



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**REMODELACION Y MEJORA  
DE INSTALACION FRIGORIFICA DE UN HIPERMERCADO**

**Autor:**

**VELASCO PRIETO, NOELIA**

**Tutor:**

**BLANCO CABALLERO, MOISES**

Departamento: Ciencia de los  
materiales / Ingeniería de los procesos  
de fabricación.

**Valladolid, mayo 2015.**

---

## INDICE GENERAL

---

ESTADO DEL ARTE: RESUMEN, INTRODUCCION Y OBJETIVO

INSTALACION EXISTENTE CON R404A

ALTERNATIVAS DE MEJORA Y REMODELACION

- R407F

- R449A

- R134A+ CO2 EN CASCADA

OTRAS MEDIDAS DE AHORRO ENERGETICO

FUTURO CERCANO DE REFRIGERANTES

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

**INDICE:**

<b>□ INTRODUCCION .....</b>	<b>10</b>
.1 RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	11
.2 PALABRAS CLAVE / KEYWORDS:.....	11
.3 INTRODUCCION .....	12
.4 OBJETO.....	14
<b>□ INSTALACION FRIGORIFICA EXISTENTE R404A.....</b>	<b>16</b>
1. DESCRIPCION DEL EDIFICIO Y CLASIFICACION.....	17
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO.....	18
1.1. SISTEMA DE COMPRESIÓN .....	18
1.2. SISTEMA DE CONDENSACIÓN.....	19
1.3. SISTEMA DE EVAPORACIÓN.....	20
1.4. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	24
1.5. SISTEMA DE CONTROL.....	26
1.6. ELEMENTOS DE SEGURIDAD.....	27
3. CALCULOS .....	32
3.1. CONDICIONES INTERIORES Y EXTERIORES .....	32
3.2. CARACTERISTICAS DE RECINTOS.....	33
3.3. CÁLCULOS DE CARGA DE REFRIGERACIÓN.....	35
3.4. DEFINICIÓN DE LAS CENTRALES FRIGORÍFICAS.....	39
3.5. CALCULO TUBERIAS .....	45
3.6. CALCULOS VALVULERIA .....	46
3.7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....	48
4. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO .....	52
4.1. PROTECCION CONTRA INCENDIOS.....	52
4.2. INDICACIONES DE EMERGENCIA E INSTRUCCIONES DE SERVICIO. ...	52
4.3. SALA DE MÁQUINAS.....	53
<b>□ ALTERNATIVAS DE MEJORA Y REMODELACION .....</b>	<b>54</b>
1. R407F:.....	56
1.1. GENERALIDADES EN LA SUSTITUCION DE GAS REFRIGERANTE:.....	56
1.2. DIFERENCIAS DE R407F CON EL R404A: .....	56

1.2.1.	COMPOSICION QUIMICA: .....	56
1.2.2.	ACEITES LUBRICANTES: .....	57
1.2.3.	COMPRESORES:.....	57
1.2.4.	CONDENSADORES .....	61
1.2.5.	TUBERIAS.....	62
1.2.6.	EVAPORADORES .....	66
1.2.7.	VALVULAS DE EXPANSION: .....	67
1.2.8.	ACCESORIOS SOMETIDOS A PRESION: .....	67
1.2.9.	FORMACION DE ESCARCHA EN ASPIRACION: .....	69
1.2.10.	IMPACTO DE EFECTO INVERNADERO: TEWI:.....	69
1.3.	SUSTITUCIÓN DIRECTA EN LA INSTALACION : .....	72
1.3.1.	Verificación de componentes de la instalación: .....	72
1.3.2.	Calculo del rendimiento.....	85
1.3.3.	Comparativa de ahorro energético .....	88
1.3.4.	Valoración de mejora medioambiental .....	89
1.3.5.	Valoración económica de la inversión.....	90
1.3.6.	Periodo de retorno de la inversión.....	91
1.4.	SUSTITUCIÓN Y MEJORA CON CONDENSACIÓN FLOTANTE:.....	91
1.4.1.	Descripción del sistema .....	91
1.4.2.	Estudio del diseño.....	93
1.4.3.	Calculo del rendimiento.....	93
1.4.4.	Comparativa de ahorro energético .....	94
1.4.5.	Valoración de mejora medioambiental .....	102
1.4.6.	Valoración económica de la inversión.....	102
1.4.7.	Periodo de retorno de la inversión.....	103
1.5.	SUSTITUCIÓN Y MEJORA DISMINUYENDO TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN EN POSITIVA: .....	103
1.5.1.	Descripción del sistema .....	103
1.5.2.	Estudio del diseño.....	104
1.5.3.	Calculo del rendimiento.....	104
1.5.4.	Comparativa de ahorro energético .....	105
1.5.5.	Valoración de mejora medioambiental .....	107
1.5.6.	Valoración económica de la inversión.....	107

1.5.7.	<i>Periodo de retorno de la inversión</i> .....	108
1.6.	<b>SUSTITUCIÓN Y MEJORA COMBINACIÓN DE CONDENSACIÓN FLOTANTE Y DISMINUCIÓN DE TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN EN POSITIVA:</b> .....	108
1.6.1.	<i>Descripción del sistema</i> .....	108
1.6.2.	<i>Calculo del rendimiento</i> .....	108
1.6.3.	<i>Valoración de mejora medioambiental</i> .....	118
1.6.4.	<i>Valoración económica de la inversión</i> .....	118
1.6.5.	<i>Periodo de retorno de la inversión</i> .....	119
2.	<b>R449A :</b> .....	<b>121</b>
2.1.	<b>GENERALIDADES EN LA SUSTITUCION DE GAS REFRIGERANTE:</b> ...	121
2.2.	<b>DIFERENCIAS DE R449A CON EL R404A:</b> .....	122
2.2.1.	<b>COMPOSICION QUIMICA:</b> .....	122
2.2.2.	<b>ACEITES LUBRICANTES:</b> .....	123
2.2.3.	<b>COMPRESORES:</b> .....	123
2.2.4.	<b>CONDENSADORES</b> .....	128
2.2.5.	<b>TUBERIAS</b> .....	129
2.2.6.	<b>EVAPORADORES</b> .....	131
2.2.7.	<b>VALVULAS DE EXPANSION:</b> .....	132
2.2.8.	<b>ACCESORIOS SOMETIDOS A PRESION:</b> .....	132
2.2.9.	<b>FORMACION DE ESCARCHA EN ASPIRACION:</b> .....	134
2.2.10.	<b>IMPACTO DE EFECTO INVERNADERO: TEWI:</b> .....	134
2.3.	<b>SUSTITUCIÓN DIRECTA:</b> .....	137
2.3.1.	<i>Verificación de componentes de la instalación:</i> .....	137
2.3.2.	<i>Calculo del rendimiento</i> .....	141
2.3.3.	<i>Comparativa de ahorro energético</i> .....	144
2.3.4.	<i>Valoración de mejora medioambiental</i> .....	145
2.3.5.	<i>Valoración económica de la inversión</i> .....	145
2.3.6.	<i>Periodo de retorno de la inversión</i> .....	147
2.4.	<b>SUSTITUCIÓN Y MEJORA CON CONDENSACIÓN FLOTANTE:</b> .....	147
2.4.1.	<i>Descripción del sistema</i> .....	147
2.4.2.	<i>Estudio del diseño</i> .....	148
2.4.3.	<i>Calculo del rendimiento</i> .....	148

2.4.4.	<i>Valoración de mejora medioambiental</i> .....	158
2.4.5.	<i>Valoración económica de la inversión</i> .....	158
2.4.6.	<i>Periodo de retorno de la inversión</i> .....	159
2.5.	<b>SUSTITUCIÓN Y MEJORA DISMINUYENDO TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN EN POSITIVA:</b> .....	159
2.5.1.	<i>Descripción del sistema</i> .....	159
2.5.2.	<i>Estudio del diseño</i> .....	160
2.5.3.	<i>Calculo del rendimiento</i> .....	160
2.5.4.	<i>Comparativa de ahorro energético</i> .....	161
2.5.5.	<i>Valoración de mejora medioambiental</i> .....	163
2.5.6.	<i>Valoración económica de la inversión</i> .....	163
2.5.7.	<i>Periodo de retorno de la inversión</i> .....	164
2.6.	<b>SUSTITUCIÓN Y MEJORA COMBINACIÓN DE CONDENSACIÓN FLOTANTE Y DISMINUCIÓN DE TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN EN POSITIVA:</b> .....	164
2.6.1.	<i>Descripción del sistema</i> .....	164
2.6.2.	<i>Calculo del rendimiento</i> .....	164
2.6.3.	<i>Valoración de mejora medioambiental</i> .....	174
2.6.4.	<i>Valoración económica de la inversión</i> .....	174
2.6.5.	<i>Periodo de retorno de la inversión</i> .....	174
3.	<b>R134A + CO2 ( INSTALACION EN CASCADA):</b> .....	177
3.1.	<b>GENERALIDADES DE LA SUSTITUCION DE GAS REFRIGERANTE AL R134A + CO2 (RÉGIMEN SUBCRITICO) EN INSTALACION EN CASCADA:</b> ..	177
3.2.	<b>DIFERENCIAS DE R134A CON EL R404A:</b> .....	178
3.2.1.	<b>COMPOSICION QUIMICA:</b> .....	178
3.2.2.	<b>ACEITES LUBRICANTES:</b> .....	179
3.2.3.	<b>COMPRESORES POSITIVA:</b> .....	179
3.2.4.	<b>CONDENSADORES</b> .....	183
3.2.5.	<b>TUBERIAS</b> .....	184
3.2.6.	<b>EVAPORADORES</b> .....	187
3.2.7.	<b>VALVULAS DE EXPANSION:</b> .....	187
3.2.8.	<b>ACCESORIOS SOMETIDOS A PRESION:</b> .....	188
3.2.9.	<b>FORMACION DE ESCARCHA EN ASPIRACION:</b> .....	189

3.2.10.	IMPACTO DE EFECTO INVERNADERO: TEWI:.....	189
3.3.	CARACTERISTICAS DEL CO <sub>2</sub> COMO REFRIGERANTE: .....	192
3.3.1.	CARACTERISTICAS QUIMICAS: .....	192
3.3.2.	USO DEL CO <sub>2</sub> COMO REFRIGERANTE:.....	194
3.3.3.	PRESIONES DE DISEÑO.....	197
3.3.4.	_SEGURIDAD DE USO .....	199
3.3.5.	ACEITE EN SISTEMAS DE CO <sub>2</sub> .....	201
3.3.6.	COMPATIBILIDAD DE MATERIALES .....	201
3.3.7.	CONCLUSION:.....	202
3.4.	DISEÑO DE LA CENTRAL DE NEGATIVA CON CO <sub>2</sub> :.....	202
3.4.1.	DISEÑO DE COMPRESORES:.....	204
3.4.2.	DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE EMERGENCIA .....	208
3.4.3.	DISEÑO DE CONDENSADORES/ INTERCAMBIADOR CON R134A 209	
3.4.4.	DISEÑO DE TUBERIAS .....	211
3.4.5.	EVAPORADORES .....	212
3.4.6.	VALVULAS DE EXPANSION: .....	213
3.4.7.	ACCESORIOS SOMETIDOS A PRESION:.....	214
3.4.8.	RECOMENDACIONES DE USO:.....	218
3.4.9.	CALCULO DEL RENDIMIENTO .....	219
3.4.10.	COMPARATIVA DE AHORRO ENERGÉTICO .....	221
3.4.11.	Valoración de mejora medioambiental.....	221
3.4.12.	Valoración económica de la inversión .....	222
3.4.13.	Periodo de retorno de la inversión .....	224
3.5.	SUSTITUCIÓN DIRECTA EN LA INSTALACION DE POSITIVA CON R134A: .....	224
3.5.1.	Verificación de componentes de la instalación:.....	224
3.5.2.	CALCULO DEL RENDIMIENTO .....	233
3.5.3.	COMPARATIVA DE AHORRO ENERGÉTICO.....	236
3.5.4.	Valoración de mejora medioambiental .....	236
3.5.5.	Valoración económica de la inversión.....	238
3.5.6.	Periodo de retorno de la inversión.....	239
3.6.	SUSTITUCIÓN Y MEJORA CON CONDENSACIÓN FLOTANTE:.....	239

3.6.1.	<i>Descripción del sistema</i>	239
3.6.2.	<i>Estudio del diseño</i>	240
3.6.3.	<i>Calculo del rendimiento</i>	240
3.6.4.	<i>Valoración de mejora medioambiental</i>	246
3.6.5.	<i>Valoración económica de la inversión</i>	246
3.6.6.	<i>Periodo de retorno de la inversión</i>	247
3.7.	<b>AHORRO GLOBAL INSTALACION EN CASCADA R134A + CO2:</b>	247
3.7.1.	<i>Comparativa de ahorro energético</i>	247
3.7.2.	<i>Valoración de mejora medioambiental</i>	249
3.7.3.	<i>Valoración económica de la inversión</i>	249
3.7.4.	<i>Periodo de retorno de la inversión</i>	249
<input type="checkbox"/>	<b>OTRAS MEDIDAS DE AHORRO ENERGETICO</b>	<b>250</b>
1.	<b>SUSTITUCIÓN Y ANÁLISIS DE CAMBIO DE CONDENSACIÓN POR AGUA VS CONDENSACIÓN POR AIRE:</b>	250
1.1.	<i>Descripción del sistema</i>	250
1.2.	<i>Estudio del diseño</i>	251
1.3.	<i>Calculo del rendimiento</i>	256
1.4.	<i>Comparativa de ahorro energético</i>	259
1.5.	<i>Valoración de mejora medioambiental</i>	259
1.6.	<i>Valoración económica de la inversión</i>	260
1.7.	<i>Periodo de retorno de la inversión</i>	260
2.	<b>DESESCARCHES POR GAS CALIENTE</b>	261
3.	<b>APROVECHAMIENTO DEL CALOR RESIDUAL PARA CLIMATIZACION / ACS264</b>	
4.	<b>DESCRIPCION DE EVAPORACION FLOTANTE</b>	265
<input type="checkbox"/>	<b>FUTURO CERCANO</b>	<b>266</b>
<input type="checkbox"/>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>272</b>
1.	<b>ANALISIS DE LA RECONVERSION DE R404A:</b>	273
1.1.	<i>Datos de los sustitutos del R404A</i>	273
1.2.	<i>Tablas resumen sustitución del R404A</i>	274
2.	<b>O ELECCION DEL SISTEMA OPTIMO:</b>	288
<input type="checkbox"/>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>300</b>
<input type="checkbox"/>	<b>ANEXOS</b>	<b>306</b>

.1	PROBLEMÁTICA EN INSTALACIONES FRIGORIFICAS .....	306
.2	CAMBIO LEGISLATIVO EN LAS INSTALACIONES FRIGORIFICAS .....	314
.3	DEFINICIONES DE PRINCIPALES PARAMETROS:.....	318
.4	CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS GASES REFRIGERANTES USADOS EN TRABAJO:.....	321
.5	CALCULOS DE CARGAS DE REFRIGERACION .....	322
.6	FICHAS DE SELECCIÓN Y CÁLCULO DE MAQUINARIA:.....	322
.7	PLANOS.....	322

---



# INTRODUCCION

---

## .1 RESUMEN

El presente trabajo tiene la finalidad de realizar el estudio de propuestas de mejora y remodelación de la instalación frigorífica de un hipermercado debido a la preocupación del promotor por la situación actual de los gases refrigerantes dentro del marco regulador de este tipo de instalaciones. Se describen las características, diseño y especificaciones de las posibles propuestas, comparándolo con el fluido frigorífico que se utiliza actualmente.

Concretamente, se ha realizado el diseño de la instalación frigorífica del hipermercado utilizando el R407F, el R449A y el CO<sub>2</sub> en régimen subcrítico, en una instalación de tipo cascada, sobre un circuito primario que utiliza R-134a con propuestas de mejora de la eficiencia energética una vez realizada la sustitución, valorando económicamente el ahorro obtenido. Concluyendo el trabajo con la valoración de la decisión basándose en el proceso analítico jerárquico al tratarse de una toma de decisión multicriterio.

## ABSTRACT

This Project aims to make the study of proposals for improvement and remodeling of refrigeration system of a supermarket, at the request of the promoter, due to concern about current situation of refrigerant gases within the regulatory framework for such facilities. The features, design and specifications of proposals, compared with the refrigerant currently used are described.

Specifically, it has made the design of the refrigeration system the hypermarket using R407F, the R449A and subcritical CO<sub>2</sub> system in cascade installation type, on a primary circuit using R-134a with proposals for improving energy efficiency after the substitution, economically valuing the savings achieved. Concluding project with the assessment of the decision based on the analytic hierarchy process to be a multi-criteria decision making.

## .2 PALABRAS CLAVE / KEYWORDS:

Mejora / Remodelación / Refrigerante/ Eficiencia / Normativa

Improvement / Remodeling / Refrigerant / Efficiency / Regulations

### .3 INTRODUCCION

El presente proyecto se redacta con carácter de Trabajo de Fin de Grado (TFG), para la obtención, por parte de quien lo suscribe, del título de Graduado en Ingeniería Mecánica, y según el deseo de un Promotor, que ha encargado la redacción de un *“Proyecto de mejora y remodelación de la instalación frigorífica del hipermercado situado en Talavera de la Reina, de Toledo”*.

Es iniciativa del promotor la solicitud del estudio de propuestas de reforma de la instalación frigorífica del hipermercado debido a su preocupación por la situación actual dentro del marco regulado. (Anexo 1: PROBLEMÁTICA EN INSTALACIONES FRIGORIFICAS)

Esta inquietud se fundamenta en las limitaciones de uso (DOUE-L150/195-2014) del gas refrigerante existente en su instalación, el R404A, la fuerte carga económica que conlleva la adquisición del mismo, por el impuesto que lo grava (BOE-312-2013) y la dificultad de encontrar gases sustitutos viables.

Haciendo un repaso a la historia, el cambio de refrigerantes ha ido llegando por imposición regulatoria.

A marchas forzadas, los fabricantes de refrigerantes debían ir formulando nuevos gases, que se iban introduciendo en el marco normativo (BOE-293-2001) (BOE-301-2002) y que penalizaran en menor medida el impacto ambiental en cuanto a reducción de capa de ozono y efecto invernadero. Se comenzó con la limitación de los CFC (R12, R22 ...) y HCFC's hasta llegar a su prohibición definitiva, siguiendo con la limitación de uso de los HFC's, y que será inminente la prohibición de los gases con mayor PCA como es el R404A, gas ampliamente utilizado para la sustitución del prohibido R-22.

