable en el secundario.
- Adecuado mantenimiento.

#### **Uso y explotación de la instalación**

- Instalación de variadores de frecuencia para adaptar los caudales de aire a las necesidades reales, para sistemas de caudal variable.
- Ajuste de horarios a las necesidades reales de la instalación.
- Adecuación programa de Mantenimiento Preventivo – Predictivo y Correctivo del equipo.

## 3. Opciones de ahorro energético.

### ACTUACIONES ENCAMINADAS AL AHORRO DE ENERGÍA EN UTAs

#### Recuperación de calor del aire de extracción.

-Se trata del aprovechamiento, por recuperación de energía, de la energía del aire de extracción para el tratamiento térmico del aire nuevo que se aporta desde el exterior.

-Será obligatorio la instalación de sistemas de recuperación de energía en aquellos sistemas en los que el caudal de aire expulsado al exterior, sea superior a  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1.800 \text{ m}^3/\text{h}$ ), de forma que se recupere la energía del aire expulsado.

#### ( RITE, ITE 1.2.4.5.2)

- Tipos de recuperadores de energía:
  - Rotativos (eficiencia  $60 \div 79\%$ )
  - De placas (eficiencia  $50 \div 70\%$ )

## 3. Opciones de ahorro energético.

### ACTUACIONES ENCAMINADAS AL AHORRO DE ENERGÍA EN UNIDADES TERMINALES

#### **Instalación**

- Adecuada selección del equipo de forma que se adapten a las necesidades reales de los espacios a acondicionar obteniéndose el máximo rendimiento
- Selección adecuada interna de control y regulación.
- Considerar el mantenimiento

#### **Uso y explotación de las unidades terminales**

- Ajustar los horarios de funcionamiento y de uso de los equipos a las necesidades reales de la instalación.
- Secuencia de funcionamiento
- Control de funcionamiento en función de:
  - Tª exterior
  - Orientación fachada
  - Ocupación
  - Uso
- Adecuado programa de mantenimiento preventivo-predictivo-correctivo.

## 3. Opciones de ahorro energético.

### RECOMENDACIONES TÉCNICAS

#### PROPUESTAS DE MÉTODOS Y MODIFICACIONES EN LAS INSTALACIONES QUE MEJOREN SU EFICIENCIA ENERGÉTICA:

- Realizar un estudio energético (EER) de las plantas frigoríficas en las condiciones correctas de funcionamiento y comparar los datos con otras máquinas similares del mercado y otros sistemas.
- Posibilidad del cambio de equipos o sistemas con mejor eficiencia o menor consumo de energía.
- Instalación de sistemas de enfriamiento gratuito.
- Instalación de sistemas de recuperación de energía.
- Aislamiento de todos los componentes de la instalación
- Regulación y control:
  - Instalación de sistema de supervisión y control por telegestión.
  - Control de consumos energéticos por telegestión.
  - Instalación de sistemas de equilibrado hidráulico.
  - Instalación válvulas termostáticas para unidades terminales de calefacción.
  - Instalación sistemas de control de filtros sucios. (aire / agua)

## 3. Opciones de ahorro energético.

### OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PARA LA CONDUCCIÓN Y VIGILANCIA DE LAS INSTALACIONES

#### GUÍA TÉCNICA CONTABILIZACIÓN DE CONSUMOS

- EXISTE NORMATIVA QUE OBLIGA A CONTROLAR EL CONSUMO DE ENERGÍA Y OPTIMIZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.
- EXISTEN LOS PROCEDIMIENTOS PARA LLEVARLO A CABO.
- LO QUE NO SE MIDE, NO EXISTE Y, ADEMÁS, NO PUEDE MEJORARSE.
- LA GARANTIA DE CONTROLAR EL CONSUMO DE ENERGÍA SE ENCUENTRA EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS Y PROTOCOLOS DE LAS GUIAS.



## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 1

- **EJEMPLO ESTUDIO ENERGÉTICO PARA SELECCIÓN DE LAS PLANTAS ENFRIADORAS EN LA NUEVA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD EN LA UNIVERSIDAD JAUME I DE CASTELLÒN**

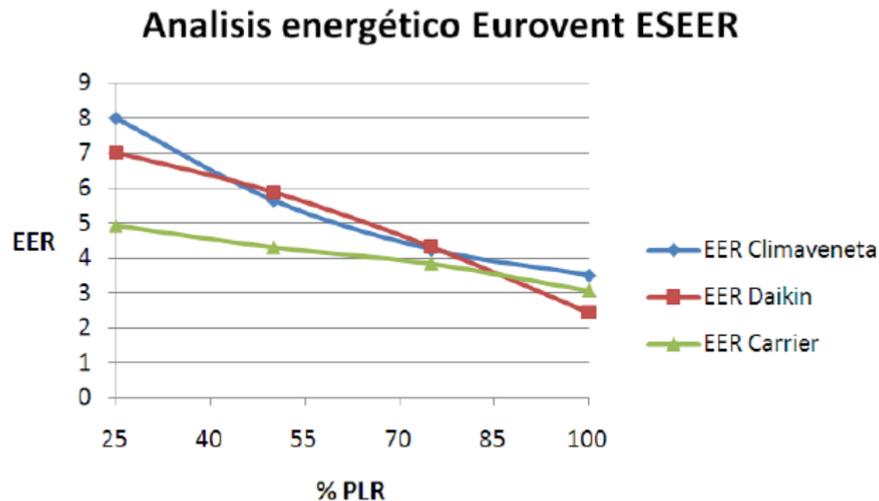
Usando la herramienta TRNSYS de simulación dinámica, después de haber desarrollado y validado cada elemento (3 distintas enfriadoras, controles, bombas, válvulas, depósito de inercia térmica, fichero meteorológico) se ha generado un modelo genérico de la instalación de producción centralizada de frío para reproducir su comportamiento transitorio anual. En dicho modelo, para mantener una referencia objetiva y poder comparar los resultados simulados, solamente han sido substituidas las enfriadoras, desarrollando y simulando de tal manera los distintos escenarios planteados.

- a) Enfriadora aire-agua, Compresor con cojinetes de levitación magnética y control digital de la velocidad de revolución, Refrigerante R134a:  
**Climaveneta, modelo TECS2 /SL-CA-E 0552 (590 kW)**
- b) Enfriadora aire-agua, 2 compresores Monotornillo semiherméticos inverter de regulación continua, Refrigerante R134a:  
**Daikin, modelo EWAD640CZXR (635 kW)**
- c) Enfriadora aire-agua, Compresor de Tornillo de doble rotor con válvula de control de capacidad variable, Refrigerante R134a:  
**Carrier, modelo 30XA0602 (603 kW)**

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 1

En la siguiente figura están representados los EER en función del PLR (porcentaje de grado de carga en función de la capacidad nominal de la máquina), en condiciones Eurovent (Tcool=7°C; Tinlet=12°C; Tcond=35°C), de las 3 máquinas de producción analizadas:



Los valores de ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio) para las tres máquinas son:

- Climaveneta = 5,64
- Daikin = 5,52
- Carrier = 4,25

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 1

Cuadro resumen económico con las distintas opciones.