El R404A fue un gas que entró en el mercado con gran fuerza en el campo de la refrigeración debido a su buen rendimiento y amplio abanico de aplicaciones como sustituto del R-22.

En la actualidad con la aparición del nuevo reglamento europeo de gases fluorados (F-GAS) (DOUE-L150/195-2014) y el impuesto español sobre gases fluorados (BOE-312-2013), y el cambio legislativo de regulación de las instalaciones frigoríficas (BOE-57-2011) estamos en un punto en el que el sector se ve obligado a reducir las emisiones utilizando gases refrigerantes que den cumplimiento a las exigencias, por lo que hay que buscar soluciones viables atendiendo a varios atributos clave:



Grafico 1: Atributos clave para un gas refrigerante

A lo largo del trabajo, veremos si actualmente existe algún refrigerante apropiado para todas las aplicaciones y que cumpla con los 4 atributos clave, como ocurrió con la experiencia del R22 al aparecer el R404A que cubría las necesidades en aquel momento,

Ante esta situación, sabemos que tenemos que evitar instalaciones nuevas y reconversiones con alto PCA, buscar el equilibrio, pero no a costa de la energía (energía = €€€) puesto que la eficiencia energética también supone emisiones (CO<sub>2</sub>eq).

Este es uno de los criterios a seguir, impuesto por el promotor, para el análisis y para su toma de decisión en la elección de un gas sustituto.

En los documentos que se presentan a continuación, se recogen los datos, características y diseño técnico que han sido obtenidos como resultado del análisis de las propuestas que en la actualidad pueden servir para que el promotor tome la decisión, bajo un proceso de toma de decisión multicriterio.

El documento se elabora con la ayuda de informaciones, jornadas y publicaciones técnicas, (J.T. HONEYWELL), (J.T. PECOMARK), (AEFYT), (GUIA TEC.), (BITZER), (COSTAN), (KIMIKAL), (PUBLICACIONES), así como de programas de cálculo y selección de maquinaria de los fabricantes más conocidos. (BITZER 2015), (SCELTE32 2015), (COOLSELECTOR 2 2015), (GUNTNER 2015), (SWEP 2015).

Para ello se expondrá, en el apartado de conclusiones, el análisis de las propuestas con la exposición del diagrama de jerarquías para que sea el promotor el que pueda identificar y valorar las prioridades, y que permiten marcar las líneas directrices para la materialización de las obras e instalaciones que se proyectan.

El trabajo consta de los documentos siguientes:

- Descripción de la instalación existente
- Análisis de propuestas valoradas
- Futuro cercano
- Conclusiones

#### .4 OBJETO

El objeto del presente trabajo es realizar el diseño y el cálculo de las posibilidades de remodelación y mejora en base a los criterios comentados en la introducción, de una instalación frigorífica destinada a un hipermercado existente, el cual dispone de varias cámaras frigoríficas, vitrinas y expositores destinados a almacenar productos alimenticios refrigerados y congelados antes de su venta al público en general.

Como hemos comentado, las nuevas normativas ambientales tienen como objetivo minimizar el impacto sobre el medio ambiente. Estas normativas fuerzan el cambio de muchas tecnologías, entre ellas, la del uso de refrigerantes fluorados en la refrigeración industrial.

El R404A es un gas refrigerante ampliamente usado en la refrigeración y que apareció como alternativa viable en la sustitución del prohibido R-22, sin embargo en la actualidad se ve penalizado en gran medida, debido a su próxima prohibición de uso y su elevadísimo coste de adquisición para labores de mantenimiento en caso de fugas. Por ello, en búsqueda de una solución a la problemática presentada (prohibiciones de uso por la F-GAS (DOUE-L150/195-2014) impuesto (BOE-312-2013) y falta de comercialización) vamos a tratar de estudiar las opciones de reconversiones de gases aptas para la aplicación objeto.

Para ello se analizarán los siguientes HFC en comparación con el R404A, siendo los refrigerantes actualmente existentes y candidatos a posible sustituto:

- R407F
- R449A
- R134a
- CO2

Los refrigerantes naturales como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el amoniaco y los hidrocarburos (HFO) son los candidatos para sustituir los actuales refrigerantes HFC, pero todos ellos presentan alguna desventaja. El amoniaco

es muy toxico, los hidrocarburos son inflamables y el CO2 trabaja a presiones elevadas. A pesar de ello, todos son refrigerantes con futuro, pero gracias a que no es ni toxico ni inflamable, el CO2 dentro de los refrigerantes naturales, se presenta como la mejor alternativa actual por lo que formará parte del estudio.

El objeto del proyecto se basa en el análisis de las alternativas para la mejora y remodelación de la instalación del hipermercado, analizando las propiedades de los gases refrigerantes existentes que los pueden convertir en una alternativa de futuro respecto del actual R404A. El trabajo comprende una serie de fases del análisis:

- Se hace una comparativa de cada candidato frente al existente R404A
- Se plantean las distintas configuraciones de instalación que precisan los candidatos en la instalación y se verán las condiciones de cada uno para nuestra aplicación.
- Se dimensionan todos los componentes principales de la instalación.
- Se valora la mejora de rendimiento energético y el ahorro obtenido para diferentes configuraciones de cada candidato.
- Se valora el impacto ambiental de cada uno.
- Se valora la inversión económica de la reconversión y su periodo de retorno en base al ahorro energético obtenido.

Con todo ello se llegan a las conclusiones para la resolución del diagrama de jerarquías con objeto que el promotor disponga de los datos necesarios para valorar sus prioridades del problema de decisión multicriterio.



---

# INSTALACION

## FRIGORIFICA EXISTENTE

### R404A

---

## **1. DESCRIPCION DEL EDIFICIO Y CLASIFICACION.**

Se trata de la Instalación de Frío Alimentario para atender la demanda frigorífica del mobiliario y cámaras del Centro Comercial EL CORTE INGLES de Talavera de la Reina en Toledo.

El local específico del Supermercado se encuentra ubicado en planta semisótano (a nivel intermedio entre la calzada principal de acceso al edificio y la planta sótano -1 del mismo) en la Avda. de Toledo esquina Paseo del Prado de la localidad de Talavera de la Reina (Toledo). Todo el mobiliario frigorífico se encuentra igualmente ubicado a nivel de planta semisótano del citado local comercial; las cámaras frigoríficas también se encuentran ubicadas a nivel de planta semisótano a excepción de las cámaras (c.4) “Cámara de Lácteos” y (c.19) “Cámara de Congelados General” que se encuentran ubicadas a nivel de planta sótano -2 (dos niveles por debajo del correspondiente a la calzada principal de acceso al edificio); la Sala de Máquinas de la Instalación se encuentra también a nivel de planta sótano -2 donde se ubican las centrales frigoríficas, los condensadores multitubulares de agua, las bombas de agua del circuito de condensación y el cuadro eléctrico general correspondiente a la instalación frigorífica; los aero enfriadores de intercambio térmico aire - agua del circuito de condensación se encuentran ubicados en la cubierta principal del edificio.

El sistema frigorífico se clasifica según el artículo 6 del Reglamento (BOE-57-2011), en sistema directo de tipo 2 y según artículo 8 es de Nivel 2 cumpliendo con las especificaciones para el almacenamiento de productos alimentarios (BOE-A-1985-2644)

La clasificación de los locales es de tipo Mixto (Industrial y Comercial), Comercial: Sala de Ventas situada a nivel de planta semisótano.

Industrial: Zona de cámaras.

La instalación frigorífica de cámaras y muebles frigoríficos existente es mediante dos centrales frigoríficas de compresión - condensación, una para atender los puntos de temperatura positiva y otra para los de negativa, ubicadas todas en la Sala de Máquinas de la Instalación Frigorífica.

Tanto para la central frigorífica de temperatura positiva como para la central frigorífica de temperatura negativa el refrigerante existente es el R404A perteneciente al grupo primero como refrigerante de alta seguridad (L1). ((BOE-57-2011) IF-02.4.1.3 Grupos de seguridad).

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO**

Como se ha indicado anteriormente el sistema de refrigeración empleado en esta instalación es el directo, sin circuitos auxiliares, estando el evaporador del circuito primario directamente en contacto con el medio a enfriar o a acondicionar, en este caso el interior de cámaras, laboratorios y mobiliario frigorífico.

Los distintos componentes que constituyen la instalación son los siguientes:

- Sistema de compresión.
- Sistema de condensación.
- Sistema de evaporación.
- Sistema de distribución (líneas frigoríficas y eléctricas)
- Sistema de regulación y control.

### **1.1. SISTEMA DE COMPRESIÓN**

El sistema de compresión es la parte de la instalación frigorífica que comprende la maquinaria frigorífica desde la parte de entrada de refrigerante a los compresores por la aspiración de los mismos, hasta la entrada de dicho refrigerante comprimido a los condensadores. En el caso que nos ocupa, el sistema de compresión está compuesto de dos centrales frigoríficas. Ambas centrales, tanto la de temperatura positiva como la de temperatura negativa, se ubicarán en la sala de máquinas y estarán formadas por compresores alternativos tipo semi-hermético.

En ambos casos los compresores de cada central frigorífica se montarán formando un grupo compacto e incorporando las correspondientes válvulas de servicio, sistema automático de recuperación y distribución de aceite, colectores de aspiración y descarga, presostatos y manómetros, etc., montándose aparte los recipientes de refrigerante condensado.

El conjunto completo montado sobre bancada de perfil laminado, apoya sobre amortiguadores de caucho, para evitar la transmisión de vibraciones al resto del edificio.

Las líneas de compresión en tramos ascendentes tienen doble columna para funcionamiento a carga parcial.

En cada central se encuentra instalado un panel metálico no sujeto a la bancada, que incluye los controles de seguridad de alta y baja presión y los

manómetros correspondientes, bañados en glicerina y con posibilidad de calibrado desde el exterior.

Los manómetros están conectados al sistema mediante válvulas de seccionamiento y tanto estos como los presostatos tienen conexiones de presión a base de latiguillos con recubrimiento metálico, flexibles y compatibles con el refrigerante.

#### **1.1.1. CENTRAL DE POSITIVA:**

Una Central Frigorífica para cámaras y mobiliario positivo, con las siguientes características:

Cuatro compresores alternativos semi herméticos marca BITZER modelo 6 HE-28Y, con una potencia total de 195.600 w .evaporando a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y condensando a  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con una intensidad máxima de funcionamiento de de 53,2 A y utilizando refrigerante R-404A.

Estos compresores van montados en paralelo estando provistos de reducciones de capacidad 33-66-100%

La Central está dotada de recipiente de líquido con un volumen capaz para 750 litros.

#### **1.1.2. CENTRAL DE NEGATIVA:**

Una Central Frigorífica para cámaras y mobiliario negativo con las siguientes características:

Cinco compresores alternativos semi herméticos marca BITZER modelo 4 FE-28Y,, con una potencia total de 58.450 w .evaporando a  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  y condensando a  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con una intensidad máxima de funcionamiento de de 52,8 A y utilizando refrigerante R-404A.

Estos compresores están montados en paralelo estando provistos de reducciones de capacidad 50-100%.

La Central está dotada de recipiente de líquido con un volumen capaz para 500 litros.

### **1.2. SISTEMA DE CONDENSACIÓN**

El sistema de condensación es la parte de la instalación que comprende la maquinaria frigorífica desde la entrada de los condensadores hasta la salida del recipiente de líquido, con sus accesorios correspondientes.

Los condensadores frigoríficos son del tipo multitubular de condensación por agua y están ubicados en la sala de máquinas de la instalación frigorífica de las siguientes características:

Un condensador enfriado por agua, tipo multitubular, para la central frigorífica de temperatura positiva con un rendimiento de 480,00 Kw y una diferencia entre la temperatura de entrada de agua y la temperatura de condensación de 3 °C.

Un condensador enfriado por agua, tipo multitubular, para la central frigorífica de temperatura negativa con un rendimiento de 170,00 Kw y una diferencia entre la temperatura de entrada de agua y la temperatura de condensación de 3 °C.

Dos aero enfriadores aire – agua para condensación de las centrales frigoríficas positiva y negativa con un rendimiento de 748,80 Kw y una diferencia entre la temperatura de entrada de aire y la temperatura de salida de agua de 6 °C.

Dos bombas gemelas de agua para el circuito de condensación, del tipo centrífugo, para recirculación de agua entre los aeroenfriadores y los condensadores de agua multitubulares, con un caudal unitario de 180.000 litros/hora y una potencia eléctrica de 22 Kw c/u.

La regulación y control de la condensación se realiza por medio de un equipo de control electrónico que a través de un transductor de alta presión envía una señal a una válvula de tres vías que impulsa agua hacia los condensadores multitubulares o bypass los mismos. Independientemente de ello por medio de variadores de frecuencia ubicados en los sub-cuadro de aero enfriadores se actúa sobre las revoluciones de los ventiladores de los mismos para conseguir la temperatura de agua adecuada al funcionamiento de la instalación en cada momento.

Las líneas de refrigerante líquido generales, a la salida de cada recipiente de condensados, disponen de filtros deshidratadores, antiácido de cartuchos recambiables con capacidad suficiente para la potencia total de las centrales en las condiciones de trabajo que se citan más adelante y con “bypass” para cambio de elementos filtrantes sin necesidad de parar el funcionamiento de la Central Frigorífica.

Las líneas de refrigerante líquido generales llevan un visor con señalización de humedad, de dimensión en diámetro igual a la de dicha línea.

### **1.3. SISTEMA DE EVAPORACIÓN**

El sistema de evaporación comprende los evaporadores para el enfriamiento de cada uno de los servicios frigoríficos, tanto recintos (cámaras y obradores) como mobiliario expositor de productos. Estos evaporadores están constituidos cada uno por una batería de tubos de cobre y aletas de aluminio, con colectores de entrada y salida, contenidos en carcasa metálica con dispositivo de bandeja para recogida de goteo del deshielo de los mismos, unida mediante tuberías de PVC al sistema de desagüe y saneamiento de la actividad.

Cada uno de estos evaporadores lleva sistema de circulación forzada de aire mediante uno o varios ventiladores helicoidales directamente acoplados en la carcasa de los mismos.

Su desescarche es siempre automático, ajustando los parámetros de tiempo y temperatura de final de desescarche. En los casos de temperatura de 0°C, el desescarche se realiza, mediante resistencias eléctricas, mientras que para los casos de temperaturas superiores a +2°C es por parada simple, mediante cierre de la válvula de solenoide de líquido y funcionamiento de los electro ventiladores. En los evaporadores de congelación, el desescarche se hace igualmente por medio de resistencias eléctricas.

En el mobiliario los ventiladores de evaporadores funcionan también en el periodo de desescarche, tanto en temperatura positiva como en negativa.

El agua recogida por la bandeja de los evaporadores de cámaras y obradores se canaliza a través de tubería de PVC sanitario, blanco, intercalando sifones desmontables que impidan olores y faciliten la limpieza.

El control de temperatura así como el control de desescarche se realiza tanto en cámaras como en mobiliario, mediante termómetros-termostatos electrónicos digitales, uno por cada servicio de frío.

El mobiliario frigorífico está dotado de un punto de control por cada tres módulos.

El sistema de regulación y control del funcionamiento de compresores se realiza mediante autómatas electrónicos, programable tanto en niveles de presión de aspiración como en tiempos de retardo, lo cual permite ajustar en todo momento la curva de entrega de potencia a la demanda de los servicios, y asegurar un tiempo mínimo de seguridad, para evitar paradas y arranques muy sucesivos.

Los evaporadores existentes en la instalación son los siguientes: (SCELTE32 2015)

	LOCAL	EVAPORADORES	DT CON KVP	Tª	MODELO R404A	CAPACIDAD KW R404A	CAPACIDAD CIRCUITO DM3	PASO DE ALETAS mm	DESECARCHE ELECTRICO W	Nº VENT	DIAMETRO mm	FLECHA DE AIRE m	POTENCIA TOTAL W
1	C. FRUTAS.	CUBICO AIRE	6	4/6	CTE-351-E4	3,63	3,3	4	0	1	350	14	185
2	C. PESCADO	CUBICO ED	7	0/2	CTE-63-M6 ED	3,156	4,23	6	1800	3	250	12	225
3	C. RESIDUOS.	CUBICO ED	6	4/6	CTE-20-M6 ED	1,024	1,56	6	750	1	250	8,5	75
4	C. LACTEOS	CUBICO ED	7	2/4	CTE-96-M 6ED	4,996	6,17	6	2700	2	315	15	190
5	C. CARNES	CUBICO ED	7	0/2	CTE-351-E4 ED	3,718	3,3	4	1750	1	350	14	185
6	C. EMPACADOS	CUBICO ED	8,5	2/4	CTE-29-M6 ED	1,72	2,34	6	750	1	250	7,5	75
7	C. AVES	CUBICO ED	7	0/2	CTE-41-M6 ED	2,108	2,89	6	1275	2	250	10	150
8	C.PROD.TERMIN.	SEMIPLAFON AIRE	7	2/4	MIC-200	1,246	1,92	4,5/9	0	2	230	2,5	106
9	C. QUESOS	CUBICO ED	6	2/4	CTE-20-M6 ED	0,961	1,56	6	750	1	250	8,5	75
10	C. CHARCUTERIA.	CUBICO ED	7	2/4	CTE-29-M6 ED	1,416	2,34	6	750	1	250	7,5	75
11	C. PASTELERIA.	CUBICO ED	8,5	0/2	CTE-20-M6 ED	1,273	1,56	6	750	1	250	8,5	75
12	C. ENVIOS	CUBICO ED	8,5	2/4	CTE-41-M6 ED	2,738	2,89	6	1275	2	250	10	150
13	C CONSIGNA.	SEMIPLAFON AIRE	8,5	2/4	MIC-100	0,757	1	4,5/9	0	1	230	2,5	53
14	L. CHARCUTERIA.	PLAFON	8,5	10/12	EVS-290	2,129	1,61	3,5/7	0	3	200	4	159
15	L. CARNES.	PLAFON	8,5	10/12	MTE-23-H4	2,553	1,6	4	0	2	250	7	190
16	L. PLATOS PREP.	PLAFON	8,5	10/12	EVS-290	2,129	1,61	3,5/7	0	3	200	4	159

17	L. PICADO CARNE.	SEMIPLAFON AIRE	8,5	10/12	MIC-100	0,83	1	4,5/9	0	1	230	2,5	53
18	L. PESCADO	PLAFON	8,5	10/12	MTE-34-H4	4,478	3,4	4	0	3	250	7	285
19	C. CONGEL. GENERAL	CUBICO ED		-20/-22	CTE-351-E8 ED	2,887	3,3	8,5	1750	1	350	16	185
20	C. CONGEL. ENVIOS	CUBICO ED		-20/-22	CTE 23 L8 ED	1,148	2,34	8,5	750	1	250	8	75
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	CUBICO ED		-20/-22	CTE-16-L8 ED	0,951	1,56	8,5	750	1	250	9	75
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	SEMIPLAFON AIRE		-20/-22	EVS-130/B ED	0,667	0,8	4,5/9	650	2	200	4,5	106

#### **1.4. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

Para el estudio de las distintas líneas del circuito frigorífico, se ha tenido en cuenta de manera especial la velocidad del refrigerante en los diversos casos de reducción de capacidad, con el fin de conseguir en las condiciones más adversas una velocidad suficiente para garantizar el retorno de aceite a las Centrales Frigoríficas, teniendo en cuenta que la pérdida de carga en las mismas sea aceptable, dadas las distancias existentes entre servicios y sala de máquinas. Existen cuatro líneas generales para Temperatura Positiva y dos para Temperatura Negativa.

En el sistema de distribución, las líneas tanto frigoríficas como eléctricas, correspondientes al mobiliario de la sala de ventas, van en parte por el techo de la sala de ventas y en parte enterradas por la misma, con bandeja galvanizada ciega pintada y soportada mediante varillas bajo el perfil metálico que sustenta las instalaciones, junto con la bandeja de la instalación eléctrica y separadas físicamente entre ellas, hasta la entrada en la sala de máquinas, ambas bandejas irán pintadas en blanco en el transcurso de la sala de ventas.

Las líneas que discurren por la sala de ventas bajan en los pilares más próximos a cada servicio frigorífico hasta una cata en el suelo que las cubre hasta el sitio deseado, desde donde se abastece a los distintos puntos de consumo.

Las válvulas tienen su soporte específico.

Para las cámaras, obradores y algunos muebles frigoríficos del frente de percederos hay un trazado tanto eléctrico como frigorífico, sobre cámaras y discurrendo sobre el techo de estas con las caídas adecuadas, al objeto de facilitar el retorno de aceite hacia las centrales frigoríficas.

Para el tendido de la tubería se han tenido en cuenta todas las normas de la instalación, conducentes a conseguir el retorno de aceite a las centrales, prestando atención a la pendiente de las líneas de aspiración y la instalación trampas de aceite y dobles columnas en tramos ascendentes de líneas de aspiración con posibilidad de funcionamiento a carga parcial.

Toda la instalación de tubería, con sus accesorios y acoplamientos necesarios, está soldada en atmósfera inerte con aleación de cobre + plata + fósforo, (mínimo 5% Ag, para cobre-cobre o cobre-latón) y cobre + plata + zinc + estaño (mínimo 30% Ag para cobre o latón-acero), sin uniones roscadas salvo en los latiguillos de toma de presión de las centrales y en la entrada a las válvulas de expansión que tienen el acoplamiento de latón específico para soldar el tubo de cobre.

Cada uno de los circuitos que parten de la sala de máquinas (líquido y aspiración) llevan sus válvulas de corte manual, (tipo bola) para ser independizarlos en caso de necesidad, tienen debidamente identificados los servicios a que atienden y son el mismo número de líneas de aspiración que en líquido. Se disponen igualmente válvulas de corte en cada uno de los puntos de consumo o servicio, así como filtro mecánico en la línea de líquido. En esta instalación se utiliza tubo de cobre deshidratado calidad frigorífica, hasta la sección de 3 1/8".

Para líneas de descarga hasta condensadores se utiliza tubo de acero estirado sin soldadura DIN 2440 pintado con dos manos de imprimación y una de acabado.

El aislamiento en todas las tuberías de aspiración de ambas centrales, líneas de líquido subenfriado de la de temperatura negativa y en sus elementos asociados, por medio de coquilla de espuma elastomérica a base de caucho sintético, de celdas cerradas, autoextinguible, con un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua,  $\mu \geq 7.000$ , una conductividad térmica,  $\lambda 0^\circ\text{C} \leq 0.035 \text{ w / (m . K)}$ , y reacción al fuego M1 según UNE23727, con acabado exterior liso de espesor nominal creciente 19 a 26 m/m (tipo M de Armaflex) para la aspiración de servicios de temperatura positiva y líquido subenfriado de servicios de temperatura negativa, y de 25 a 32 m/m (tipo R de Armaflex) para la aspiración de los servicios de temperatura negativa.

Los apoyos de la tubería aislada son con abrazaderas aisladas tipo ARMAFIX AF de Armacell, uno por apoyo transversal cuando no haya bandeja y uno cada 2 metros en caso de apoyo directo sobre bandeja.

Las juntas están selladas con cinta adhesiva del mismo material, para evitar condensaciones en los puntos singulares.

Toda la tubería, aislada o no, instalada en la sala de máquinas va pintada con los colores normalizados que corresponden.

Para el cálculo de las líneas frigoríficas se han seguido los siguientes criterios: (COOLSELECTOR2 2015)

- Pérdidas de carga (dinámicas y estáticas) y velocidades admisibles

- **Tuberías de aspiración:**

- Pérdidas de carga:

Temperaturas equivalentes de $-7$ a $-13^\circ\text{C}$	0.20 a 0.17 bar (1.5 K)
Temperaturas equivalentes de $-28$ a $-35^\circ\text{C}$	0.075 a 0.06 bar (1 K)

- Velocidades, tramos ascendentes:

Temperaturas equivalentes de entre  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$       6 a 10 m/s

Temperaturas equivalentes de entre  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$       9 a 13 m/s

- Velocidades, tramos horizontales o descendentes:

Temperaturas equivalentes de entre  $-7$  y  $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$       5 a 7 m/s

- **Tuberías de descarga:**

Perdida de carga admisible      0.35 bar (1K)

Velocidad en tramos horizontales o descendentes      3 a 4 m/s

Velocidad en tramos verticales ascendentes      6 a 9 m/s

- **Tuberías de líquido:**

Perdida de carga admisible      0.35 a 0.4 bar (1K)

Velocidad condensador a recipiente, máxima      0.5 m/s

Velocidad resto de líneas      0.5 a 0.8 m/s

### **1.5. SISTEMA DE CONTROL**

El sistema de control de la instalación frigorífica se realiza mediante sistema de módulos electrónicos microprocesados para los servicios frigoríficos uno para cada cámara y uno por cada tres módulos de mobiliario del mismo lineal sin separador vertical, y centralitas multifunción para control de capacidad de las centrales frigoríficas, todos ellos tienen la posibilidad de comunicación entre sí y con un P.C. existente en el despacho del Responsable de Mantenimiento son “software” adecuado para la visualización y modificación de parámetros, regulaciones y alarmas desde el puesto, marca ELIWELL, TELEVIS NET para 224 aparatos. Se instala un puesto de repetición “solo lectura” para recepción de alarmas, en el Puesto de Permanente de Seguridad.

Los lineales con más de un módulo de control está configurado de manera que uno sea el “maestro” para la gestión de desescarches, siendo este el que regule la frecuencia y hora de los mismos.

Se evitarán los ciclos cortos de los compresores en caso de paro por avería eléctrica o frigorífica.

Los elementos terminales de control electrónicos gestionan los periodos de desescarche, de forma escalonada para evitar consumos punta.

Cada servicio está controlado por un sensor de temperatura ambiente para consigna y uno de final de desescarche en el caso de que éste sea con resistencias de apoyo y tenga un solo evaporador. En caso de más de un evaporador con el mismo control se utiliza una segunda sonda de final de desescarche para otro de los evaporadores.

El tiempo y el número de desescarches se fijan según las necesidades y temperatura ambiente de conservación necesaria en las cámaras y obradores y por los requerimientos facilitados en cada caso por los fabricantes de los muebles frigoríficos, siendo modificable por el instalador de acuerdo con aquel en caso de que la experiencia lo aconseje.

Las cámaras y laboratorios disponen de un indicador digital de temperatura interna marca ELIWELL mod. EM 300 PTC/NTC 230 V., o similar.

Las alarmas requeridas por el sistema de cierre nocturno se gestionan a través de módulos tipo EWTV 280 dejando las bornas libres de tensión para hacer seguir.

Así mismo el sistema está preparado para implementar telegestión en cualquier momento.

El sistema de control almacena registros históricos de temperaturas y cada una de las variables y parámetros de diseño de los servicios, siendo posible obtener informes impresos por lo que se dispone de una impresora con sistema láser.

## **1.6. ELEMENTOS DE SEGURIDAD**

### **1.6.1. PROTECCION CONTRA SOBREPRESIONES**

Hay válvulas de seguridad contra sobrepresiones en todos los elementos que lo requieren de acuerdo a los requerimientos de Reglamento de Instalaciones Frigoríficas (BOE-57-2011), Reglamento de Recipientes a Presión (BOE-A-2009-1964) y normativa vigente (BOE-A-2007-15820), (BOE-A-2002-18099)

Dado que la carga de refrigerante, dividida por el volumen de la sala de máquinas supera los límites de concentración de la instrucción MI-IF-004 (BOE-57-2011) ( $0,41 \text{ Kg./m}^3$ ), es necesaria la instalación de un detector de fugas de refrigerante que avise óptica y acústicamente de cualquier escape, como se indica en la instrucción correspondiente.

Cada recipiente de líquido y separador de aceite, dispone de válvulas de

seguridad dobles, conectadas a través de una válvula de tres vías, de modo que en todo momento exista una de las válvulas de seguridad en conexión con el recipiente

Tal y como indica la instrucción IF-08 (BOE-57-2011) la capacidad mínima de descarga del dispositivo de alivio, válvulas de seguridad, requerida por un depósito a presión deberá ser determinada por la ecuación:

$$Q_m = (\rho \cdot A / h_{vap}) \cdot 3600 =$$

Donde

$Q_m$  = capacidad mínima de descarga requerida del dispositivo de alivio en kilogramos de refrigerante por hora;

$\rho$  = densidad de flujo térmico establecido en 10 kW/m<sup>2</sup>;

$A$  = superficie exterior del recipiente en metros cuadrados;

$h_{vap}$  = calor latente específico de evaporación del refrigerante, en kilojulios por kilogramo, calculado a una presión de 1,1 veces la presión de tarado del dispositivo.

Las válvulas de seguridad, no deben estar taradas a presión superior a la de timbre ni a 1,2 veces la de estanqueidad. Estas válvulas disponen del reglamentario precinto como garantía de su correcto tarado.

La tubería de descarga es de la sección necesaria para que no se produzca una sobrepresión tal que pueda anular la acción de la válvula, por lo tanto tendremos para la válvula de seguridad del recipiente

$$L = 0,0846 \cdot (P_t^2 \cdot d^5) / C^2$$

$L$  = longitud de la tubería de descarga (m)

$P$  = presión de tarado (kg/cm<sup>2</sup>) x 1,1 x 1,033

$d$  = diámetro interior de la tubería (cm)

$C$  = caudal mínimo de aire requerido en la descarga (kg/min)

La descarga se hace al exterior del edificio en lugar ventilado y alejado de aberturas, locales y de escapes de fuegos y humos.

Las válvulas de seguridad y discos de rotura se instalan sin válvulas de paso o seccionamiento, que puedan impedir su libre funcionamiento en cualquier

circunstancia.

Hay presostatos limitadores de presión que, de forma automática, paren la instalación. Estos limitadores no están tarados a presión superior al 90% de la de las válvulas de seguridad del sector de alta presión. La conexión del elemento captador del limitador está situado en un punto del circuito de alta presión tal que no exista ninguna válvula de seccionamiento desde la descarga del compresor.

#### **1.6.2. CÁMARAS ACOND. PARA FUNCIONAR A TEMPERATURAS BAJO CERO.**

En las cámaras acondicionadas para funcionar a temperatura bajo cero, se disponen junto a la puerta, y por su parte interior, dos dispositivos de llamada (timbre, sirena o teléfono), uno de ellos conectado a una fuente propia de energía (batería de acumuladores, etc.) convenientemente alumbrados con un piloto y de forma que se impida la formación de hielo sobre aquél. Este piloto está encendido siempre que estén cerradas las puertas y se conectará automáticamente a la red de alumbrado de emergencia, caso de faltar el fluido a la red general.

#### **1.6.3. CÁMARAS ACOND. PARA FUNCIONAR A TEMPERATURA INFERIOR A -5°C**

Además de lo indicado en el punto anterior, en las cámaras acondicionadas para funcionar a temperatura inferior a -5°C, las puertas llevan dispositivos de calentamiento, los cuales se ponen en marcha siempre que funcione la cámara correspondiente por debajo de dicha temperatura, no existiendo interruptores que puedan impedirlo.

Además de disponerse de un hacha de tipo bombero y el sistema de alarma de hombre encerrado.

#### **1.6.4. CÁMARAS ACOND. PARA FUNCIONAR A TEMPERATURA INFERIOR A -20°C**

Como se ha indicado anteriormente, las tres cámaras de congelados existentes en la instalación, tienen una temperatura de funcionamiento inferior a -20°C. En estos locales se cumplirá, además de lo indicado anteriormente, lo que se señala para las instalaciones en locales de muy baja temperatura en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y en sus Instrucciones Técnicas complementarias.

En todas las cámaras susceptibles de funcionar a temperaturas bajo cero se dispondrá el desagüe del evaporador con conexión desmontable, tubo de cobre 25 m/m o mayor, pendiente mínima de 45°, sin sifón en el interior de la cámara, aislado y calefactado durante el periodo de desescarche, más un tiempo de goteo. En estos recintos la acometida del desagüe a la red de saneamiento estará situada en el exterior del mismo, en zona donde la temperatura no pueda alcanzar los 0°C.

#### **1.6.5. COMUNICACIONES CON EL RESTO DEL EDIFICIO**

Según el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas (BOE-57-2011), cualquier abertura o comunicación de una sala de máquinas con el resto del edificio a que pertenece debe estar dotada de puertas o ventanas debidamente ajustadas, de modo que impida el paso de escapes de refrigerante.

En nuestro caso las únicas aberturas existentes en la sala de máquinas serán los pasos de tuberías, que están debidamente sellados, y la puerta de acceso a la sala de máquinas desde el pasillo de oficinas que será estanca y resistencia al fuego de 120 al igual que los paramentos, techo y suelo.

En la sala de máquinas existe un esquema de principio de toda la instalación en formato que permita su emplazamiento mural y la consulta permanente del mismo, con todos los elementos claramente identificados.

En cada una de las Centrales Frigoríficas, existe una placa metálica en lugar bien visible, con el nombre del instalador, presión máxima de servicio, carga máxima de refrigerante para la cual se ha proyectado y construido, y año de fabricación.

En el interior y exterior de la sala de máquinas existe un cartel con las siguientes indicaciones:

- A) Instrucciones claras y precisas para el paro de la instalación, en caso de emergencia.
- B) Nombre, dirección y teléfono de la persona encargada y del taller o talleres para solicitar asistencia.
- C) Dirección y teléfono del servicio de bomberos más próximo a la instalación o planta.

#### **1.6.6. VENTILACIÓN DE LA SALA DE MÁQUINAS**

La sala de máquinas tendrá medios suficientes de ventilación al exterior, que

podrá ser natural o forzada, según la IF-07 apartado 5.3 del RSF (BOE-57-2011),.

En caso de ventilación forzada, como mínimo, se superará el caudal dado por la fórmula (MI-IF-07):

$$V = 14 \cdot m^{2/3}$$

V es el caudal en litros por segundo;

m es la carga de refrigerante, en kilogramos, existente en el sistema de refrigeración que cuente con mayor carga, cualquiera que sea la parte del mismo que esté en la sala de máquinas específica;

14 es un factor de conversión constante.

En el caso de ventilación forzada, los electro-ventiladores tendrán una línea de alimentación independiente del resto de la instalación.

Los ventiladores se accionarán por aparatos de conexión y corte situados en el interior y exterior de la sala de máquinas, y en sitio accesible.

La Sala de máquinas dispone de ventilación forzada por medio de un extractor cuyo caudal de aire sobrepasa el mínimo requerido por el reglamento, como desarrollamos a continuación:

$$V = 14 \cdot m^{2/3}$$

donde:

Q, caudal mínimo del extractor en L/s

m, carga del equipo que la tenga mayor en Kg.

Así desarrollamos el siguiente cálculo:

$$V > 14 \times 308^{2/3} = 43,89 \text{ L/s}$$

En caso de ser la ventilación natural se calculará la superficie libre de aberturas de ventilación mediante la siguiente fórmula (MI-IF-07):

$$A = 0,14 \cdot m^{1/2}$$

Donde A es superficie total libre, en metros cuadrados

m es la carga del refrigerante del equipo, expresada en kilogramos.

### 3. CALCULOS

El cálculo del balance térmico de la instalación pretende determinar la potencia frigorífica necesaria para cubrir las necesidades de la instalación y, en consecuencia, realizar la elección de los equipos frigoríficos de acuerdo con éste cálculo, compresores precisos capaces de abastecer las necesidades calculadas, evaporadores, condensadores, etc..

Las necesidades de la instalación, están en función de:

- Temperatura de trabajo.
- Clima.
- Tipo, cantidad y temperatura del producto a su entrada en la cámara.
- Calor específico del producto.
- Transmisiones a través de paramentos.
- Renovaciones de aire precisas y tiempo de funcionamiento.
- Calor de respiración del producto y presencia o entrada de personal en el recinto.
- Calor desprendido por la iluminación y otros elementos instalados en la cámara.
- Calor introducido en los desescarches, apertura de puertas, entrada de carretillas elevadoras, existencia de puentes térmicos, etc.

Por tanto, la producción frigorífica bruta de los compresores ( $Q_t$ ) será la suma de las necesidades frigoríficas para el enfriamiento de la mercancía ( $Q_p$ ) más el conjunto de aportaciones de calor exteriores ( $Q_e$ ), que deberán ser asumidas también por el compresor o compresores ( $Q_t=Q_p+Q_e$ ).

Para obtener algunos de los datos utilizados en el cálculo de las necesidades frigoríficas, tales como calor de respiración, etc., se recurre a tablas y para otros como cantidad de Kg. De producto al día y temperatura de entrada de productos, a la experiencia.

#### 3.1. CONDICIONES INTERIORES Y EXTERIORES

Las condiciones de temperatura máxima exterior de diseño prevista en la zona es de +35 °C/ 45% Hr. En el interior, zona de sala de ventas: máxima +26 °C / 60 % Hr. y mínima +18 °C / 70 % Hr. En la zona de cámaras y

obradores: +32 °C.