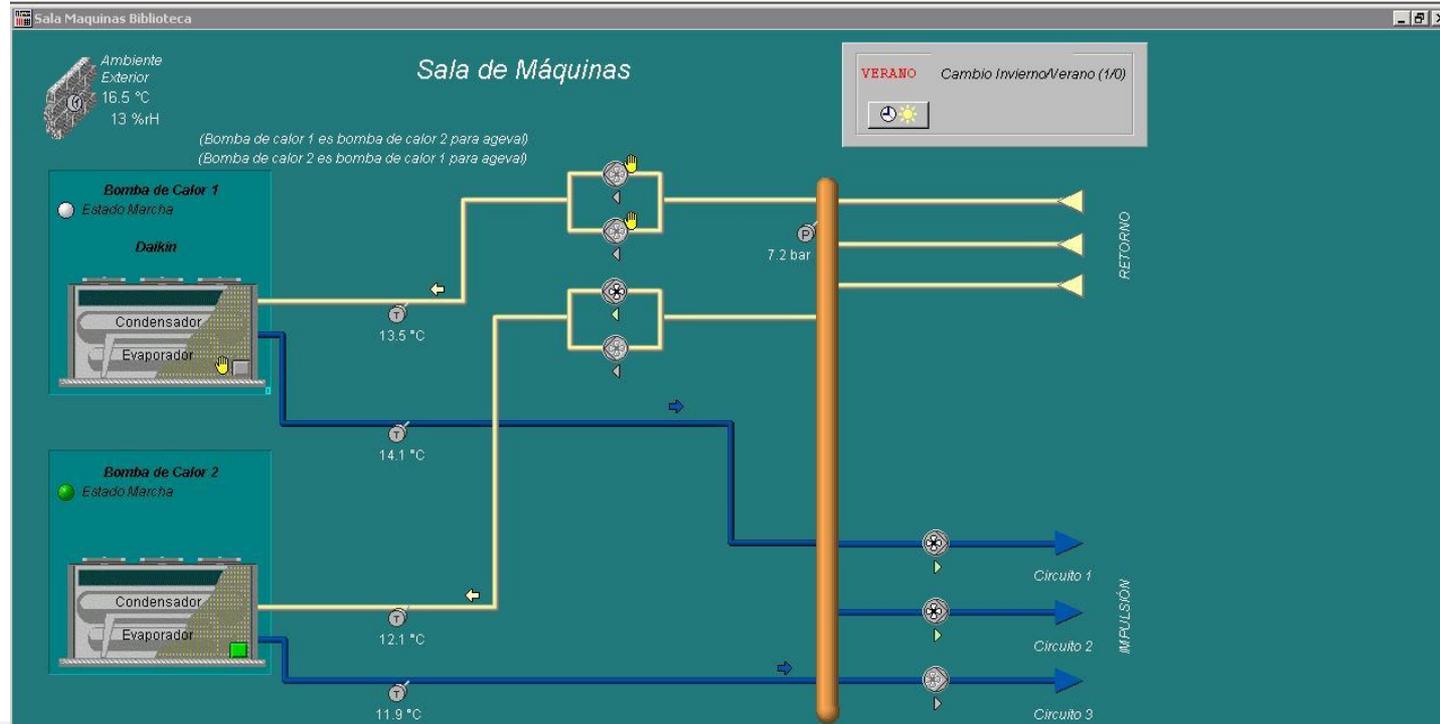
E S C E N A R I O S	Inversión	Coste	Energía	Emisiones	Tiempo
	Equipos	Operación	Eléctrica	CO <sub>2</sub>	de
	de	Anual	Consumida		Retorno
	Producción				de la
					Sobreinversión
	[€]	[€]	[kWh]	[ton CO <sub>2</sub> ]	[años]
Conexión equipos en paralelo					
1.p) Climaveneta-Carrier	243 504	38 294	294 569	191	15,7
2.p) Climaveneta-Daikin	264 478	31 780	244 461	159	8,9
3.p) Daikin-Carrier	178 642	35 863	275 869	179	2,6
4.p) 2 ud. Carrier	157 668	43 757	336 592	218	-
5.p) 2 ud. Daikin	199 616	30 520	234 769	152	3,2
6.p) 2 ud. Climaveneta	329 339	32 216	247 815	161	14,9

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

**SUSTITUCIÓN DE UNA BOMBA DE CALOR POR OTRA DE MAYOR EFICIENCIA EN EL EDIFICIO BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD JAUME I DE CASTELLÓN.**

Esquema de principio



## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

El objetivo principal de la presente actuación es el cambio de una de las dos bombas de calor existente por otra de mayor eficiencia, manteniéndose el resto de la instalación.

La selección del equipo de sustitución está basada en el alto rendimiento energético esperado, de forma que parte de la inversión venga compensada con el ahorro energético conseguido con el nuevo equipo de producción térmica.

El área útil total climatizada por las dos bombas de calor es de 9.252 m<sup>2</sup>.

Las características de la bomba de calor a sustituir son:

- Potencia Frigorífica: 270 kW
- Potencia Calorífica: 302 kW
- EER/ESEER: 2,1
- Potencia Eléctrica: 128,3 kW
- Refrigerante: R-22
- Compresor: 2 Unidades de compresor tipo alternativo semi-hermético
- Año de fabricación: 1998



## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

- Condiciones funcionales, horarios de ocupación y funcionamiento, de las distintas estancias del edificio objeto de la reforma de la planta de producción térmica.

El uso del edificio tiene un horario continuado, con una ocupación de 08:00 horas a 22:00 horas de lunes a viernes y de 08:00 horas a 15:00 horas los sábados, excepto en el mes de Agosto donde el horario es de 08:00 horas a 15:00 horas de lunes a sábado. Los domingos y festivos permanece cerrado, así como 4 semanas al año coincidiendo con el periodo durante el cual la Universitat Jaume I permanece cerrada. El horario de funcionamiento de la bomba de calor coincide con el horario de ocupación salvo en la hora de arranque de la bomba de calor que es a las 07:00 horas, con la finalidad de conseguir el régimen de temperatura adecuado. El control de funcionamiento de los equipos se rige básicamente por consignas de temperatura dependiendo de la temperatura ambiente.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

En la siguiente tabla, se indica el consumo anual de energía eléctrica, a partir del consumo anual térmico demandado por el edificio objeto y producido por la bomba de calor a sustituir, correspondiente al último año 2011:

El consumo eléctrico de la bomba de calor correspondiente al año 2011 fue de 552.918 kWh/año.

El total de energía eléctrica primaria consumida por la bomba de calor en el año 2011 ha sido de 1.221.950 kWh/año.

Teniendo en cuenta este consumo y la energía térmica producida anual, se puede observar como el **EERR global de la instalación es de 2,10**.

Meses	Consumo Eléctrico (kWh)	Consumo Térmico (kWh)
ENERO	47.787	100.543
FEBRERO	33.647	70.794
MARZO	30.172	63.482
ABRIL	31.906	68.311
MAYO	52.870	114.617
JUNIO	77.080	161.983
JULIO	69.211	140.522
AGOSTO	53.995	109.741
SEPTIEMBRE	59.824	125.553
OCTUBRE	34.013	74.201
NOVIEMBRE	29.868	62.842
DICIEMBRE	32.546	68.477
Total (kWh)	552.918	1.161.065
EERR global		2,10
Total emisiones (tCO <sub>2</sub> )	215,64	
Total Energía primaria (kWh)	1.221.950	

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

- Características y descripción técnica de la nueva bomba de calor.

La nueva bomba de calor de agua inverter de condensación por aire, con dos compresores monotornillo de regulación continua de capacidad mediante variador de frecuencia y refrigerante R-134a. Se mantiene la instalación actual, únicamente se realiza la sustitución de la bomba de calor, por lo que se seguirá distribuyendo por medio de las mismas tuberías y bombas aceleradoras a los dos circuitos que compone la actual instalación.

La selección de la bomba de calor de la presente actuación, se ha basado fundamentalmente en:

- Mejora de EER y ESEER (muy alta eficiencia estacional), así como la utilización del refrigerante R134a en detrimento del R-22, prohibido desde Enero del 2010.
- Priorizar funcionamiento circuitos y compresores en cargas parciales. Ajuste de consignas de impulsión en función de la demanda y la temperatura exterior.
- Compresores de tornillo semiherméticos. El proceso de compresión se realiza cinco veces en cada rotación del motor y, por lo tanto, la descarga del gas se realiza de modo continuo sin las pulsaciones características de los compresores alternativos. La regulación de potencia de la bomba de calor es continua a partir del 13%.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

Características más relevantes de la nueva bomba de calor:

- Potencia frigorífica: 324 kW
- Potencia calorífica: 333 kW
- EER: 2,79
- COP: 2,84
- ESEER: 4,07
- Potencia eléctrica: 116 kW
- Refrigerante: R-134a
- 2 compresores monotornillo de regulación continua.
- Ventiladores axiales: 8 unidades / 42,3 m<sup>3</sup>/s



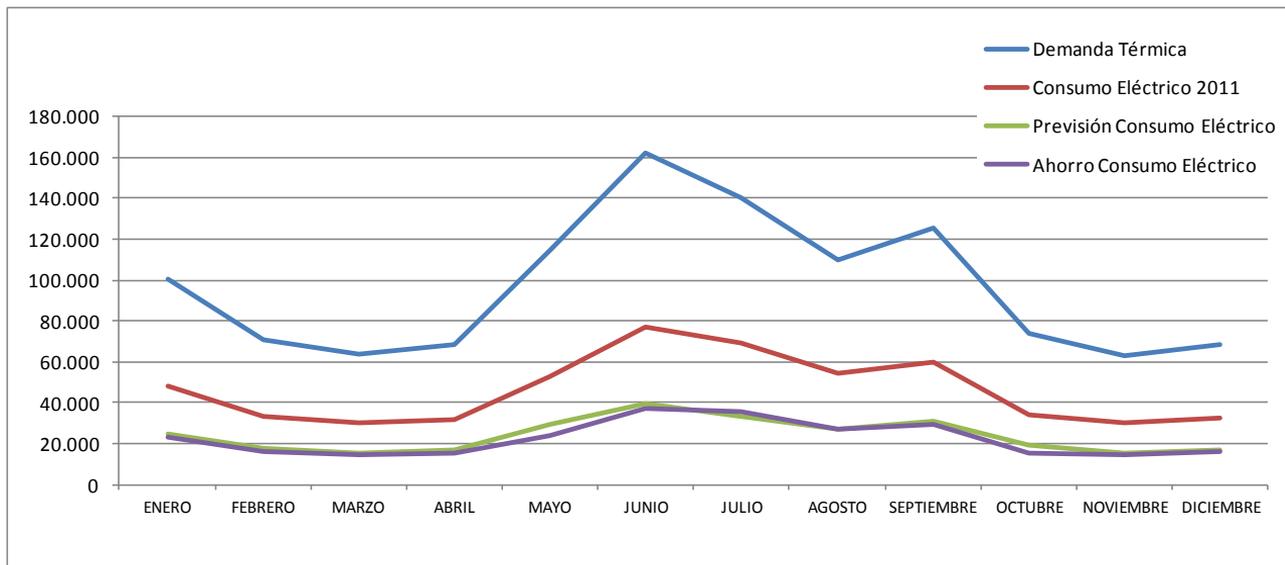
Para la previsión de consumo de energía térmica anual, se han mantenido los datos de necesidades térmicas extraídos del estudio energético realizado en el año 2011.

Para la previsión del consumo eléctrico anual, se ha tenido en cuenta como base de cálculo los datos de las prestaciones de refrigeración y calefacción del manual técnico de la nueva bomba de calor, las demandas energéticas mensuales de frío y las temperaturas de consigna de funcionamiento del equipo actual según el mes del año.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

El EER nominal de la nueva bomba de calor es de 2,79 y el COP nominal es de 2,84, según condiciones Eurovent, los cuales se verán mejorados e incrementados siempre que la temperatura exterior sea inferior a 35 °C y superior a 4 °C, y si además añadimos la mejora con la regulación continua de capacidad mediante INVERTER de los compresores de tornillo frente a la parcialización por etapas de los compresores de la actual bomba de calor, observamos una previsión de aumento del **EERR** global de la instalación hasta **4,07**.



## 4. Ejemplos.

- Cálculo justificativo del ahorro energético.

En la siguiente tabla se especifica el consumo total eléctrico de la actual unidad de producción térmica durante el último año 2011, datos obtenidos de la auditoría energética realizada, así como el consumo eléctrico previsto de la nueva bomba de calor, con el objetivo de calcular y demostrar el ahorro energético que se producirá con el cambio:

El consumo eléctrico previsto es de **285.319 kWh/año**

El total de **energía eléctrica primaria** consumida sería de **630.555 kWh/año**.

Con la actuación propuesta, se obtiene un ahorro de 23,01 tep/año en energía eléctrica final, lo que supone una reducción del **48,4%** del consumo eléctrico de la bomba de calor actual (267.600 kWh/año).

### EJEMPLO 2

Meses	Demanda Térmica (kWh)	Consumo Eléctrico 2011 (kWh)	Previsión Consumo Eléctrico (kWh)
ENERO	100.543	47.787	24.703
FEBRERO	70.794	33.647	17.394
MARZO	63.482	30.172	15.597
ABRIL	68.311	31.906	16.658
MAYO	114.617	52.870	28.975
JUNIO	161.983	77.080	39.609
JULIO	140.522	69.211	33.610
AGOSTO	109.741	53.995	26.917
SEPTIEMBRE	125.553	59.824	30.701
OCTUBRE	74.201	34.013	18.889
NOVIEMBRE	62.842	29.868	15.440
DICIEMBRE	68.477	32.546	16.825
<b>Total Energía final (kWh)</b>	<b>1.161.065</b>	<b>552.918</b>	<b>285.319</b>
<b>EERR</b>		<b>2,10</b>	<b>4,07</b>
<b>Total emisiones (tCO<sub>2</sub>)</b>		<b>215,64</b>	<b>111,27</b>
<b>Total Energía primaria (kWh)</b>		<b>1.221.950</b>	<b>630.555</b>
<b>Total Energía final (tep/año)</b>		<b>47,55</b>	<b>24,54</b>
<b>Total Energía primaria (tep/año)</b>		<b>105,09</b>	<b>54,23</b>

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

- Periodo de retorno de la inversión y ratio de ahorro.

Para el cálculo del período de retorno se ha tenido en cuenta la siguiente fórmula:

$$T(\text{años}) = \frac{I}{E - M}$$

siendo,

T = Tiempo de recuperación de la inversión (años).

I = Inversión total del proyecto (€).

E = Valor económico de la energía, sustituida o ahorrada (€/año).

M = Costes anuales de mantenimiento sin costes financieros y amortización (€).

No se ha tenido en cuenta los costes anuales de mantenimiento, ya que serían incluso inferiores a los actuales, además de estar incluidos dentro del contrato actual en vigor de mantenimiento del conjunto de edificios de la universidad.

El tiempo de retorno es de:

$$T(\text{años}) = \frac{60.912,00}{31.749,13} = 1,92 \text{ años}$$

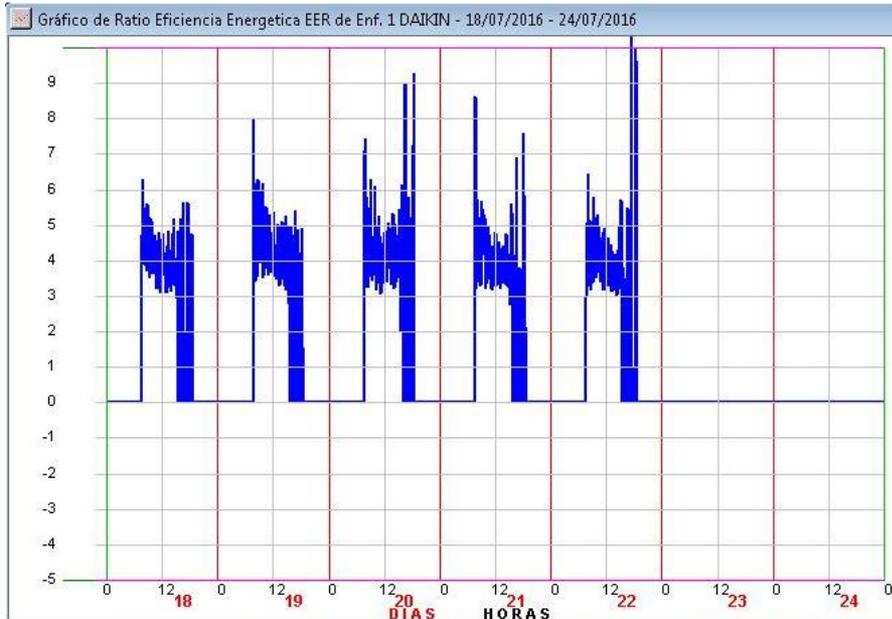
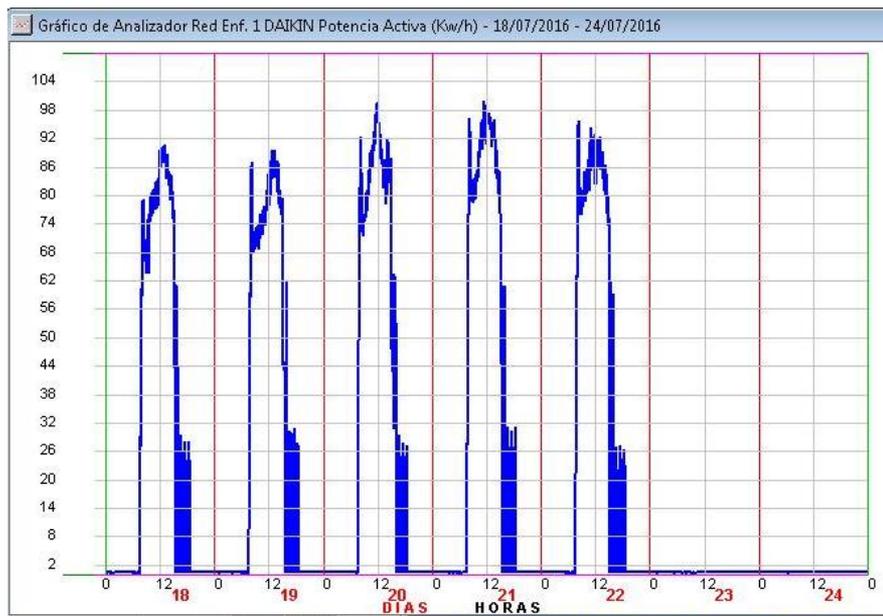
AHORRO EN ELECTRICIDAD	KWh
Ahorro anual	267.600
PRECIO	
Precio medio energía eléctrica (€/kWh)	0,118644
AHORRO ECONÓMICO	
Ahorro anual	31.749,13 €