- Los recintos estarán formados por paneles tipo “sandwich” con terminación interior y exterior en chapa metálica, recubrimiento alimentario y aislamiento a base de poliuretano inyectado, libre de CFC, con coeficiente de conductividad térmica  $\lambda = 0,022 \text{ w/ (m . K)}$ .
- Los espesores de paneles mínimos serán de 70 mm para los de temperatura positiva y de 100 mm para los de negativa.
- A efectos de cálculo, los recintos serán sin aislamiento en el suelo salvo los de congelados que lo llevarán embutido y equivalente al de los paramentos verticales.

### 3.2. CARACTERISTICAS DE RECINTOS

CAMARAS REFRIGERADOS									
	LOCAL	L (m)	A (m)	H (m)	S (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	HR (%)	DT SIN KVP (K)	T <sup>a</sup>
1	C. FRUTAS.	6,5	3	2,40	19,5	46,8	85,00	9,00	4/6
2	C. PESCADO	4,1	3,65	2,40	15	36	81,00	5,00	0/2
3	C. RESIDUOS.	2	2,2	2,40	4,4	10,56	70,00	9,00	4/6
4	C. LACTEOS	3,24	7,83	2,40	25,4	60,96	81,00	7,00	2/4
5	C. CARNES	5	2,4	2,42	12	29	81,00	5,00	0/2
6	C. EMPACADOS	5	2,4	2,42	12	29	70,00	7,00	2/4
7	C. AVES	3,1	2,3	2,39	7,1	17	81,00	5,00	0/2
8	C.PROD.TERMIN.	1,55	1,84	2,40	2,9	6,96	70,00	7,00	2/4
9	C. QUESOS	2,7	1,65	2,40	4,5	10,8	85,00	7,00	2/4
10	C. CHARCUTERIA.	2,4	2,43	2,40	5,8	13,92	81,00	7,00	2/4
11	C. PASTELERIA.	1,6	2,3	2,40	3,7	8,88	75,00	5,00	0/2
12	C. ENVIOS	3,3	3,4	2,40	11,2	26,88	70,00	7,00	2/4
13	C CONSIGNA.	2,1	1,27	2,40	2,7	6,48	70,00	7,00	2/4
14	L. CHARCUTERIA.	7	3,05	2,40	21,3	51,12	70,00	15,00	10/12
15	L. PREPARACION CARNES	8,1	4,3	2,40	35	84	70,00	15,00	10/12
16	L. PLATOS PREP.	5,35	3,35	2,40	17,9	43	70,00	15,00	10/12
17	L. PICADO CARNE.	1,58	1,85	2,41	2,9	7	70,00	15,00	10/12
18	L. PESCADO	16,3	3,5	2,40	57	137	70,00	15,00	10/12

<b>MURALES REFRIGERADOS</b>			
	<b>DENOMINACIÓN DEL LOCAL</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>Tª</b>
1	FRUTAS 1	2,5	2/4
2	FRUTAS 2	5	2/4
3	FRUTAS 3	5	2/4
4	FRUTAS 4	4,38	2/4
5	PASTELERIA	3,75	0/2
6	VITRINA CHARCUTERIA 1	8,75	2/4
7	VITRINA CHARCUTERIA 2	3,75 + AC 45°	2/4
8	CHARCUTERIA 1	5	2/4
9	CHARCUTERIA 2	4,38	2/4
10	CHARCUTERIA 3	7,5	2/4
11	CHARCUTERIA 4	3,13	2/4
12	VITRINA CARNES	3,75 + AC 45°	0/2
13	CARNES 1	1,88	0/2
14	CARNES 2	5,63	0/2
15	CARNES 3	6,88	0/2
16	PATES	7,5	0/2
17	MOSTRADOR PESCADO	7,9	0/2
18	MOSTRADOR MARISCO	4	0/2
19	PESCADO	3,75	0/2
20	LACTEOS 1	4,38	2/4
21	LACTEOS 2	7,5	2/4
22	CABINA LACTEOS 1	1,72	2/4
23	CABINA LACTEOS 2	1,72	2/4
24	LACTEOS 3	9,38	2/4
25	CABINA LACTEOS 3	1,72	2/4
26	CABINA LACTEOS 4	1,72	2/4
27	VITRINA SALAZONES	0,94+2 AA90	0/2
28	VITRINA ENCURTIDOS	1,25	0/2
29	EXPOSITOR DE ZUMOS	2,4	2/4
30	VITRINA PLATOS PREPARADOS	4,38	2/4
31	VITRINA PASTELERIA	2,5	0/2

CAMARAS CONGELADOS							
	LOCAL	L (m)	A (m)	H (m)	S (m2)	V (m3)	Tª
19	C. CONGEL. GENERAL	9,7	2,29	2,40	22,2	53,28	-20/-22
20	C. CONGEL. ENVIOS	3,31	1,87	2,40	6,2	14,88	-20/-22
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	2,35	1,25	2,40	2,98	7,152	-20/-22
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	1,63	1,25	2,40	2	4,8	-20/-22

MURALES CONGELADOS			
	DENOMINACIÓN DEL LOCAL	LONGITUD	Tª
32	ISLA CONGELADOS 1	6,25	-20/-22
33	ISLA CONGELADOS 2	6,25	-20/-22
34	ISLA CONGELADOS 3	4,38	-20/-22
35	ISLA CONGELADOS 4	2,5 +MT	-20/-22
36	CABINA CONGELADOS 1	MT	-20/-22
37	ISLA CONGELADOS 5	4,38	-20/-22
38	ISLA CONGELADOS 6	4,38	-20/-22
39	CABINA CONGELADOS 2	MT	-20/-22
40	CABINA CONGELADOS 3	MT	-20/-22
41	VITRINA PASTELERIA CONGELADOS	2,5	-20/-22

### 3.3. CÁLCULOS DE CARGA DE REFRIGERACIÓN

Los cálculos de potencia frigorífica se detallan en el apartado de anexos. (SCELTE32 2015)

Para el mobiliario frigorífico se toman los datos facilitados por el fabricante. (COSTAN)

A continuación se detallan las necesidades frigoríficas que atenderá cada Central Frigorífica:

CAMARAS REFRIGERADOS						
		Tª	PANELES (mm)	SUELO	Nº PAX	POTENCIA FRIGORIFICA
1	C. FRUTAS.	4	80	HORMIGON 12°C	0	3420
2	C. PESCADO	0	80	HORMIGON 12°C	0	2919
3	C. RESIDUOS.	4	80	HORMIGON 12°C	0	745
4	C. LACTEOS	2	80	HORMIGON 12°C	0	4725
5	C. CARNES	0	80	HORMIGON 12°C	0	2441
6	C. EMPACADOS	2	80	HORMIGON 12°C	0	1757
7	C. AVES	0	80	HORMIGON 12°C	0	1571
8	C.PROD.TERMIN.	2	80	HORMIGON 12°C	0	810
9	C. QUESOS	2	80	HORMIGON 12°C	0	1101
10	C. CHARCUTERIA.	2	80	HORMIGON 12°C	0	1235
11	C. PASTELERIA.	0	80	HORMIGON 12°C	0	933
12	C. ENVIOS	2	80	HORMIGON 12°C	0	2393
13	C CONSIGNA.	2	80	HORMIGON 12°C	0	776
OBRADORES						
14	L. CHARCUTERIA.	10	40	HORMIGON 12°C	2/4H	2214
15	L. PREPARACION CARNES	10	40	HORMIGON 12°C	2/4H	2994
16	L. PLATOS PREP.	10	40	HORMIGON 12°C	2/4H	1858
17	L. PICADO CARNE.	10	40	HORMIGON 12°C	2/4H	689
18	L. PESCADO	10	40	HORMIGON 12°C	2/4H	4729
POTENCIA FRIGORIFICA TOTAL CAMARAS REFRIGERADOS Y OBRADORES						37.310 W
CAMARAS CONGELADOS						
19	C. CONGEL. GENERAL	-22	120	POLIURETANO 40KG/M3 - 12°C	0	2057

20	C. CONGEL. ENVIOS	-22	120	POLIURETANO 40KG/M3 - 12°C	0	910
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	-22	120	POLIURETANO 40KG/M3 - 12°C	0	616
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	-22	120	POLIURETANO 40KG/M3 - 12°C	0	507
POTENCIA FRIGORIFICA TOTAL CAMARAS CONGELADOS						4.090 W
MURALES REFRIGERADOS						
		Tª	LONGITUD	POTENCIA FRIGORIFICA		
1	FRUTAS 1	2,00	2,5	2350		
2	FRUTAS 2	2,00	5	4688		
3	FRUTAS 3	2,00	5	4688		
4	FRUTAS 4	2,00	4,38	4102		
5	PASTELERIA	0,00	3,75	5570		
6	VITRINA CHARCUTERIA 1	2,00	8,75	1901		
7	VITRINA CHARCUTERIA 2	2,00	3,75 + AC 45°	1102		
8	CHARCUTERIA 1	2,00	5	4675		
9	CHARCUTERIA 2	2,00	4,38	6432		
10	CHARCUTERIA 3	2,00	7,5	7016		
11	CHARCUTERIA 4	2,00	3,13	2923		
12	VITRINA CARNES	0,00	3,75 + AC 45°	2630		
13	CARNES 1	0,00	1,88	2765		
14	CARNES 2	0,00	5,63	8366		
15	CARNES 3	0,00	6,88	10211		
16	PATES	0,00	7,5	11140		

17	MOSTRADOR PESCADO	0,00	7,9	7700
18	MOSTRADOR MARISCO	0,00	4	4000
19	PESCADO	0,00	3,75	5570
20	LACTEOS 1	2,00	4,38	6432
21	LACTEOS 2	2,00	7,5	7016
22	CABINA LACTEOS 1	2,00	1,72	1460
23	CABINA LACTEOS 2	2,00	1,72	1460
24	LACTEOS 3	2,00	9,38	8770
25	CABINA LACTEOS 3	2,00	1,72	1460
26	CABINA LACTEOS 4	2,00	1,72	1460
27	VITRINA SALAZONES	0,00	0,94+2 AA90	1164
28	VITRINA ENCURTIDOS	0,00	1,25	543
29	EXPOSITOR DE ZUMOS	2,00	2,4	2400
30	VITRINA PLATOS PREPARADOS	2,00	4,38	1508
31	VITRINA PASTELERIA	0,00	2,5	864
POTENCIA FRIGORIFICA TOTAL MURALES REFRIGERADOS				132.366 W
MURALES CONGELADOS				
32	ISLA CONGELADOS 1	-22		2750
33	ISLA CONGELADOS 2	-22		2750
34	ISLA CONGELADOS 3	-22		2475
35	ISLA CONGELADOS 4	-22		1650
36	CABINA	-22		1090

	CONGELADOS 1			
37	ISLA CONGELADOS 5	-22		1770
38	ISLA CONGELADOS 6	-22		1770
39	CABINA CONGELADOS 2	-22		1090
40	CABINA CONGELADOS 3	-22		1090
41	VITRINA PASTELERIA CONGELADOS	-22		1100
POTENCIA FRIGORIFICA TOTAL MURALES CONGELADOS				17.535 W

POTENCIA DE CALCULO		
	Temp. Positiva	Temp. Negativa
Murales	132.366 W	17.535 W
Cámaras	37.310 W	4.090 W
<b>Suma</b>	<b>169.676 W</b>	<b>21.625 W</b>

POTENCIA INSTALADA EN CENTRALES		
	POSITIVA	NEGATIVA
<b>CENTRALES</b>	<b>195.600 W</b>	<b>58.450 W</b>

### 3.4. DEFINICIÓN DE LAS CENTRALES FRIGORÍFICAS

#### 3.4.1. POSITIVA

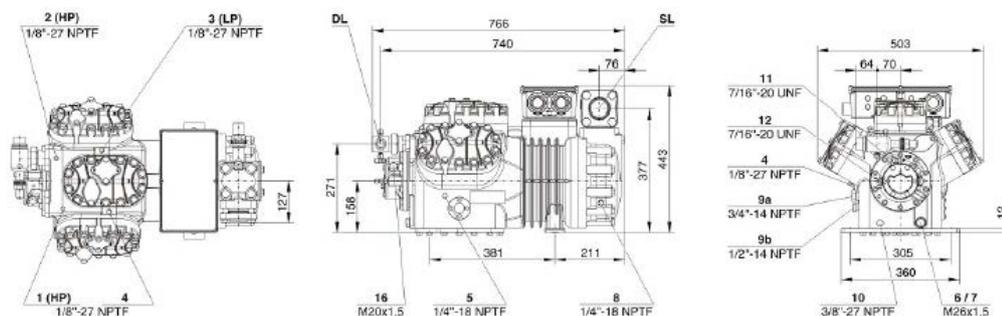
Los compresores de la central de temperatura positiva serán cuatro de tipo alternativo de pistones, semi-hermético marca BITZER modelo 6HE-28Y, con un desplazamiento volumétrico mínimo unitario de 110,5 m<sup>3</sup>/h. y un

rendimiento conjunto mínimo de 195,6 Kw evaporando a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y condensando a  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con refrigerante R-404A. (BITZER 2015)

Con esta disponibilidad tendremos un coeficiente de simultaneidad (c.s.) de 1,15 y, en caso de parada por avería de un compresor, dicho coeficiente pasaría a 0,86 que puede ser válido en la mayor parte del año.

### Datos técnicos: 6HE-28Y

#### Dimensiones y conexiones



#### Datos técnicos

##### Informaciones técnicas

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	110,5 m <sup>3</sup> /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	133,4 m <sup>3</sup> /h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	6 x 70 mm x 55 mm
Peso	224 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32 bar
Conexión línea aspiración	54 mm - 2 1/8"
Conexión línea descarga	35 mm - 1 3/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard) / R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2(Option)

##### Informaciones motor

Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V PW-3-50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	53.2 A
Relación de bobinado	50/50
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	141.0 A Y / 233.0 A YY
Potencia máx. absorbida	33,0 kW

##### Estándar de entrega

Protección motor	SE-B2
Clase de protección	IP54 (Standard), IP66 (Option)
Antivibradores	Standard
Carqa de aceite	4,75 dm <sup>3</sup>

##### Opciones disponibles

Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Arranque en vacío	Option
Regulación de capacidad	100-66-33% (Option)
Regulación de capacidad - en continuo	100-10% (Option)
Ventilador adicional	Option
Sistema CIC	Option
Válvula de servicio aceite	Option
Calefactor de Cártier	140 W (Option)
Control de presión de aceite	MP54 (Option), Delta-P11

Grafico 2: Selección de compresor central positiva R404Ar

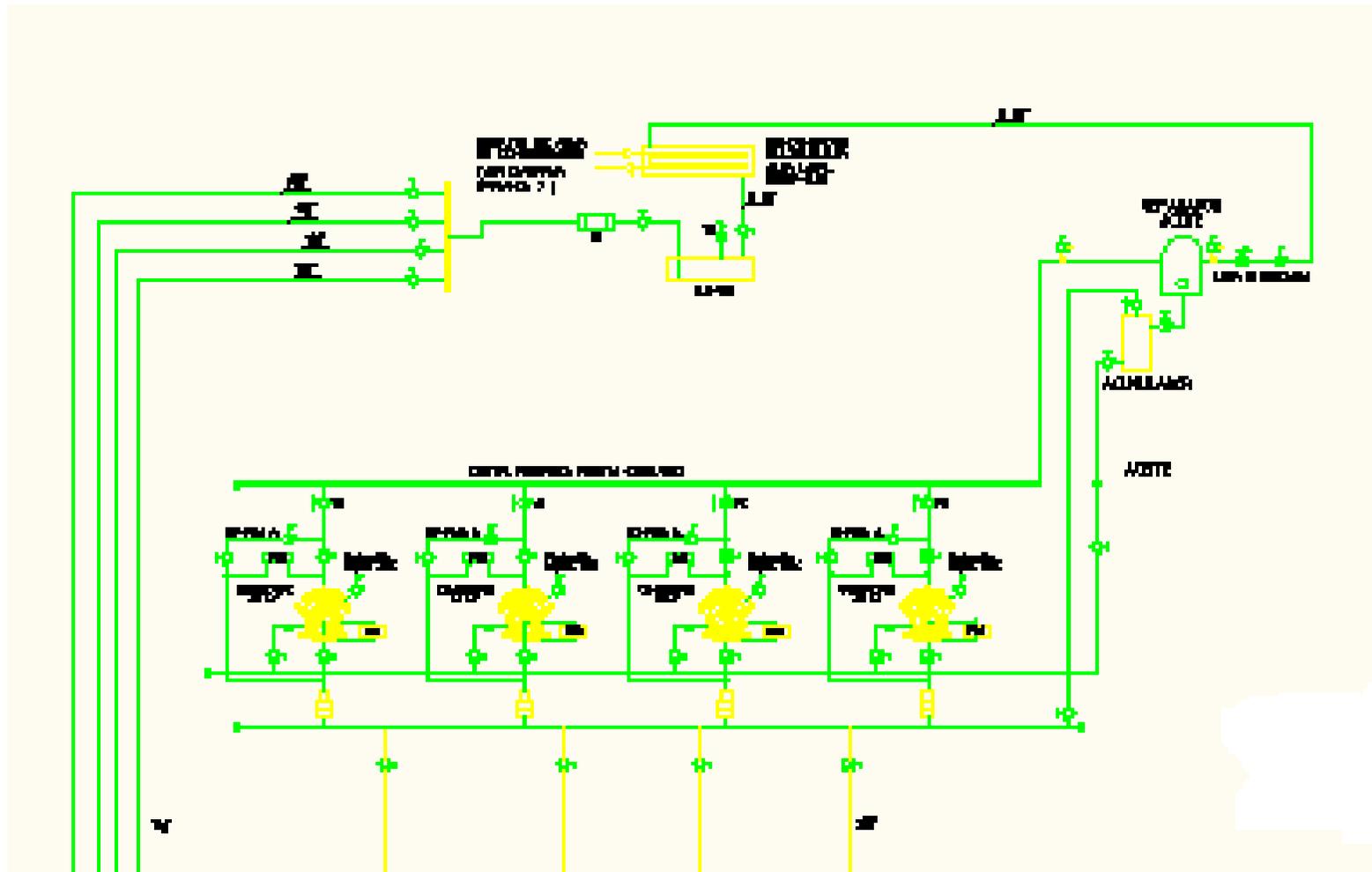


Grafico 3: Esquema de principio central positiva

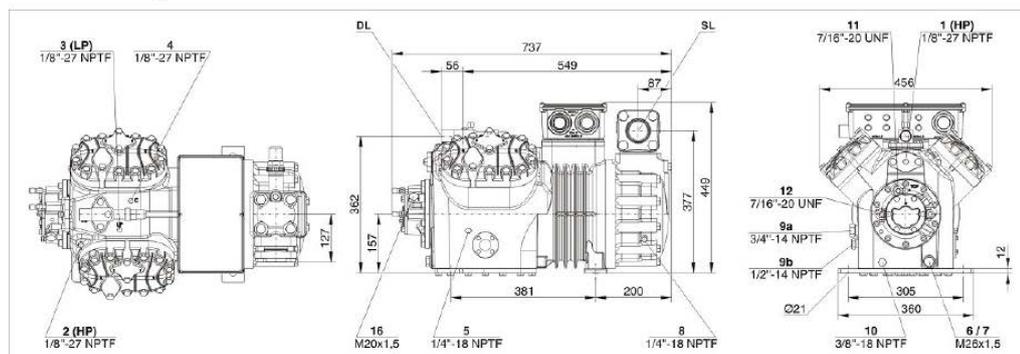
### 3.4.2. NEGATIVA

Los compresores de la central de temperatura negativa serán cinco de tipo alternativo de pistones, semi-hermético marca BITZER modelo 4FE-28Y, con un desplazamiento volumétrico mínimo unitario de 101,8 m<sup>3</sup>/h. y un rendimiento conjunto mínimo de 11,69 Kw. evaporando a -35 °C y condensando a +50 °C, con refrigerante R-404A. (BITZER 2015)

Con esta disponibilidad tendremos un c.s. de 2,70 y, en caso de parada por avería de un compresor, dicho coeficiente pasaría a 2,16 que cubre las necesidades máximas.