La Universidad obtuvo un ayuda del IVACE de 13.400 euros que no se han tenido en cuenta en el cálculo de la amortización. Hay que indicar que los precios del kWh en 2012 eran inferiores a los actuales de 0,15 €/kWh

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

- Datos de seguimiento eficiencia de la nueva Bomba de Calor de Biblioteca:

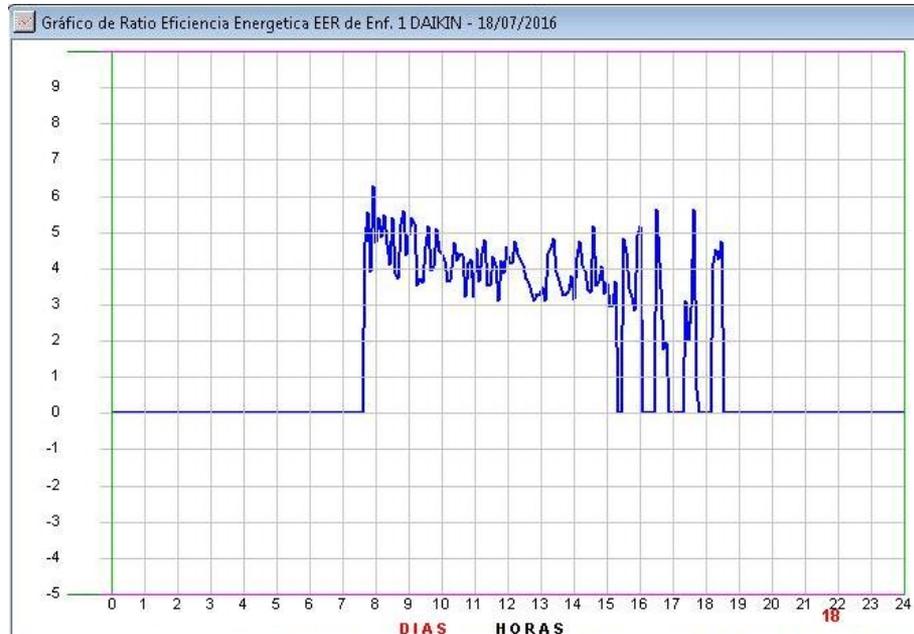
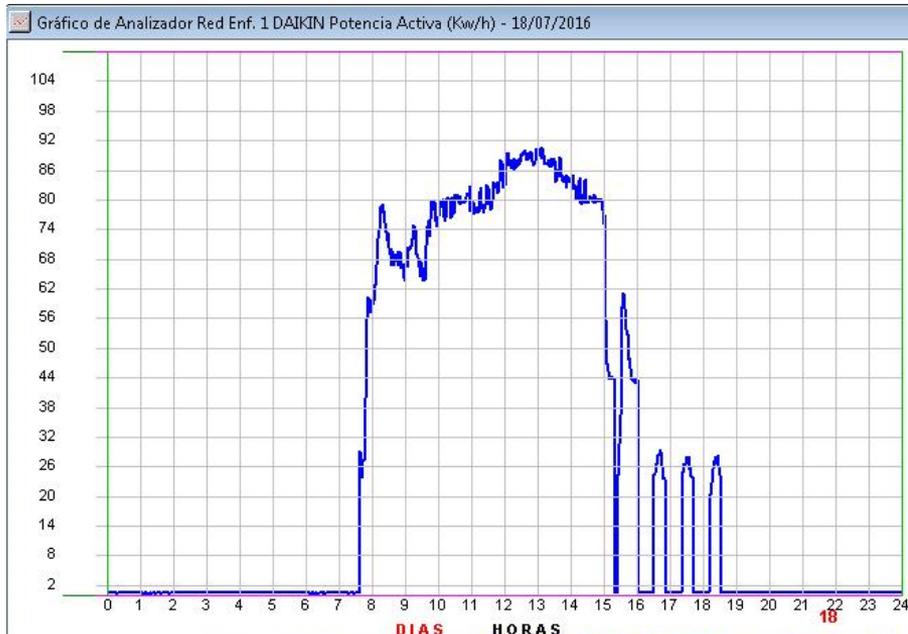


Las graficas muestran la potencia eléctrica y la eficiencia de la nueva bomba de calor en un día de verano 24/07/2016 con una temperatura exterior superior a 30 C.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

- Datos de seguimiento eficiencia de la nueva Bomba de Calor de Biblioteca:

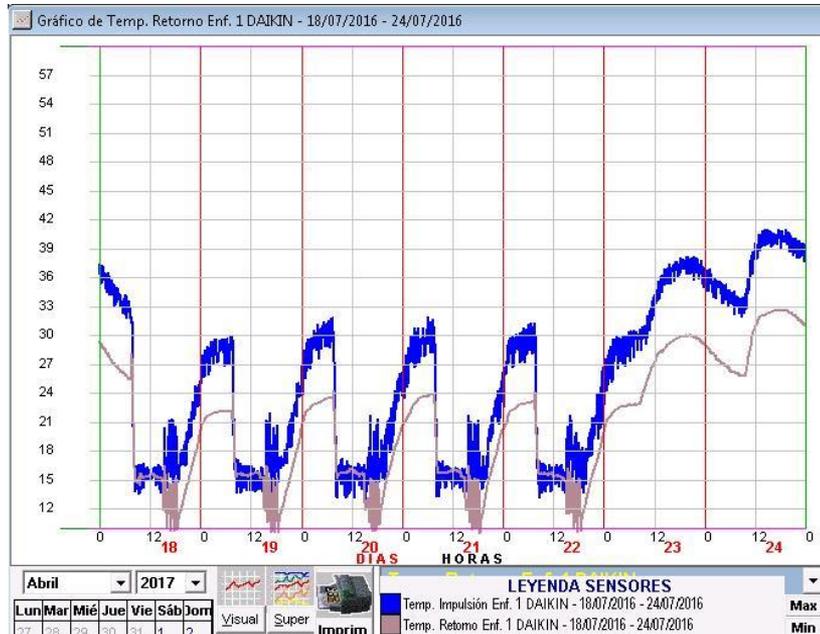
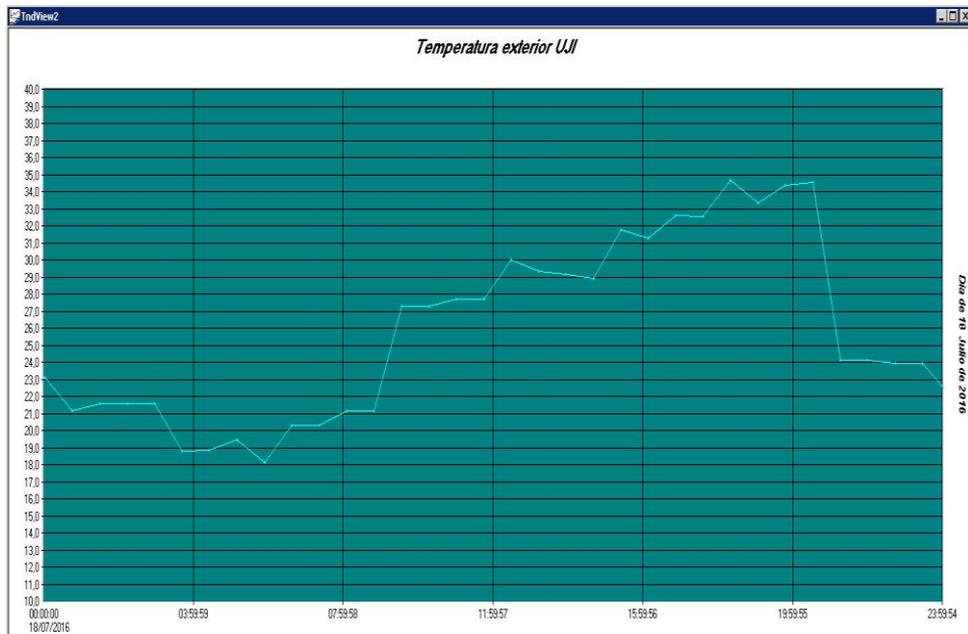


En la gràfica de la izquierda se aprecia como en el arranque es suave con el variador del compresor de tornillo. En la grafica de la derecha se aprecia como varia la eficiencia de la enfriadora siendo el EER superior a 4 trabajando con cargas parciales.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 2

- Datos de seguimiento eficiencia de la nueva Bomba de Calor de Biblioteca:



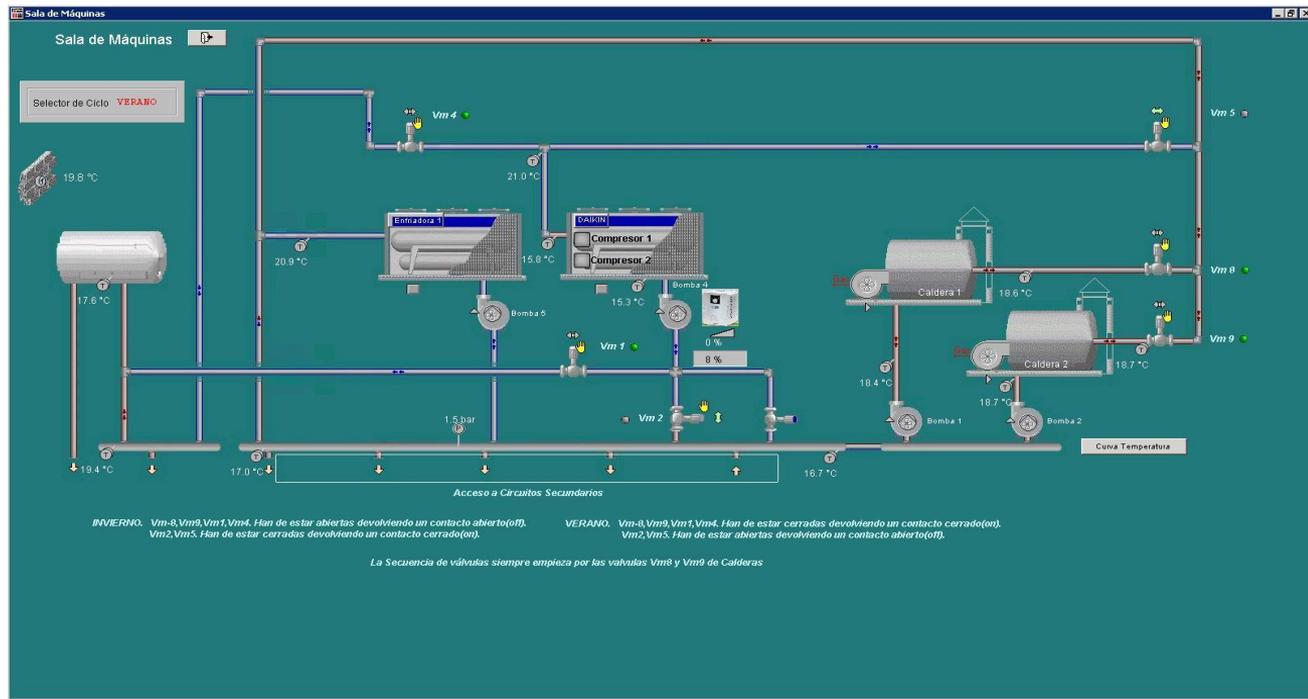
En la gràfica de la derecha se aprecia la temperatura de impulsión y retorno en el colector de agua de la sala de bombas de una semana, se aprecia el arranque de cada día a las 7:30h y la parada a las 18:30h. En la izquierda la temperatura exterior día 18 julio con máxima 35C

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

**SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA ENFRIADORA POR OTRA DE MAYOR EFICIENCIA EN EL EDIFICIO DE HUMANIDADES DE LA UNIVERSIDAD JAUME I DE CASTELLÓN.**

Esquema de principio



## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

El objetivo principal de la presente actuación es el cambio de una de las dos enfriadoras existente por otra de mayor eficiencia, manteniéndose el resto de la instalación.

La selección del equipo de sustitución está basada en el alto rendimiento energético esperado, de forma que parte de la inversión venga compensada con el ahorro energético conseguido con el nuevo equipo de producción térmica.

El área útil total climatizada por la actual enfriadora es de 13.818 m<sup>2</sup>.

Las características de la enfriadora actual:

- Potencia Frigorífica: 1.288 kW
- EER: 1,98
- Potencia Eléctrica: 651 kW
- Refrigerante: R-134a
- Compresor: 4 Unidades de compresor tipo tornillo
- Año de fabricación: 2001



## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

- Condiciones funcionales, horarios de ocupación y funcionamiento, de las distintas estancias del edificio objeto de la reforma de la planta de producción térmica.

El uso del edificio tiene un horario continuado, con una ocupación de 08:00 horas a 20:00 horas de lunes a viernes y de 08:00 horas a 15:00 horas los sábados, excepto en el mes de Agosto donde el horario es de 08:00 horas a 15:00 horas de lunes a sábado. Los domingos y festivos permanece cerrado, así como 3 semanas del mes de agosto coincidiendo con el periodo durante el cual la Universitat Jaume I permanece cerrada. El horario de funcionamiento de la enfriadora coincide con el horario de ocupación del edificio. El control de funcionamiento de los equipos se rige básicamente por consignas de temperatura, ajustadas en función de la temperatura ambiente.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

En la siguiente tabla, se indica el consumo anual de energía eléctrica, a partir del consumo anual térmico demandado por el edificio objeto y producido por la enfriadora a sustituir, correspondiente al último año 2013:

El consumo eléctrico de la enfriadora correspondiente al año 2013 fue de 439.632 kWh/año.

El total de energía eléctrica primaria consumida por la enfriadora en el año 2013 ha sido de 971.587 kWh/año.

Teniendo en cuenta este consumo y la energía térmica producida anual, se puede observar como el **EERR global de la instalación es de 1,90**.

Meses	Consumo Eléctrico (kWh)	Consumo Térmico (kWh)
ENERO	0	0
FEBRERO	0	0
MARZO	0	0
ABRIL	14.835	29.215
MAYO	57.942	112.836
JUNIO	82.485	155.710
JULIO	101.166	187.136
AGOSTO	21.209	38.721
SEPTIEMBRE	91.533	172.563
OCTUBRE	70.462	138.083
NOVIEMBRE	0	0
DICIEMBRE	0	0
Total (kWh)	439.632	834.266
EERR global	1,90	
Total emisiones (tCO <sub>2</sub> )	171,46	
Total Energía primaria (kWh)	971.587	

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

- Características y descripción técnica de la nueva bomba de calor.

La nueva enfriadora es una unidad enfriadora de agua inverter de condensación por aire, con compresores monotornillo de regulación continua de capacidad mediante variador de frecuencia y refrigerante R-134a. Se mantiene la instalación actual, únicamente se realiza la sustitución de la enfriadora, por lo que se seguirá distribuyendo por medio de las mismas tuberías y bombas aceleradoras que compone la actual instalación.

La selección de la bomba de calor de la presente actuación, se ha basado fundamentalmente en:

- Mejora de EER y ESEER (muy alta eficiencia estacional).
- Priorizar funcionamiento circuitos y compresores en cargas parciales. Ajuste de consignas de impulsión en función de la demanda y la temperatura exterior.
- Compresores de tornillo semiherméticos. El proceso de compresión se realiza cinco veces en cada rotación del motor y, por lo tanto, la descarga del gas se realiza de modo continuo sin las pulsaciones características de los compresores alternativos. La regulación de potencia de la bomba de calor es continua a partir del 13%.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

Características más relevantes de la nueva enfriadora:

- Potencia frigorífica: 972 kW
- EER: 2,77
- ESEER: 5,41
- Potencia eléctrica: 351 kW
- Refrigerante: R-134a
- 2 compresores monotornillo de regulación continua.
- Ventiladores axiales: 16 unidades / 66.458 l/s