#### Datos técnicos: 4FE-28Y

##### Dimensiones y conexiones



## Datos técnicos

Informaciones técnicas	
Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	101,8 m³/h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	121,3 m³/h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	4 x 82 mm x 55 mm
Peso	207 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32 bar
Conexión línea aspiración	54 mm - 2 1/8"
Conexión línea descarga	28 mm - 1 1/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard) / R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2(Option)
Informaciones motor	
Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V PW-3-50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	52.8 A
Relación de bobinado	50/50
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	141.0 A Y / 233.0 A YY
Potencia máx. absorbida	31,0 kW
Estándar de entrega	
Protección motor	SE-B2
Clase de protección	IP54 (Standard), IP66 (Option)
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	4,50 dm³
Opciones disponibles	
Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Arranque en vacío	Option
Regulación de capacidad	100-50% (Option)
Regulación de capacidad - en continuo	100-10% (Option)
Ventilador adicional	Option
Sistema CIC	Option
Válvula de servicio aceite	Option
Calefactor de Cáster	140 W (Option)
Control de presión de aceite	MP54 (Option), Delta-PII

Grafico 4: Selección de compresor central negativa R404Ar

Las centrales frigoríficas, tanto la de temperatura positiva como la de temperatura negativa, se ubicarán en una sala de máquinas construida a tal efecto.

Se dispondrá para cada central frigorífica, y situados en sala de máquinas, recipientes de refrigerante líquido de tipo vertical con placa de timbre a 32 Kg./cm<sup>2</sup>, válvulas de seguridad dobles, taradas a 27,5 bar. y conectadas a su correspondiente recipiente a través de una válvula de tres vías. Dichas válvulas serán canalizadas al exterior con tuberías dimensionadas según cálculos indicados en el Reglamento para Instalaciones Frigoríficas (BOE-57-2011) y dispondrán de un elemento de control de apertura como sifón de aceite o similar.

El recipiente de la central de temperatura positiva tiene una capacidad de 750L. y el de la central de temperatura negativa tiene una capacidad de 500 l.

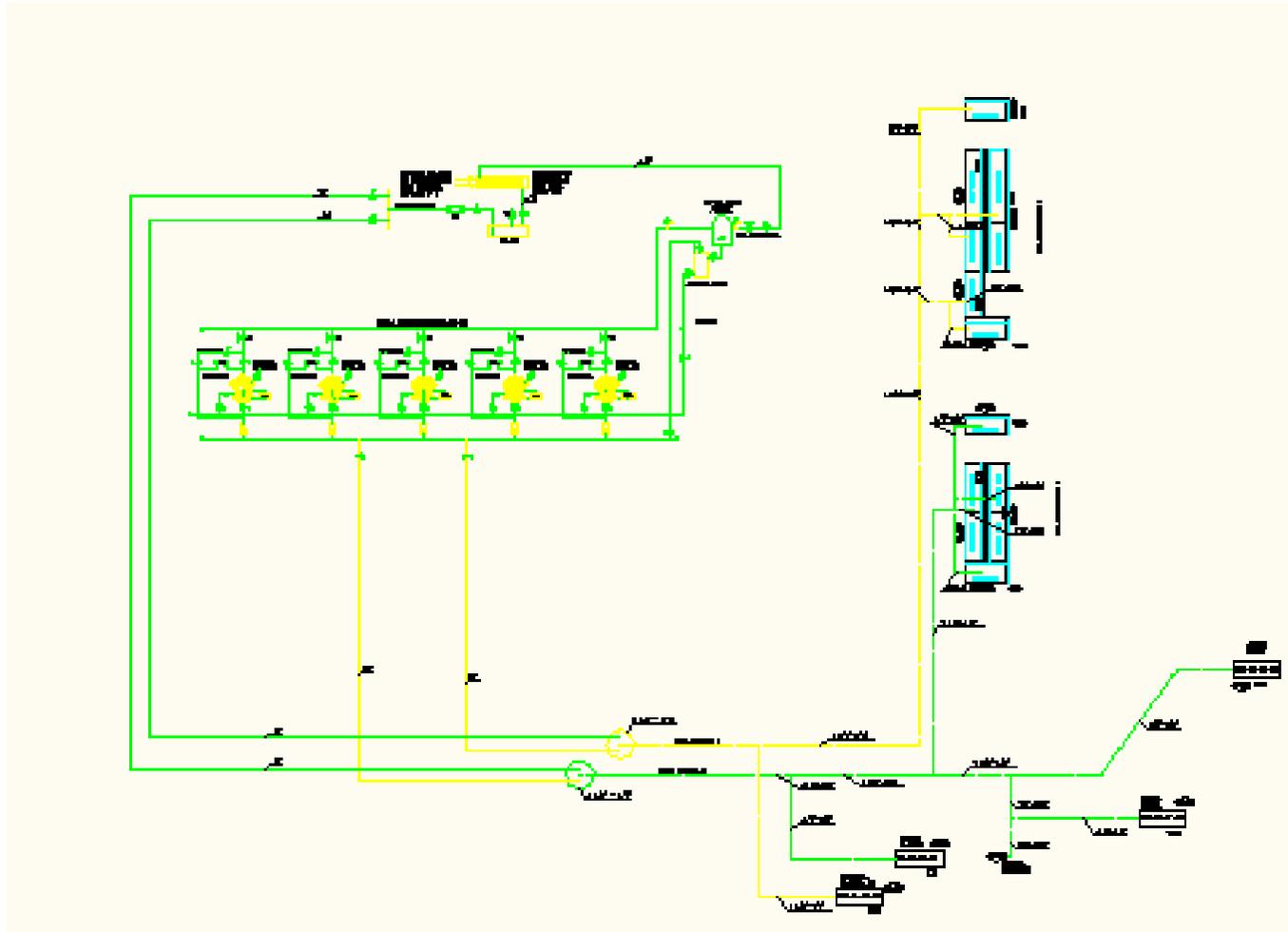


Grafico 5: Esquema de principio central negativa

### 3.5. CALCULO TUBERIAS

Las líneas frigoríficas que componen la instalación, con las hipótesis de cálculo anteriormente definidas son las siguientes:

#### LINEA DE LÍQUIDO:

Para la central de positiva, existen cuatro líneas de líquido generales, de 1 3/8" de sección que dan servicio de forma zonificada a los servicios, para esta sección los datos de cálculo de las líneas serian:

Positiva (-10/+50°C) R404A	1 3/8"
Velocidad	1 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,004 K/m
Perdida de carga en presión	0,021 bar/m

Para la central de negativa, existen dos líneas de líquido generales, de 3/4" de sección que dan servicio de forma zonificada a los servicios, para esta sección los datos de cálculo de las líneas serian:

Negativa (-35/+50°C) R404A	3 / 4 "
Velocidad	0.92 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,008 K/m
Perdida de carga en presión	0,391 bar/m

#### LINEA DE DESCARGA

Para la central de positiva, existe una línea de descarga general, de 2 5/8" de sección hasta el intercambiador multitubular de condensación:

Positiva (-10/+50°C)	2 5/8"
	R404A
Velocidad	6,58m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,007 K
Perdida de carga en presión	0,391 bar

Para la central de negativa, existe una línea de descarga general, de 2 1/8"

de sección hasta el intercambiador multitubular de condensación:

Negativa (-35/+50°C)	2 1/8"
	R404A
Velocidad	9,19 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,017 K
Perdida de carga en presión	0,885 bar

### LINEA DE ASPIRACION

Para la central de positiva, existen cuatro líneas de aspiración generales, de 2 1/8" de sección que desde los servicios hasta el colector general de aspiración de la central, para esta sección los datos de cálculo de las líneas serian:

Positiva (-10/+50°C)	2 1/8"
	R404A
Velocidad	11,28 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,023 K/m
Perdida de carga en presión	0,313 bar

Para la central de negativa, existen dos líneas de aspiración generales, de 2 1/8" de sección que desde los servicios hasta el colector general de aspiración de la central, para esta sección los datos de cálculo de las líneas serian:

Negativa (-35/+50°C)	2 1/8"
	R404A
Velocidad	11,36 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,021 K/m
Perdida de carga en presión	0,146 bar

### **3.6. CALCULOS VALVULERIA**

La valvulería por cada servicio, como son las válvulas solenoides y válvulas de expansión son las siguientes:

	DENOMINACIÓN DEL LOCAL	CAPACIDAD KW R404A	SOLENOIDE R404A BOBINA CON	EXPANSION R404A ELEMENTO TERMOSTATICO TES2
CAMARAS				
				NUMERO DE ORIFICIO
1	C. FRUTAS.	3,63	EVO101 - 1/4"S	N02
2	C. PESCADO	3,16	EVO101 - 1/4"S	N02
3	C. RESIDUOS.	1,02	EVO100 - 1/4"S	N00
4	C. LACTEOS	5,00	EVO101 - 3/8"S	N03
5	C. CARNES	3,72	EVO101 - 1/4"S	N02
6	C. EMPACADOS	1,72	EVO100 - 1/4"S	N00
7	C. AVES	2,11	EVO100 - 1/4"S	N01
8	C.PROD.TERMIN.	1,25	EVO100 - 1/4"S	N00
9	C. QUESOS	0,96	EVO100 - 1/4"S	N00
10	C. CHARCUTERIA.	1,42	EVO100 - 1/4"S	N00
11	C. PASTELERIA.	1,27	EVO100 - 1/4"S	N00
12	C. ENVIOS	2,74	EVO101 - 1/4"S	N01
13	C CONSIGNA.	0,76	EVO100 - 1/4"S	N00
14	L. CHARCUTERIA.	2,13	EVO100 - 1/4"S	N01
15	L. CARNES.	2,55	EVO101 - 1/4"S	N01
16	L. PLATOS PREP.	2,13	EVO100 - 1/4"S	N01
17	L. PICADO CARNE.	0,83	EVO100 - 1/4"S	N00
18	L. PESCADO	4,48	EVO101 - 1/4"S	N03
19	C. CONGEL. GENERAL	2,89	EVO101 - 1/4"S	N03
20	C. CONGEL. ENVIOS	1,15	EVO101 - 1/4"S	N01
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	0,95	EVO101 - 1/4"S	N01
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	0,67	EVO101 - 1/4"S	N00
MURALES				TES2
1	FRUTAS 1	2,35	EVO100 - 1/4"S	N02
2	FRUTAS 2	4,69	EVO101 - 1/4"S	N03
3	FRUTAS 3	4,69	EVO101 - 1/4"S	N03
4	FRUTAS 4	4,10	EVO101 - 1/4"S	N03
5	PASTELERIA	5,57	EVO101 - 1/4"S	N03
6	VITRINA CHARCUTERIA 1	1,90	EVO100 - 1/4"S	N01
7	VITRINA CHARCUTERIA 2	1,10	EVO100 - 1/4"S	N00
8	CHARCUTERIA 1	4,68	EVO101 - 1/4"S	N03
9	CHARCUTERIA 2	6,43	EVO101 - 1/4"S	N04
10	CHARCUTERIA 3	7,02	EVO101 - 1/4"S	N04
11	CHARCUTERIA 4	2,92	EVO101 - 1/4"S	N02

12	VITRINA CARNES	2,63	EVO101 - 1/4"S	N02
13	CARNES 1	2,77	EVO101 - 1/4"S	N02
14	CARNES 2	8,37	EVO102 - 3/8"S	N04
15	CARNES 3	10,21	EVO102 - 3/8"S	N05
16	PATES	11,14	EVO102 - 3/8"S	N05
17	MOSTRADOR PESCADO	7,70	EVO102 - 3/8"S	N04
18	MOSTRADOR MARISCO	4,00	EVO101 - 1/4"S	N03
19	PESCADO	5,57	EVO101 - 1/4"S	N03
20	LACTEOS 1	6,43	EVO102 - 3/8"S	N03
21	LACTEOS 2	7,02	EVO102 - 3/8"S	N04
22	CABINA LACTEOS 1	1,46	EVO100 - 1/4"S	N01
23	CABINA LACTEOS 2	1,46	EVO100 - 1/4"S	N01
24	LACTEOS 3	8,77	EVO102 - 3/8"S	N05
25	CABINA LACTEOS 3	1,46	EVO100 - 1/4"S	N01
26	CABINA LACTEOS 4	1,46	EVO100 - 1/4"S	N01
27	VITRINA SALAZONES	1,16	EVO100 - 1/4"S	N01
28	VITRINA ENCURTIDOS	0,54	EVO100 - 1/4"S	N00
29	EXPOSITOR DE ZUMOS	2,40	EVO100 - 1/4"S	N02
30	VITRINA PLATOS PREPARADOS	1,51	EVO100 - 1/4"S	N01
31	VITRINA PASTELERIA	0,86	EVO100 - 1/4"S	N00
32	ISLA CONGELADOS 1	2,75	EVO101 - 1/4"S	N03
33	ISLA CONGELADOS 2	2,75	EVO101 - 1/4"S	N03
34	ISLA CONGELADOS 3	2,48	EVO101 - 1/4"S	N03
35	ISLA CONGELADOS 4	1,65	EVO101 - 1/4"S	N02
36	CABINA CONGELADOS 1	1,09	EVO101 - 1/4"S	N01
37	ISLA CONGELADOS 5	1,77	EVO101 - 1/4"S	N02
38	ISLA CONGELADOS 6	1,77	EVO101 - 1/4"S	N02
39	CABINA CONGELADOS 2	1,09	EVO101 - 1/4"S	N01
40	CABINA CONGELADOS 3	1,09	EVO101 - 1/4"S	N01
41	VITRINA PASTELERIA CONGELADOS	1,10	EVO101 - 1/4"S	N01

### 3.7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El objeto de esta parte eléctrica es alimentar los equipos productores de frío y los servicios frigoríficos tanto de temperatura positiva como de temperatura negativa, así como todos los elementos accesorios necesarios para su correcto funcionamiento

#### LEGISLACION APLICABLE EN LA INSTALACION ELECTRICA

En la presente instalación resulta de aplicación el siguiente reglamento y sus

instrucciones técnicas complementarias:

◆ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y normas UNE asociadas. (BOE-A-2002-18099)

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, y de acuerdo con el Artículo III, se calificará a la instalación eléctrica correspondiente a esta instalación como de Baja Tensión.

#### *CUADRO ELECTRICO*

Para abastecer a los receptores objeto de la presente instalación se utiliza un cuadro eléctrico de control y maniobra de envolvente metálica en chapa de acero y pintura epoxi RAL 7032, modular, con acceso a una cara, de dimensiones aproximadas de 5.000 x 2.000 x 500 mm, más zócalo de 250 mm. Estará situado en la sala de máquinas de la instalación de frío alimentario e incluye los siguientes elementos:

- Equipo de extracción de aire, que asegure la correcta circulación del aire por su interior.
- Equipo de iluminación de interior armario y enchufe para pequeñas herramientas portátiles.
- Embarrado para distribución de potencia.
- Protecciones de maniobra mediante magnetotérmicos independientes por circuito.
- Protecciones magnetotérmicas por servicio.
- Protecciones diferenciales por servicio de temperatura negativa y por grupo de tres servicios en temperatura positiva siempre que no tengan desescarche eléctrico, en cuyo caso la protección diferencial será exclusiva.
- Los antivahos del mobiliario frigorífico tendrán una acometida por servicio con protección individual separada de la del propio servicio frigorífico de forma que por derivación o corto-circuito no se interrumpa el funcionamiento de la refrigeración.
- Protecciones de motores mediante disyuntores – motor.
- Protección diferencial por cada compresor y por cada ventilador de condensador o enfriador de aceite.
- Arrancadores de compresores Part-Winding.

- Interruptores de mando I-O por compresor y por cada servicio frigorífico que tenga regulación independiente. Los ventiladores de condensadores no tendrán estos dispositivos.
- Sistema de control con todos los elementos mecanizados en las puertas a la vista.
- Alimentación de alumbrado de mobiliario frigorífico con protecciones magnetotérmicas por servicio y diferenciales por grupos de 4 servicios máximo. Con contactor(es) para telemando exterior y cableado de maniobra a bornes libres de tensión.
- Analizador de redes.
- Sinóptico personalizado detallando los distintos servicios, compresores y condensadores con nombres coincidentes con las denominaciones incluidas en esta Memoria y sin señalización luminosa.
- Bornero de salidas numerado y a 0,30 m. del suelo como mínimo.
- Identificación de conductores de fuerza por colores y numeración, y de maniobra por numeración.

Para proteger el cuadro eléctrico de frío alimentario se dispondrá de un interruptor general automático tetrapolar de 800 Amp con un poder de corte de 50KA marca Merlin Gerin modelo COMPACT NS N 800 4P. En la puerta del cuadro eléctrico así como en el exterior de la sala de máquinas se sitúa una seta de disparo, que desconecta la acometida general.

#### *CARACTERISTICAS DE INSTALACION ELECTRICA*

El aislamiento y demás elementos de protección del material eléctrico utilizado es tal que no sufra deterioro alguno a la temperatura de utilización.

Los aparatos eléctricos deberán poder soportar los esfuerzos resultantes a que se vean sometidos debido a las condiciones ambientales.

El tendido es con conductor flexible de aislamiento 0,6/1kV, libre de halógenos, protegido en todo su recorrido por medio de tubo estanco y no propagador de la llama o por canalización metálica, todo ello según UNE-21.123, partes 4 y 5, UNE 50085-1 y UNE 50086.

Los circuitos eléctricos que alimentan a los sistemas frigoríficos se instalaron de tal forma que la corriente se establezca o interrumpa independientemente de la alimentación a otras partes de la instalación. Dentro del sistema, cada

elemento dispondrá de sus elementos de mando y protección que lo individualicen del resto del sistema.

La sección de los conductores es tal que si todos los aparatos que puedan en algún momento funcionar simultáneamente, que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 3% de la tensión nominal en el origen para el alumbrado y del 5% para los demás usos.

El número de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente se prevé teniendo en cuenta que cuando se ponen en servicio los desescarches de los evaporadores de cámaras y armarios cerrados de congelados, no funcionan los ventiladores.

#### *INTENSIDADES MAXIMAS ADMISIBLES*

Las intensidades máximas admisibles para conductores aislados en canalizaciones fijas y a una temperatura ambiente de 40 °C para conductores con aislamiento nominal de 750 V, son las señaladas en las tablas de la instrucción MIE BT 017 (BOE-A-2002-18099) según el tipo de aislamiento y sistema de instalación y para cables de aislamiento nominal de 1.000 V se aplican las tablas de la instrucción MIE BT 004. (BOE-A-2002-18099)

#### *CANALIZACIONES*

- El trazado sigue preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que delimitan el local.
- Las curvas son continuas y no presentan reducciones de sección y sus radios de curvaturas se ajustan a lo dispuesto en el reglamento.
- Existen registros, con separación máxima de 15 m y en número superior a tres.
- Las conexiones entre conductores se sitúan en cajas de material aislante, siendo sus dimensiones suficientes para alojar a todos los conductores que deban contener. Su profundidad mínima es igual al diámetro del tubo más un 50% del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro. Las uniones entre tubo-caja son con prensaestopas.
- Las bridas de sujeción están protegidas contra la corrosión, siendo la distancia mínima entre ellos 0,8m.

- Todos los materiales a emplear en canalizaciones son libres de halógenos.

El sistema de control asegura el arranque de los compresores en su posición de mínima carga.

#### **4. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO**

##### **4.1. PROTECCION CONTRA INCENDIOS**

Los agentes extintores utilizados no deberán congelarse a la temperatura de funcionamiento de las instalaciones, serán compatibles con los refrigerantes empleados en las mismas, y adecuados para su uso sobre fuegos eléctricos y fuegos de aceite si se usan interruptores sumergidos en baño de aceite.

Los sistemas de extinción se revisarán periódicamente, encontrándose en todo momento en buen estado.

##### **4.2. INDICACIONES DE EMERGENCIA E INSTRUCCIONES DE SERVICIO.**

Se cumplen las prescripciones contenidas en el del Reglamento de Seguridad en Plantas e Instalaciones Frigoríficas: (BOE-57-2011)

En el interior y exterior de la sala de máquinas figura un cartel con las siguientes indicaciones:

- a) Instrucciones claras y precisas para el paro de la instalación, en caso de emergencia.
- b) Nombre, dirección y teléfono de la persona encargada y del taller o talleres para solicitar asistencia.
- c) Dirección y teléfono del servicio de bomberos más próximo a la planta.

##### **ELEMENTOS DE SEGURIDAD EN CAMARAS**

Se han tenido en cuenta todos los puntos de las instrucciones de seguridad, recordando que:

En las cámaras acondicionadas para funcionar a temperatura bajo cero o con atmósfera artificial se disponen junto a la puerta y por su parte interior, dos dispositivos de llamada (timbre, sirena o teléfono) estando uno de ellos conectado a una fuente propia de energía, convenientemente alumbrados con un piloto de forma que se impida la formación de hielo sobre él. Este piloto permanece encendido siempre que estén cerradas las puertas y se conectará automáticamente a la red de alumbrado de emergencia en caso de fallo de la red general.

En caso de cámaras acondicionadas para funcionar a temperaturas inferiores

a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , las puertas disponen de elementos de calentamiento que se ponen en marcha siempre que funcionen las cámaras por debajo de dicha temperatura, no existiendo interruptores que lo impidan, hacha tipo bombera y sistema de alarma de hombre encerrado.

Todas las puertas isotermales llevan dispositivos de cierre que permitan su apertura tanto desde fuera como desde dentro, aunque desde el exterior se cierren con llave y candado.

### **4.3. SALA DE MÁQUINAS**

La instalación objeto del presente proyecto deberá exhibir fijada en la sala de máquinas o en alguno de sus elementos principales una placa bien visible con los siguientes datos:

- Nombre del instalador.
- Presión máxima de servicio.
- Carga máxima de refrigerante para la que se ha proyectado y construido.
- Año de fabricación.
- Nombre del refrigerante utilizado

Si bien se supone que las únicas personas autorizadas a entrar en la sala de máquinas serán personal de mantenimiento, y por lo tanto conocedores de la instalación de maquinaria, se observarán las siguientes prescripciones:

- Los motores y sus transmisiones deben estar suficientemente protegidos contra accesos fortuitos del personal.
- La maquinaria frigorífica y sus elementos complementarios estarán dispuestos de forma que sus partes sean fácilmente accesibles e inspeccionables, en particular las uniones mecánicas, deben ser observables en todo momento.
- Entre los distintos elementos de la sala de máquinas existirá el espacio libre mínimo recomendado por el fabricante de dichos elementos para efectuar las operaciones de mantenimiento.
- La sala de máquinas está dotada de iluminación artificial adecuada.
- La existencia de focos de calor en sala de máquinas se ajusta a lo dispuesto en la Instrucción correspondiente, debiendo vigilarse la calefacción, a fin de evitar el peligro de las bajas temperaturas y posibles congelaciones del agua de los condensadores.

La sala de máquinas está dotada de detector de fugas, equipo autónomo de respiración, mascarillas y ventilación calculados de acuerdo con el Reglamento de Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

---



ALTERNATIVAS DE  
MEJORA Y  
REMODELACION

---

---

# R407F

---

## 1. R407F:

### 1.1. GENERALIDADES EN LA SUSTITUCION DE GAS REFRIGERANTE:

El refrigerante R407F es aún un gas refrigerante poco conocido por los profesionales del frío debido a su incorporación en el mercado reciente. Sus características y manipulación pueden sustituir al R404A en un amplio abanico de aplicaciones.

Para aplicaciones de aire acondicionado, es posible, pero no es la preferida.

Su principal ventaja la mejora del rendimiento como a continuación se describe, además de ser más respetuoso con el medio ambiente (menor TnCO<sub>2</sub> equivalente) y la reducción de su impuesto al tener un PCA menor.

La principal desventaja que presenta el R407F es su alto deslizamiento, siendo un factor importante a tener en cuenta en el caso de fugas y recargas, ya que presenta una modificación de su composición y puede implicar el vaciado de la instalación si la fuga ha sido en torno al 25%, y sobre todo si ha sido en su fase de vapor y la elevada temperatura de descarga en regímenes de trabajo de baja temperatura (Negativa) al circular menor caudal de refrigerante, los gases de aspiración no consiguen refrigerar adecuadamente el motor del compresor.

### 1.2. DIFERENCIAS DE R407F CON EL R404A:

Las diferencias entre el R404A y su posible sustituto R407F son las que fundamentan las acciones e inversiones que deben realizarse para la sustitución del refrigerante en la instalación frigorífica.

Vamos a analizar cuáles son estas diferencias y las acciones que motivan:

#### 1.2.1. COMPOSICION QUIMICA:

Tanto el R404A como el R407F son refrigerantes de la familia HFC, libres de cloro.

El reglamento europeo (DOUE-L150/195-2014) sobre los gases fluorados de efecto invernadero (impone la prohibición de uso para revisión y mantenimiento de aquellos gases refrigerantes con PCA superior a 2500 aparatos con una carga >40TnCO<sub>2</sub> (aproximadamente 10,6 kg de R404A) a partir del 01/01/2020.

Es por tanto la causa que motiva la sustitución de este refrigerante, ampliamente usado anteriormente como sustituto del ya prohibido R-22.

GAS	PCA	GLIDE	COMPOSICION	TIPO DE MEZCLA
R404A	3784	0.7	R-125 (44%) R143A (52%) R134a (4 %)	AZEOTROPICA
R407F	1705	6.4	R-32 (30%) R125 (30%) R134a (40%)	ZEOTROPICA

### 1.2.2. ACEITES LUBRICANTES:

El R404A es solo miscible con aceites poliéster (POE) al igual que el R407F por lo que en la sustitución no se hace preciso el cambio de aceite.

### 1.2.3. COMPRESORES:

En los compresores hay que tener varios puntos en cuenta:

#### Potencia frigorífica:

A igualdad de compresor utilizado (al realizar la sustitución en una instalación existente) la potencia obtenida con el R407F en relación a la obtenida con R404A es:

En el compresor: corresponde a la potencia frigorífica total entregada por el compresor, incluyendo el recalentamiento total de aspiración que en realidad no es totalmente útil porque es una potencia entregada parcialmente fuera de los recintos frigoríficos.

Aunque se detallaran los cálculos más adelante, a modo de resumen se puede dar los siguientes valores para la instalación de referencia:

Régimen de trabajo	R404A	R407F
Positiva (-10/+50°C)	100%	111%
Negativa (-35/+50°C)	100%	85%

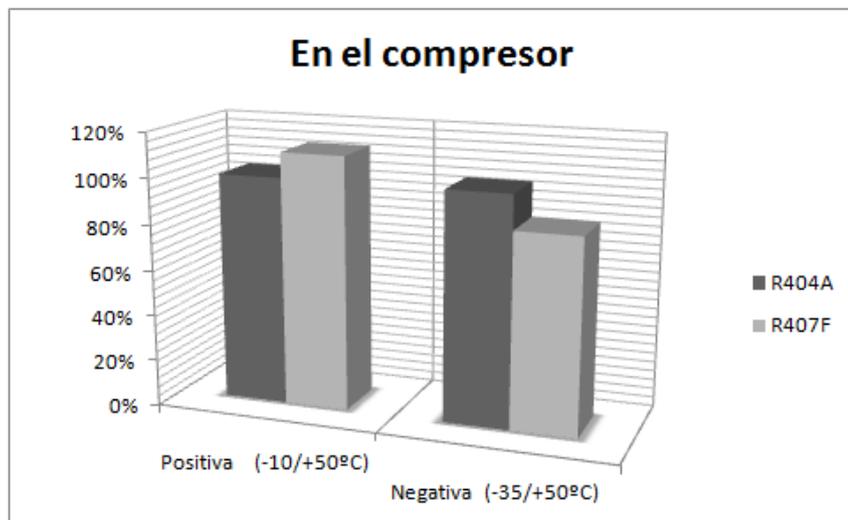


Grafico 6: Potencia frigorífica en el compresor con R407F

En evaporador: corresponde a la potencia frigorífica efectiva que recibe la instalación en los evaporadores, ya que solo se toma en cuenta la parte de potencia frigorífica asociada al recalentamiento útil que es aquel que se produce dentro del recinto frigorífica y, por tanto, que es aprovechada.

Para un mismo compresor, mismo recalentamiento útil (5K), y mismas condiciones de trabajo, la reducción de potencia frigorífica en evaporador para cada gas es:

Régimen de trabajo	R404A	R407F
Positiva (-10/+50°C)	4,70 %	3,14%
Negativa (-35/+50°C)	5,05%	3,02%

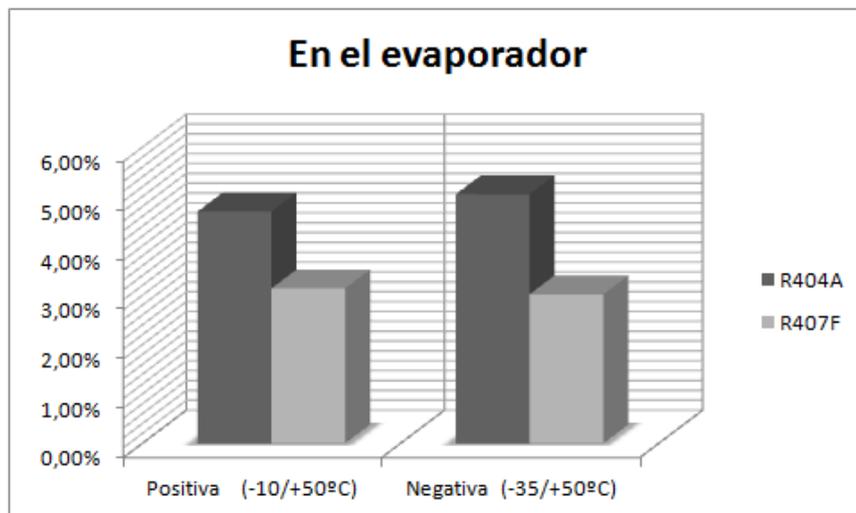


Grafico 7: Potencia frigorífica en el evaporador con R407F

Como podemos observar, el compresor dado, ofrece mayores prestaciones en evaporador en caso de R407F, que en R404A.

Cabe destacar que al ser el R407F un gas con un alto deslizamiento, estos valores pueden llegar a ser variables porque el deslizamiento que ocurre dentro del cambio de estado modifica la temperatura/presión de evaporación.

#### COP:

Como se ha mencionado anteriormente, el COP es el parámetro que podemos referenciar como indicador de eficiencia energética, por tanto a pesar de que para un mismo compresor, éste ofrezca menor potencia frigorífica, cabe la posibilidad que la relación de consumo sea menor y por tanto tener un COP superior.

Régimen de trabajo	R404A	R407F
Positiva (-10/+50°C)	100%	113%
Negativa (-35/+50°C)	100%	97%

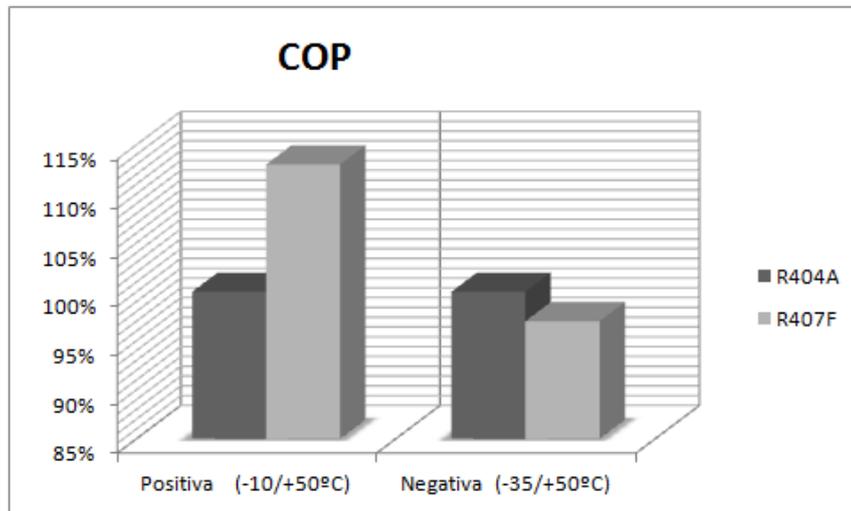


Grafico 8: COP con R407F

Podemos observar, que en negativa a pesar de reducirse mucho la potencia frigorífica ofrecida por el compresor, el COP es muy similar al R404A.

#### Temperaturas de descarga:

Un factor importante en estos nuevos gases sustitutos es tener presente las elevadas temperaturas de descarga, sobre todo, en regímenes de trabajo de baja temperatura.

Este aumento de temperaturas de descarga viene motivado por la disminución del caudal másico de refrigerante que circula por el compresor, sabemos que el compresor necesita refrigerarse y para ello emplea los gases de aspiración que refrigeran el bobinado del motor (en el caso de compresores semi herméticos, que son los que empleamos en este estudio, para otro tipo de compresores habría que realizar el estudio), por tanto, a menor caudal másico, menor refrigeración del motor y por tanto, mayor temperatura de salida de los gases del compresor.

La importancia de la influencia de las altas temperaturas de descarga del gas repercute también en el trabajo del aceite, ya que a elevadas temperaturas pierde su efectividad de lubricación (muy importante, por ejemplo, en el caso de compresores de tornillo, donde la temperatura del aceite está muy limitada).

En el caso del R407F, los límites de trabajo de los compresores a bajas temperaturas requieren de enfriamientos adicionales e incluso el sistema de enfriamiento por inyección de líquido (CIC)

Enfriamiento adicional mediante ventiladores de culata: a partir de evaporaciones de -20°C en condensación a +50°C

Enfriamiento adicional mediante sistema CIC: a partir de evaporaciones de  $-25^{\circ}\text{C}$  en condensación a  $+50^{\circ}\text{C}$ . (BITZER)

Régimen de trabajo	R404A	R407F	R404A	R407F
Caudal másico (kg/h)				
Positiva ( $-10/+50^{\circ}\text{C}$ )	1801	1292	100%	72%
Negativa ( $-35/+50^{\circ}\text{C}$ )	509	260	100%	51%
T° descarga ( $^{\circ}\text{C}$ )				
Negativa ( $-35/+50^{\circ}\text{C}$ )	78,4	98,8	100%	126%
Positiva ( $-10/+50^{\circ}\text{C}$ )	95,7	CIC	100%	CIC

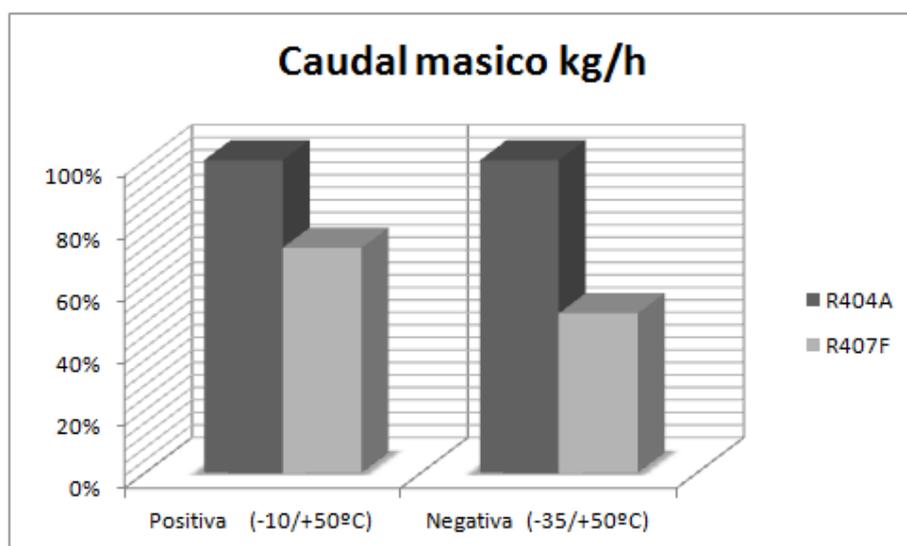


Gráfico 9: Caudal másico con R407F

Como podemos concluir, para el trabajo en baja temperatura en nuestra instalación es necesaria la incorporación del sistema de enfriamiento por inyección de líquido CIC, podemos ver la diferencia grande de caudal másico en baja temperatura, que llega a ser el 51% del respectivo para R404A.