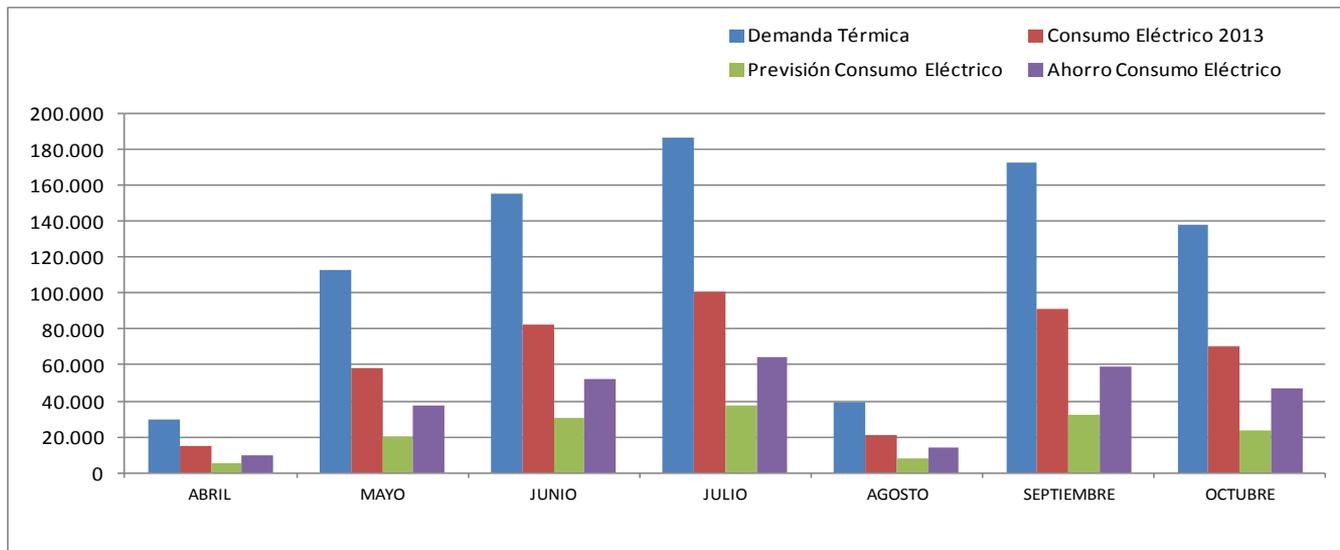
Para la previsión de consumo de energía térmica anual, se han mantenido los datos de necesidades térmicas extraídos del estudio energético realizado en el año 2013.

Para la previsión del consumo eléctrico anual, se ha tenido en cuenta como base de cálculo los datos de las prestaciones de refrigeración y calefacción del manual técnico de la nueva bomba de calor, las demandas energéticas mensuales de frío y las temperaturas de consigna de funcionamiento del equipo actual según el mes del año.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

El EER nominal de la nueva enfriadora de 2,77, según condiciones Eurovent, los cuales se verán mejorados e incrementados siempre que la temperatura exterior sea inferior a 35 °C y superior a 4 °C, y si además añadimos la mejora con la regulación continua de capacidad mediante INVERTER de los compresores de tornillo frente a la parcialización por etapas de los compresores de la actual bomba de calor, observamos una previsión de aumento del **EEER** global de la instalación hasta **5,36**.



## 4. Ejemplos.

- Cálculo justificativo del ahorro energético.

En la siguiente tabla se especifica el consumo total eléctrico de la actual unidad de producción térmica durante el último año 2013, así como el consumo eléctrico previsto de la nueva enfriadora, con el objetivo de calcular y demostrar el ahorro energético que se producirá con el cambio:

El consumo eléctrico previsto es de **155.781 kWh/año**

El total de **energía eléctrica primaria** consumida sería de **344.276 kWh/año**.

Con la actuación propuesta, se obtiene un ahorro de 24,41 tep/año en energía eléctrica final, lo que supone una reducción del **64,6%** del consumo eléctrico de la enfriadora actual (283.851 kWh/año).

### EJEMPLO 3

Meses	Demanda Térmica (kWh)	Consumo Eléctrico 2013 (kWh)	Previsión Consumo Eléctrico (kWh)
ENERO	0	0	0
FEBRERO	0	0	0
MARZO	0	0	0
ABRIL	29.215	14.835	4.934
MAYO	112.836	57.942	20.157
JUNIO	155.710	82.485	30.321
JULIO	187.136	101.166	37.256
AGOSTO	38.721	21.209	7.517
SEPTIEMBRE	172.563	91.533	32.060
OCTUBRE	138.083	70.462	23.536
NOVIEMBRE	0	0	0
DICIEMBRE	0	0	0
<b>Total Energía final (kWh)</b>	834.266	439.632	155.781
<b>EERR</b>		1,90	5,36
<b>Total emisiones (tCO<sub>2</sub>)</b>		171,46	60,75
<b>Total Energía primaria (kWh)</b>		971.587	344.276
<b>Total Energía final (tep/año)</b>		37,81	13,40
<b>Total Energía primaria (tep/año)</b>		83,56	29,61

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

- Periodo de retorno de la inversión y ratio de ahorro.

Para el cálculo del período de retorno se ha tenido en cuenta la siguiente fórmula:

$$T(\text{años}) = \frac{I}{E - M}$$

siendo,

T = Tiempo de recuperación de la inversión (años).

I = Inversión total del proyecto (€).

E = Valor económico de la energía, sustituida o ahorrada (€/año).

M = Costes anuales de mantenimiento sin costes financieros y amortización (€).

No se ha tenido en cuenta los costes anuales de mantenimiento, ya que serían incluso inferiores a los actuales, además de estar incluidos dentro del contrato actual en vigor de mantenimiento del conjunto de edificios de la universidad.

El tiempo de retorno es de:

$$T(\text{años}) = \frac{140.000,00}{34.062,12} = 4,11 \text{ años}$$

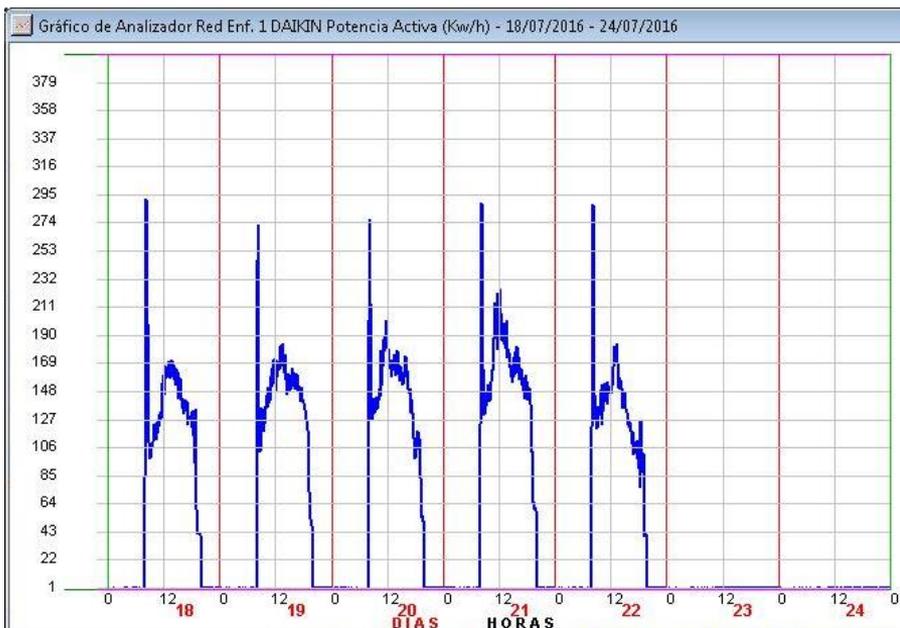
AHORRO EN ELECTRICIDAD		KWh
Ahorro anual		283.851
PRECIO		
Precio medio energía eléctrica (€/kWh)		0,12
AHORRO ECONÓMICO		
Ahorro anual		34.062,12 €

La Universidad obtuvo un ayuda del IVACE de 30.288 euros que no se han tenido en cuenta en el cálculo de la amortización. Hay que indicar que los precios del kWh en 2014 eran inferiores a los actuales de 0,15 €/kWh

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

- Datos de seguimiento eficiencia de la nueva Enfriadora de la Facultad de Humanas:

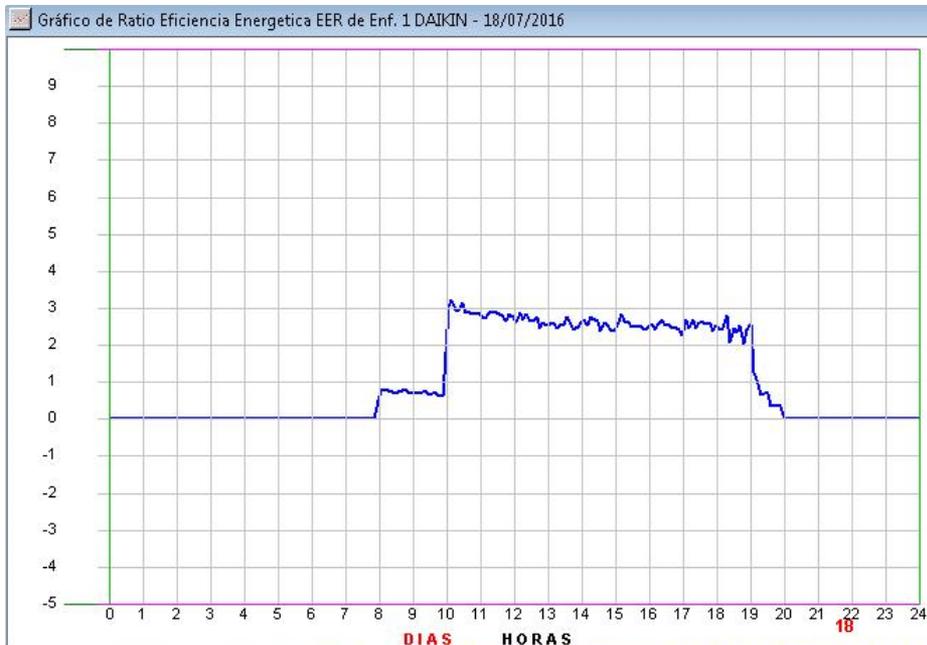


Las graficas muestran la potencia eléctrica y la eficiencia de la nueva enfriadora. De las dos enfriadoras disponibles solo está funcionando la nueva enfriadora con toda la carga térmica del edificio con una temperatura exterior superior a 30 C.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

- Datos de seguimiento eficiencia de la nueva Enfriadora de la Facultad de Humanas:

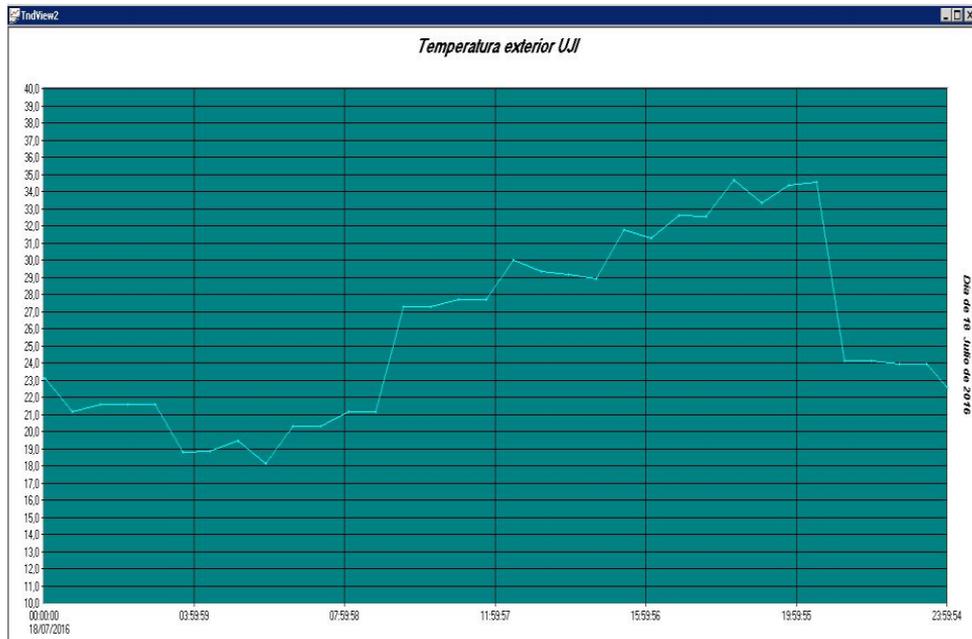


En la gráfica de la izquierda se aprecia como en el arranque es suave con el variador del compresor de tornillo con una duración de 30 minutos y una punta de consumo de 298 kw. En la grafica de la derecha se aprecia como varia la eficiencia de la enfriadora.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 3

- Datos de seguimiento eficiencia de la nueva Enfriadora de la Facultad de Humanas:



En la gràfica de la derecha se aprecia la temperatura de impulsión y retorno en el colector de agua de la sala de bombas, se aprecia como la enfriadora mantiene la consigna con las condiciones de temperatura exterior.



# 4. Ejemplos.

## EJEMPLO 4

- EJEMPLO CONTABILIZACIÓN DE CONSUMO EN PLANTA ENFRIADORA DE UN EDIFICIO DE LA UJI MEDIANTE EL SISTEMA DE GESTIÓN DESPUÉS DE LA SUSTITUCIÓN DE UNA ENFRIADORA R-22



### PANTALLA DE RENDIMIENTO ENERGETICO

#### PLANTA ENFRIADORA 1



	Tensión	Intensidad	VARIOS
Fase 1	222 V.	377 A.	84 Kw/h. Pot. Activa
Fase 2	225 V.	398 A.	0 Kw/h. Pot. Reactiva
Fase 3	224 V.	389 A.	1 Coseno de φ
	224	389	Media
	2.380		Total Energia Mes Actual
			Total Energia Mes Anterior

Potencia Frigorifica		
1.078 Kw.	927	Mcal.
Constante	Caudal	Δ Temp.°C
EER = 4 X 50 X 5,2°		
= 252		
Potencia Eléctrica (Kw)		

#### PLANTA ENFRIADORA 2



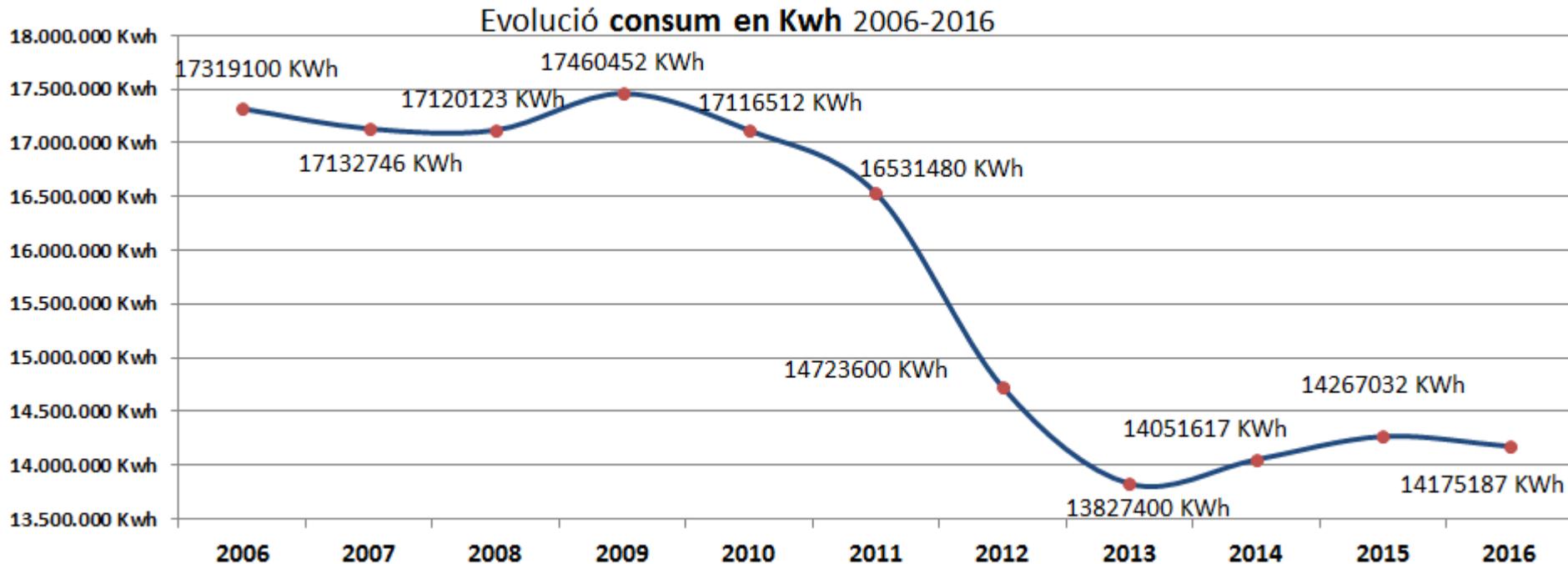
	Tensión	Intensidad	VARIOS
Fase 1	223 V.	0 A.	0 Kw/h. Pot. Activa
Fase 2	224 V.	0 A.	0 Kw/h. Pot. Reactiva
Fase 3	224 V.	0 A.	0 Coseno de φ
	224	0	Media
			Total Energia Mes Actual
			Total Energia Mes Anterior