#### 1.2.4. CONDENSADORES

En el caso de instalaciones con compresores alternativos de pistón, como es nuestra instalación, a igualdad de compresor de estudio, las necesidades de disipación de calor en condensación varían al pasar a una instalación con R407F.

Régimen de trabajo	R404A	R407F
Positiva (-10/+50°C)	100%	106%
Negativa (-35/+50°C)	100%	86%

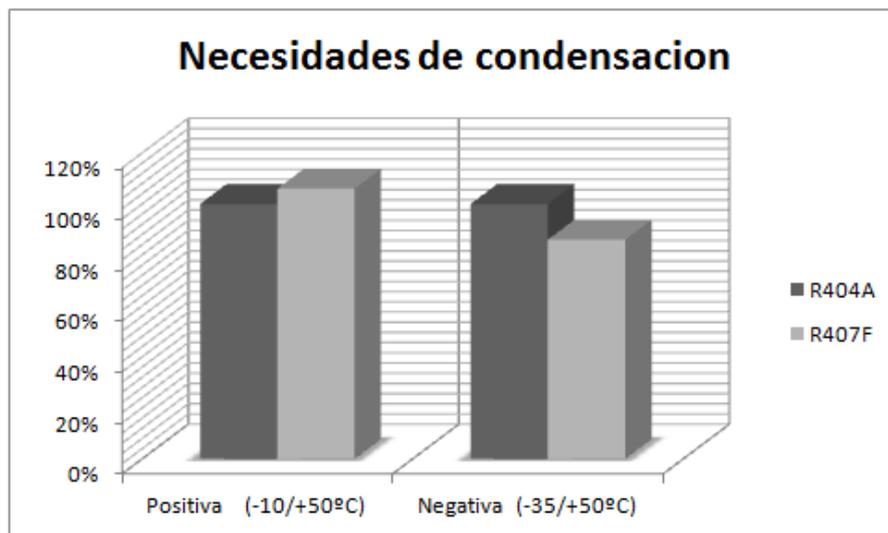


Gráfico 10: Necesidades de condensación con R407F

Cabe destacar de los datos expuestos, que en régimen de negativa, la potencia frigorífica con R407F es inferior a la de R404A, y ello contribuye a que la necesidad de condensación también sea menor.

Nuestro caso práctico lo desarrollaremos más adelante, no obstante y a modo de sacar una conclusión generalista de las repercusiones en el condensador, si tomamos una instalación de condensación por aire a régimen -10/+45°C con un DT de condensador de 10K, pasaría a tener con R407F un DT de 10.53 K. por tanto al reconvertir una instalación de R404A a R407F el condensador quedará más justo pero la necesidad de sustituirlo o ampliarlo dependerá de las temperaturas ambientes que rodean la instalación. Recordemos que a mayor temperatura de condensación, baja el rendimiento del compresor, penalizando la instalación.

### 1.2.5. TUBERIAS

La necesidad de tener que modificar las tuberías en una instalación existente puede ser un factor decisivo a la hora de la valoración de la sustitución de un gas refrigerante por otro, debido a que el trazado de las mismas y la complejidad de su recorrido hagan de ello una labor poco rentable.

Para la comparativa se realiza para el mismo desplazamiento del compresor y para la misma sección de tubería.

### LINEA DE LÍQUIDO

En la línea de líquido lo más importante es tener presente la capacidad frigorífica que puede dar la línea para que llegue el suficiente refrigerante a la instalación y que la pérdida de carga sea, en temperatura equivalente, máxima de 1°C para no reducir la capacidad en evaporación. La velocidad, y con ella, el arrastre de aceite es un factor menos influyente en su dimensionado debido a que en estado líquido el aceite es miscible con el refrigerante por lo que no tendrá problemas de circulación.

En el tramo de condensador a recipiente de líquido se trabaja con velocidades inferiores a 0,5 m/s y aguas abajo del recipiente en torno a 1 m/s.

En el caso del R407F, como hemos visto anteriormente, el caudal másico se reduce en gran medida, y teniendo en cuenta que el R407F es más denso que el R404A, circulará menor cantidad de refrigerante, por lo que a priori nos hace pensar en una disminución de velocidad para una tubería dada.

Positiva (-10/+50°C)			
	R404A		R407F
Velocidad	1.12 m/s	pasa a	0.68 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,7 K	pasa a	0,3 K
Perdida de carga en presión	0.992 bar	pasa a	0.385 bar

Negativa (-35/+50°C)			
	R404A		R407F
Velocidad	0.99 m/s	pasa a	0.53 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,8 K	pasa a	0,3 K
Perdida de carga en presión	1,337 bar	pasa a	0,462 bar

Como apuntábamos, se recomienda la reducción de la línea de líquido en ambos regímenes de trabajo al verse reducida la velocidad en casi un 50 %.

### LINEA DE ASPIRACION

La línea de aspiración es quizá, de las líneas frigoríficas de una instalación, la más conflictiva por varios aspectos:

Al ser la línea de menor temperatura (y presión) puede tener problemas de

arrastre de aceite, ya que el aceite estará en el punto de mayor viscosidad de toda la instalación, por lo que la velocidad de diseño es un punto fundamental.

Por otro lado, una pérdida de carga excesiva repercute directamente en el rendimiento del compresor, a mayor pérdida de carga, la evaporación disminuye lo que hace que el compresor tenga que evaporar más bajo de lo proyectado con un consumo eléctrico para la misma potencia frigorífica superior.

Y, en el caso de aspiraciones ascendentes de centrales, hay que prever diferentes montantes para la potencia mínima que puede llegar a ofrecer la central para asegurar el retorno del aceite.

Junto con la línea de gas caliente, en caso de existir, son las líneas de la instalación que se aíslan.

En los tramos de aspiración horizontal o vertical descendente se trabaja con velocidades aproximadamente de 10 m/s con una pérdida de carga inferior a 2 K y en los tramos de aspiración vertical ascendente se trabaja con velocidades aproximadamente de 12 -14 m/s con una pérdida de carga inferior a 2 K.

Positiva (-10/+50°C)			
	R404A		R407F
Velocidad	9,56 m/s	pasa a	8,91 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	1,122 K	pasa a	0,733 K
Perdida de carga en presión	1,07 bar	pasa a	0,681 bar

Negativa (-35/+50°C)			
	R404A		R407F
Velocidad	11,42 m/s	pasa a	10,62 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	1 K	pasa a	0,7 K
Perdida de carga en presión	1,264 bar	pasa a	0,753 bar

Podemos ver que los valores de velocidad y perdidas de carga no difieren mucho de un gas a otro, por lo que a priori no se recomienda la sustitución de las líneas de aspiración, aunque como se ha apuntado en el párrafo anterior, habría que estudiar con detalle las verticales ascendentes para asegurar el arrastre de

aceite.

### LINEA DE DESCARGA/GAS CALIENTE

La línea de descarga comprende la parte de tubería que sale desde el compresor hasta el condensador, y puede dividirse en dos tramos, con el punto de unión en el separador de aceite.

Es la línea de mayor temperatura (y presión).

En esta línea el factor más destacable podría ser su dimensionado en función del tendido de la misma. Por norma general, el condensador está en niveles superiores a los compresores (cuando tratamos centrales con condensador separado, en unidades condensadoras donde tanto el compresor como el condensador se encuentran en la misma bancada, no tenemos este inconveniente), por lo que hay que asegurar que después del separador de aceite la velocidad sea tal que pueda arrastrar el aceite en la instalación.

Y, en el caso de descargas ascendentes de centrales parcializadas, hay que prever diferentes montantes para la potencia mínima que puede llegar a ofrecer la central para asegurar el arrastre del aceite.

En los tramos de descarga antes de separador de aceite se trabaja con velocidades aproximadamente de 5 m/s con una pérdida de carga inferior a 2 K y en los tramos de descarga después de separador de aceite se trabaja con velocidades similares a las aspiraciones, en torno a 10m/s para horizontales o verticales descendentes y aproximadamente de 12 -14 m/s para vertical ascendente.

En ambas líneas, tanto aspiración como descarga, en los tramos ascendentes deben preverse sifones para la ayuda a la subida del aceite.

La línea de gas caliente es la línea que partiendo de la línea de descarga, se conduce hasta la salida de los evaporadores para su desescarche. Existen varios tipos de desescarche por gas caliente, lo cual se analizará en otro apartado de este trabajo, tan solo a modo genérico, la línea de gas caliente tendrá la ida (hasta el evaporador) y la vuelta de gas caliente (que dependiendo del sistema optado puede ser con vuelta a la línea de descarga antes de condensador, o bypass con la línea de líquido)

La línea de ida de gas caliente se dimensiona con los mismos parámetros especificados para la línea de descarga.

Positiva (-10/+50°C)			
	R404A		R407F
Velocidad	4,45 m/s	pasa a	4,10 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,7 K	pasa a	0,4 K
Perdida de carga en presión	1,077 bar	pasa a	0,671 bar

Negativa (-35/+50°C)			
	R404A		R407F
Velocidad	3,75 m/s	pasa a	3,31 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	1,2 K	pasa a	0,6 K
Perdida de carga en presión	0,6 bar	pasa a	0,341 bar

Podemos ver que los valores de velocidad no difieren mucho de un gas a otro, por lo que a priori no se recomienda la sustitución de las líneas de descarga, aunque como se ha apuntado en el párrafo anterior, habría que estudiar con detalle las verticales ascendentes para asegurar el arrastre de aceite. Además vemos que el mantenimiento de las líneas beneficia en cuanto a que la pérdida de carga se reduce en mayor proporción a la bajada de velocidad.

### 1.2.6. EVAPORADORES

Varios aspectos deben ser tenidos en cuenta en los evaporadores cuando se sustituye el R404A por R407F.

**POTENCIA FRIGORIFICA:** debido al alto deslizamiento (glide) de temperatura (6,4K) del R407F es esperable una disminución de las prestaciones de los evaporadores, esto en régimen de trabajo de bajas temperaturas se traduce un aproximadamente una pérdida del 3.4% sin embargo en medias temperaturas, el rendimiento es prácticamente el mismo, siendo de hasta un 2% superior en algunos casos respecto al R404A.

Para el cálculo de la maquinaria necesaria hay que tener en cuenta, por tanto, el trabajo en evaporación en su temperatura media, ya que si se considera el punto de rocío, los datos obtenidos serían inferiores a la realidad al ser el punto de rocío más bajo que el punto correspondiente a vapor.

### 1.2.7. VALVULAS DE EXPANSION:

Una válvula de expansión termostática se compone de dos partes separables, por un lado el cuerpo propiamente dicho de la válvula y por otro el orificio de la válvula. Cada cuerpo de válvula es válido para una gama de tamaños de orificios, los cuales se seleccionaran dependiendo del régimen de trabajo, gas y potencia frigorífica que son capaces de pasar.

El cuerpo de válvula del R404A NO es válido para el R407F, por lo que sería necesaria la sustitución de los cuerpos termostáticos de cada servicio, regular el recalentamiento de la misma para ajustar la instalación y en cada caso, el ajuste del oficio necesario. En cuanto al orificio, habría que recalcular su sección de paso, ya que el mismo orificio de válvula da mayor capacidad de paso en R407F que los de R404A, esto es consecuencia del menor caudal másico circulante y la mayor densidad del R407F con respecto al R404A.

En el caso de válvulas de expansión electrónicas, si su capacidad es válida, tan solo habría que reprogramar el control de las mismas, cambiando el tipo de gas.

### 1.2.8. ACCESORIOS SOMETIDOS A PRESION:

En este apartado se incluyen los separadores de aceite, recipientes de líquido, separadores de aspiración, válvula de seguridad etc.

El primer aspecto a tener en cuenta es la válvula de seguridad, y con ello la presión con la que trabaja cada refrigerante.

En la siguiente tabla se muestra la comparativa de presiones tanto en vapor saturado como de rocío para cada refrigerante.

COMPARATIVA PRESION – TEMPERATURA – R404A & R407F

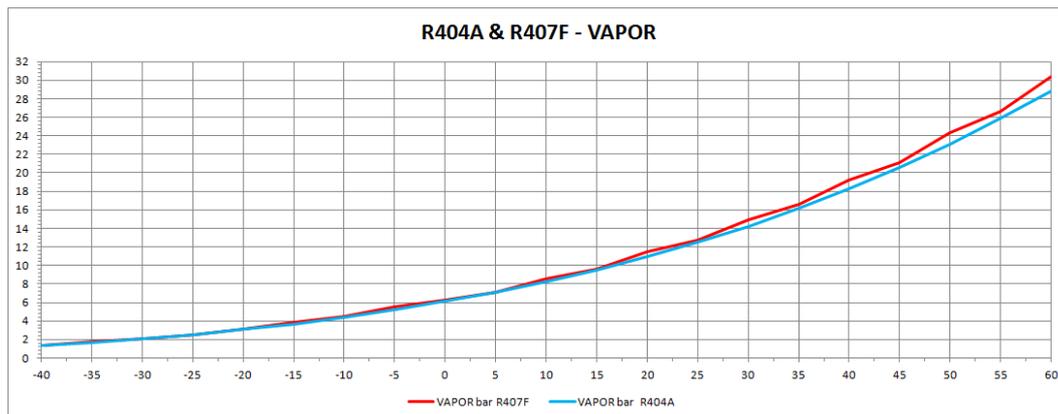


Gráfico 11: Diagrama presión-Temperatura R404A&R407F estado vapor

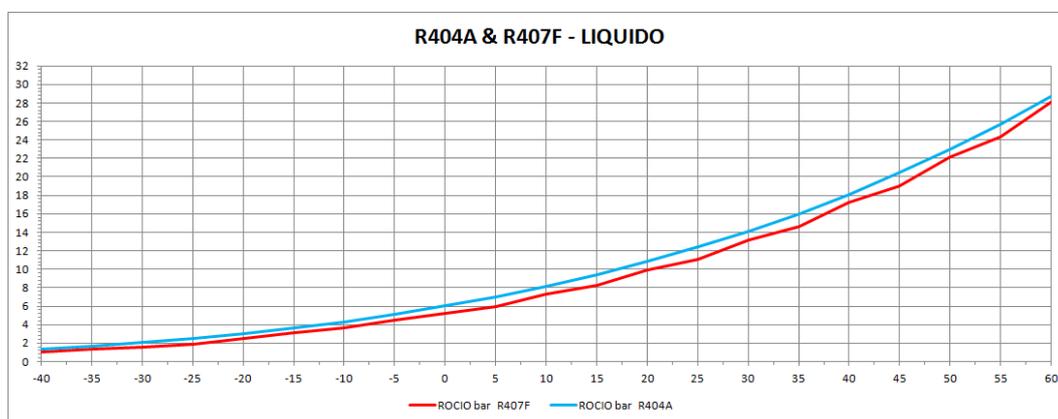


Gráfico 12: Diagrama presión-Temperatura R404A&R407F estado líquido

En las válvulas de seguridad tenemos la presión de condensación, por tanto, para temperaturas de condensación, vemos que la presión de líquido del R407F es inferior a la del R404A, y la correspondiente en vapor es superior (estas diferencias son consecuencias del alto deslizamiento del R407F). Las válvulas de seguridad de R404A suelen estar taradas a una presión de 27.5 bar, para el R407F esta presión equivaldría a tener 56°C en vapor y aprox. 58°C en líquido, por lo que podría considerarse válida la válvula de seguridad.

Otro aspecto a tener en cuenta es la necesidad del cambio del recipiente de líquido ya que con el cambio legislativo tanto del RD de instalaciones frigoríficas como el reglamento de aparatos a presión, los cuales obligan a un retimbrado de los recipientes de líquido cuando hay sustituciones de gases refrigerantes, por tanto, para recipientes de líquido pequeño suele ser recomendable cambiar el recipiente para cumplimiento de normativa por cuestiones económicas, pero en recipientes de gran envergadura, haría falta como mínimo su retimbrado.

Además, hay que tener presente la diferencia de caudal másico de la instalación

y la densidad del R407F, algo superior al R404A, sin embargo el caudal másico es menor, por lo que la capacidad del recipiente del R404A sería adecuado para el nuevo R407F.

En cuanto a los separadores de aceite, sería recomendable estudiar cada caso en función de si la línea de línea de descarga ha sufrido modificación, en caso contrario sería válido el separador de aceite de la instalación con R404A.

#### **1.2.9. FORMACION DE ESCARCHA EN ASPIRACION:**

Puesto que el caudal másico es menor en el caso de R407F, es presumible asumir que se formará menor escarcha en aspiración que en R404A.

#### **1.2.10. IMPACTO DE EFECTO INVERNADERO: TEWI:**

A continuación mostramos el cálculo del TEWI de ambos refrigerantes, en el que se engloba ambas emisiones.