Potencia Frigorifica		
6 Kw.	5	Mcal.
Constante	Caudal	Δ Temp.°C
EER = 4 X 11 X 0,1°		
= 0		
Potencia Eléctrica (Kw)		

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 4

- Evolución del consumo de electricidad 2006-16 (KWh) en la UNIVERSIDAD JAUME I de CASTELLÓN

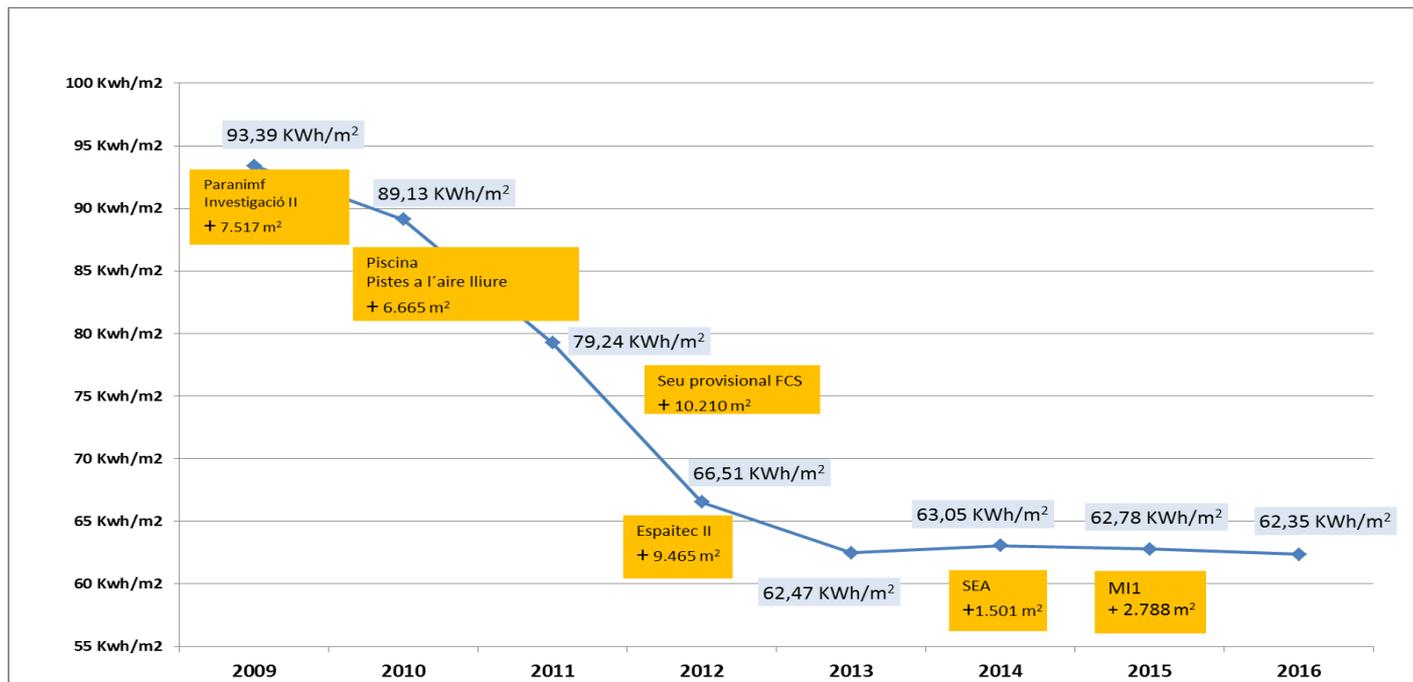


El consumo de la UIJ es un **0,68%** inferior al de 2015 (y un **18,82%** inferior al de 2009).

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 4

- Evolución del consumo de electricidad 2009-16 (KWh/m<sup>2</sup>) en la UNIVERSIDAD JAUME I de CASTELLÓN

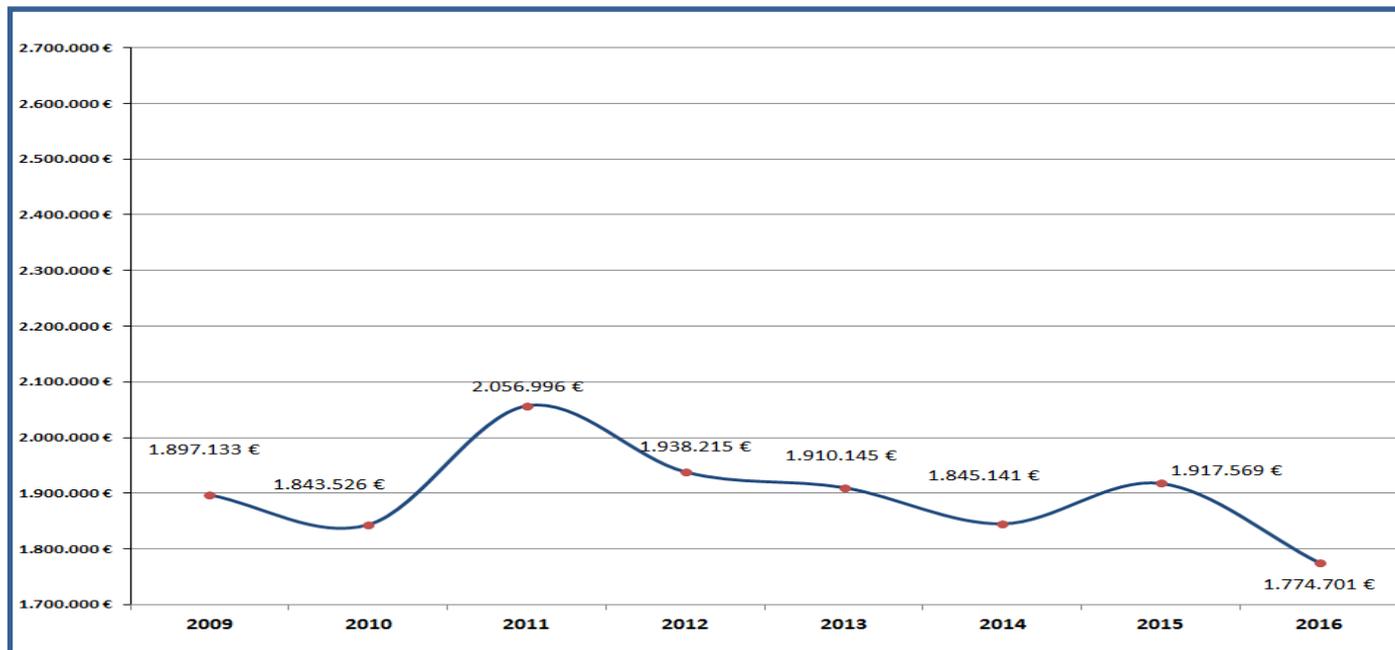


La superficie construida se ha incrementado en 38.146 m<sup>2</sup> y el valor del KWh/m<sup>2</sup> se ha reducido en un **33,23%**.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 4

- Evolución del consumo de la **electricidad 2009-2016** (€) en la UNIVERSIDAD JAUME I de CASTELLÓN



El precio de la electricidad se ha incrementado un **22,68%** desde 2006. A pesar del crecimiento del campus y las continuas subidas del precio de la electricidad, el coste desde 2009 se ha reducido un **6,45%**.

## 4. Ejemplos.

### EJEMPLO 4

- **La reducción del consumo eléctrico en la UNIVERSIDAD JAUME I DE CASTELLÓN se deben principalmente a las siguientes medidas de ahorro:**
- Sustitución de una de las dos plantas Enfriadoras y Bombas de calor en cada uno de los edificios por equipos más eficientes, con retornos de inversión de uno a tres años.
- Instalación de sondas de presencia en aulas y laboratorios para apagar los equipos terminales de climatización ( fancoils, climatizadores, equipos autónomos, etc)
- Instalación de variadores de frecuencia en bombas de agua de los circuitos secundarios de climatización.
- Instalación de variadores de frecuencia en UTAs o climatizadores de gran volúmen de caudal.



Velamos por la  
tranquilidad  
del auditor  
energético  
exigente



José Roger Dols

Universitat Jaume I  
Castellón

Tel. +34 964 72 89 11  
Email. roger@uji.es