R404A

**EL IMPACTO TOTAL EQUIVALENTE SOBRE EL CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO (TEWI) DE ESTA INSTALACIÓN EN SU VIDA ÚTIL ES DE:**

	(2) Kg. CO2	11.491.744	(3) Kg. CO2	7.131.354	
	Refrigerante utilizado	R 404A	Refrigerante utilizado	R- 404A	
<b>TOTAL EN COJUNTO DE LA INSTALACIÓN</b>				Kg. CO2	<b>18.623.097</b>
<b>DATOS DE CÁLCULO</b>	Vida útil de la instalación en años	25	Factor de fugas (%)	3	
Potencia total de compresores en Kw/h	2	103,60	3	62,45	
Tiempo de funcionamiento del sistema en años	18,75	Tiempo de funcionamiento diario (h.)	18		
Refrigerante de la instalación	R 404A	PCA	3784	Carga total refrigerante (Kg.)	795
Refrigerante de la instalación	R 404A	PCA	3784	Carga total refrigerante (Kg.)	530
		Fugas, expresadas en Kilogramos por año/circuito →		Emisión CO2, en Kg por Kw/h.	0,65
Consumo energético Kw/h-año	680652		Factor de recuperación, de 0 a 1		0,50
Consumo energético Kw/h-año	410296		→	23,85	15,90
(1) (2) (3)Circuitos independientes con distinta carga y potencia total de compresores					
Según la ITC-02, se emplea la fórmula: $TEWI = (PCA \times L \times n) + (PCA \times m (1 - \alpha \text{ recuperación})) + (n \times E \text{ anual} \times \beta)$					
PCA x L x n = Impacto debido a perdidas por fugas = PCA directo	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Fugas		
	1.692.158	1.128.105	2.820.263		
PCA x m(1 - $\alpha$ recuperación) = Impacto por pérdidas producidas en la recuperación = PCA directo	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Recup.		
	1.504.140	1.002.760	2.506.900		
n x E anual x $\beta$ = Impacto debido a la energía consumida = PCA indirecto	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Indirec.		
	8.295.446	5.000.489	13.295.935		
Porcentaje (%) a incrementar en el total de las tres formulas, por otros motivos	0 %	Total	18.623.097		

R407F

**EL IMPACTO TOTAL EQUIVALENTE SOBRE EL CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO (TEWI) DE ESTA INSTALACIÓN EN SU VIDA ÚTIL ES DE:**

		(2) Kg. CO2	9.652.939	(3) Kg. CO2	5.351.653	
		Refrigerante utilizado	R 407F	Refrigerante utilizado	R- 407F	
TOTAL EN COJUNTO DE LA INSTALACIÓN				Kg. CO2	<u>15.004.592</u>	
DATOS CÁLCULO DE	Vida útil de la instalación en años	25	Factor de fugas (%)	3	1,041666667	
Potencia total de compresores en Kw/h		2	101,60	3	54,20	
Tiempo de funcionamiento del sistema en años		18,75	Tiempo de funcionamiento diario (h.)		18	
Refrigerante de la instalación	R 407F	PCA	1705	Carga total refrigerante (Kg.)	837	
Refrigerante de la instalación	R 407F	PCA	1705	Carga total refrigerante (Kg.)	558	
		Fugas, expresadas en Kilogramos por año/circuito →		Emisión CO2, en Kg por Kw/h.	0,65	
Consumo energético Kw/h-año	667512		Factor de recuperación, de 0 a 1		0,50	
Consumo energético Kw/h-año	356094		→	25,13	16,76	
<b>JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS</b>						
(1) (2) (3) Circuitos independientes con distinta carga y potencia total de compresores						
Según la ITC-02, se emplea la fórmula: $TEWI = (PCA \times L \times n) + (PCA \times m (1 - \alpha \text{ recuperación})) + (n \times E \text{ anual} \times \beta)$						
PCA x L x n = Impacto debido a pérdidas por fugas = PCA directo	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Fugas			
	803.455	535.636	1.339.091			
PCA x m(1 - α recuperación) = Impacto por pérdidas producidas en la recuperación = PCA directo	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Recup.			
	714.182	476.121	1.190.303			
n x E anual x β = Impacto debido a la energía consumida = PCA indirecto	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Indirec.			
	8.135.303	4.339.896	12.475.198			
Porcentaje (%) a incrementar en el total de las tres formulas, por otros motivos				0 %	Total	15.004.592

Podemos observar que el R407F contribuye de forma efectiva a la reducción del efecto invernadero teniendo una reducción de 3.600 Tn CO<sub>2</sub> en la vida útil de la instalación.

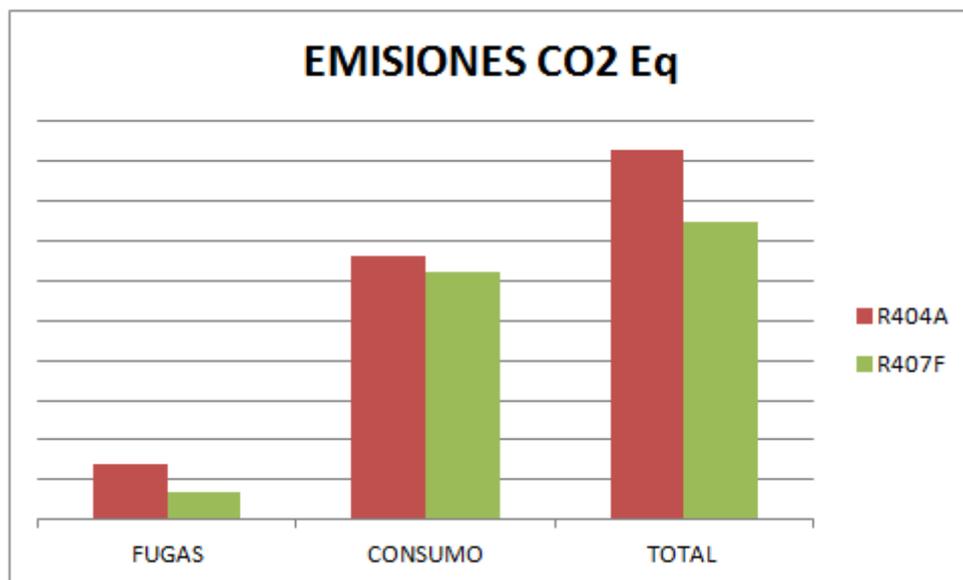


Grafico 13: Emisiones CO<sub>2</sub> R404A& R407F

### 1.3. SUSTITUCIÓN DIRECTA EN LA INSTALACION :

En este apartado vamos a analizar cada uno de los factores descritos anteriormente aplicándolo a la instalación objeto de estudio, para valorar si en este caso sería viable en aspectos técnicos, medioambientales y económicos.

#### 1.3.1. Verificación de componentes de la instalación:

##### 1.3.1.1. Compresores:

En este apartado vamos a analizar la capacidad frigorífica obtenida de los compresores existentes con el R407F con objeto de verificar que son suficientes los compresores existentes.

Los datos de las centrales existentes para cada régimen de trabajo se han descrito en el apartado de instalación existente con R404A, partiendo de la maquinaria existente, obtenemos los siguientes datos: (BITZER 2015)

**DATOS CENTRAL POSITIVA:****4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

DATOS R404A		DATOS R407F	
DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -10°C	DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -10°C
Tª CONDENSACION CON AGUA	+50°C	Tª CONDENSACION AGUA	+50°C
CAPACIDAD W	48,9	CAPACIDAD KW	54,2
POTENCIA KW	25,9	POTENCIA KW	25,4
<b>COP</b>	<b>1,88</b>	<b>COP</b>	<b>2,13</b>
NECESIDAD CONDENSACION KW	75	NECESIDAD CONDENSACION KW	79,6
<b>DATOS POR CENTRAL</b>		<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	195,6	CAPACIDAD KW	216,8
POTENCIA KW	103,6	POTENCIA KW	101,6
<b>DATOS CONDENSACION</b>		<b>DATOS CONDENSACION</b>	
NECESIDAD CONDENSACION KW	300	NECESIDAD CONDENSACION KW	318,4

**DATOS CENTRAL NEGATIVA:****5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K**

DATOS R404A		DATOS R407F	
DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -35°C	DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -35°C CON CIC
Tª CONDENSACION AGUA	+50°C	Tª CONDENSACION	+50°C
CAPACIDAD KW	11,69	CAPACIDAD KW	9,92
POTENCIA KW	12,49	POTENCIA KW	10,84
<b>COP</b>	<b>0,94</b>	<b>COP</b>	<b>0,91</b>
NECESIDAD CONDENSACION KW	24,2	NECESIDAD CONDENSACION KW	20,8
<b>DATOS POR CENTRAL</b>		<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	58,45	CAPACIDAD KW	49,6
POTENCIA KW	62,45	POTENCIA KW	54,2
<b>DATOS CONDENSACION</b>		<b>DATOS CONDENSACION</b>	
NECESIDAD CONDENSACION KW	121	NECESIDAD CONDENSACION KW	104

DEMANDA DE POTENCIA		
	POSITIVA	NEGATIVA
Murales	132.366 W	17.535 W
Cámaras	37.310 W	4.090 W
TOTALES	169.676 W	21.625 W

POTENCIA DE CENTRALES R404A & R407F		
	POSITIVA	NEGATIVA
R404A	195.600 W	58.450 W
R407F	216.800 W	49.600 W

La central de temperatura positiva trabajando con R407F ofrece una mayor potencia frigorífica, por lo que la instalación existente admitiría en cuanto a potencia frigorífica en compresores el cambio de refrigerante.

Con esta disponibilidad con R407F tendríamos un coeficiente de simultaneidad (c.s.) de 1,28 y, en caso de parada por avería de un compresor, dicho coeficiente pasaría a 0,96 que puede ser válido en la mayor parte del año.

La central de temperatura negativa trabajando con R407F ofrece una menor potencia frigorífica, pero superior a la demandada por la instalación, por lo que la instalación existente admitiría en cuanto a potencia frigorífica en compresores el cambio de refrigerante.

Con esta disponibilidad con R407F tendríamos un coeficiente de simultaneidad (c.s.) de 2,29 y, en caso de parada por avería de un compresor, dicho coeficiente pasaría a 1,83 válido todo el año.

El factor de mayor importancia es la necesidad de incorporación de enfriamientos adicional y del sistema CIC en los compresores de negativa, esto incluye la necesidad de incorporar un ventilador de culata por compresor, ampliación en la línea de líquido de la instalación, al tener que dar servicio al sistema CIC. Estas inversiones se valoraran frente al ahorro obtenido con el fin

de concluir la efectividad de la reconversión.

### 1.3.1.2. Evaporadores:

Como se ha visto en el apartado de generalidades en la sustitución del R404A por R407F, para un mismo evaporador, trabajando con R407F, tiene una mayor potencia frigorífica, en nuestra instalación los datos son los siguientes: (SCELTE32 2015)

	DENOMINACIÓN DEL LOCAL	EVAPORADORES	MODELO R404A	CAPACIDAD KW R404A	CAPACIDAD KW R407F
1	C. FRUTAS.	CUBICO AIRE	CTE-351-E4	3,63	4,538
2	C. PESCADO	CUBICO ED	CTE-63-M6 ED	3,156	3,833
3	C. RESIDUOS.	CUBICO ED	CTE-20-M6 ED	1,024	1,28
4	C. LACTEOS	CUBICO ED	CTE-96-M 6ED	4,996	6,067
5	C. CARNES	CUBICO ED	CTE-351-E4 ED	3,718	4,515
6	C. EMPACADOS	CUBICO ED	CTE-29-M6 ED	1,72	2,023
7	C. AVES	CUBICO ED	CTE-41-M6 ED	2,108	2,56
8	C.PROD.TERMIN.	SEMIPLAFON AIRE	MIC-200	1,246	1,513
9	C. QUESOS	CUBICO ED	CTE-20-M6 ED	0,961	1,202
10	C. CHARCUTERIA.	CUBICO ED	CTE-29-M6 ED	1,416	1,72
11	C. PASTELERIA.	CUBICO ED	CTE-20-M6 ED	1,273	1,498
12	C. ENVIOS	CUBICO ED	CTE-41-M6 ED	2,738	3,221
13	C CONSIGNA.	SEMIPLAFON AIRE	MIC-100	0,757	0,89
14	L. CHARCUTERIA.	PLAFON	EVS-290	2,129	2,505
15	L. CARNES.	PLAFON	MTE-23-H4	2,553	3,004
16	L. PLATOS PREP.	PLAFON	EVS-290	2,129	2,505
17	L. PICADO CARNE.	SEMIPLAFON AIRE	MIC-100	0,83	0,977
18	L. PESCADO	PLAFON	MTE-34-H4	4,478	5,269
19	C. CONGEL. GENERAL	CUBICO ED	CTE-351-E8 ED	2,887	3,428
20	C. CONGEL. ENVIOS	CUBICO ED	CTE 23 L8 ED	1,148	1,364
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	CUBICO ED	CTE-16-L8 ED	0,951	1,13
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	SEMIPLAFON AIRE	EVS-130/B ED	0,667	0,792

DENOMINACION		Tª	POTENCIA FRIGORIFICA R404A	POTENCIA FRIGORIFICA CON R407F
MURALES REFRIGERADOS				
1	FRUTAS 1	2,00	2350	2820
2	FRUTAS 2	2,00	4688	5625,6
3	FRUTAS 3	2,00	4688	5625,6
4	FRUTAS 4	2,00	4102	4922,4
5	PASTELERIA	0,00	5570	6684
6	VITRINA CHARCUTERIA 1	2,00	1901	2281,2
7	VITRINA CHARCUTERIA 2	2,00	1102	1322,4
8	CHARCUTERIA 1	2,00	4675	5610
9	CHARCUTERIA 2	2,00	6432	7718,4
10	CHARCUTERIA 3	2,00	7016	8419,2
11	CHARCUTERIA 4	2,00	2923	3507,6
12	VITRINA CARNES	0,00	2630	3156
13	CARNES 1	0,00	2765	3318
14	CARNES 2	0,00	8366	10039,2
15	CARNES 3	0,00	10211	12253,2
16	PATES	0,00	11140	13368
17	MOSTRADOR PESCADO	0,00	7700	9240
18	MOSTRADOR MARISCO	0,00	4000	4800
19	PESCADO	0,00	5570	6684
20	LACTEOS 1	2,00	6432	7718,4
21	LACTEOS 2	2,00	7016	8419,2
22	CABINA LACTEOS 1	2,00	1460	1752
23	CABINA LACTEOS 2	2,00	1460	1752

24	LACTEOS 3	2,00	8770	10524
25	CABINA LACTEOS 3	2,00	1460	1752
26	CABINA LACTEOS 4	2,00	1460	1752
27	VITRINA SALAZONES	0,00	1164	1396,8
28	VITRINA ENCURTIDOS	0,00	543	651,6
29	EXPOSITOR DE ZUMOS	2,00	2400	2880
30	VITRINA PLATOS PREPARADOS	2,00	1508	1809,6
31	VITRINA PASTELERIA	0,00	864	1036,8
MURALES CONGELADOS				
32	ISLA CONGELADOS 1	-22	2750	3272,5
33	ISLA CONGELADOS 2	-22	2750	3272,5
34	ISLA CONGELADOS 3	-22	2475	2945,25
35	ISLA CONGELADOS 4	-22	1650	1963,5
36	CABINA CONGELADOS 1	-22	1090	1297,1
37	ISLA CONGELADOS 5	-22	1770	2106,3
38	ISLA CONGELADOS 6	-22	1770	2106,3
39	CABINA CONGELADOS 2	-22	1090	1297,1
40	CABINA CONGELADOS 3	-22	1090	1297,1
41	VITRINA PASTELERIA CONGELADOS	-22	1100	1309

Por tanto, damos por validos los evaporadores, murales y vitrinas existentes.

#### 1.3.1.3. Condensador:

La condensación de la instalación existente es mediante agua en sistema de circuito cerrado, para ello existen unos intercambiadores de calor en la sala de máquinas de 480KW en positiva y 170 KW en negativa.

Las necesidades de condensación con R407F son de 318,4 KW en positiva y

104 KW en negativa, por lo que el sistema de condensación existente es válido para la reconversión.

#### 1.3.1.4. Calculo de tuberías:

La sala de máquinas, que comprende la ubicación de los compresores, los condensadores multitubulares, los recipientes de ambas centrales y las bombas de agua de condensación, se encuentra en la planta sótano -2, mientras que los servicios (cámaras y murales) se encuentran en el semisótano con una diferencia de cotas de 6m aproximadamente.

Esta diferencia de alturas las asume de forma vertical ascendente las líneas de líquido y de forma vertical descendente las aspiraciones. La línea de descarga por tanto tiene su recorrido en la propia sala de máquinas, siendo la línea de agua de condensación la que asume la altura geométrica hasta los aros enfriadores situados en cubierta.

Partiendo de la base del estudio realizado de forma genérica en la reconversión del gas a R407F, en el cuál se dan por válidas las tuberías tanto de aspiración y descarga cuando las variaciones de alturas geométricas en la instalación no son importantes, podemos dar por válidas las tuberías existentes tanto es aspiración como en descarga, ya que a pesar de la aspiración sí que asume una diferencia de cotas, es a nuestro favor al ser en tramo descendente.

Para la central de positiva, existen cuatro líneas de líquido generales, de 1 3/8" de sección que dan servicio de forma zonificada a los servicios, para esta sección los datos de cálculo de las líneas serian:

Positiva (-10/+50°C)	1 3/8"			Sustitución a 7/8"
	R404A		R407F	R407F
Velocidad	1 m/s	pasa a	0,60 m/s	1,07 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,004 K/m	pasa a	0,002 K/m	0,009 k/m
Perdida de carga en presión	0,021 bar/m	pasa a	0.0092 bar/m	0,005 bar/m

Para la central de negativa, existen dos líneas de líquido generales, de 3/4" de sección que dan servicio de forma zonificada a los servicios, para esta sección los datos de cálculo de las líneas serian:

Negativa (-35/+50°C)	3 / 4 “			Sustitución a 5/8”
	R404A		R407F	R407F
Velocidad	0.90 m/s	pasa a	0,49 m/s	0,73 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,007 K/m	pasa a	0,003 K/m	0,007 K/m
Perdida de carga en presión	0,004 bar/m	pasa a	0,001 bar/m	0,004 bar/m

### 1.3.1.5. Calculo de accesorios:

En este apartado se van a analizar los accesorios como.

- Válvulas de expansión: Como se ha comentado anteriormente, el cuerpo termostático de la válvula de expansión habría que modificarle por el modelo TE2, por lo que sería preciso modificar cada una de las válvulas de expansión existentes.

A continuación se muestran los orificios precisos para las válvulas de expansión con R407F, remarcándose en qué servicios haría falta la modificación del orificio además del reajuste del recalentamiento y sustitución del cuerpo termostático, en todas ellos. (DANFOSS)

	DENOMINACIÓN DEL LOCAL	CAPACIDAD KW R407F	EXPANSION R407F ELEMENTO TERMOSTATICO TE2
CAMARAS			
			NUMERO DE ORIFICIO
1	C. FRUTAS.	4,54	N02
2	C. PESCADO	3,83	N01
3	C. RESIDUOS.	1,28	N0X
4	C. LACTEOS	6,07	N03
5	C. CARNES	4,52	N02
6	C. EMPACADOS	2,02	N00
7	C. AVES	2,56	N00

8	C.PROD.TERMIN.	1,51	N00
9	C. QUESOS	1,20	N00
10	C. CHARCUTERIA.	1,72	N00
11	C. PASTELERIA.	1,50	N00
12	C. ENVIOS	3,22	N01
13	C CONSIGNA.	0,89	NOX
14	L. CHARCUTERIA.	2,51	N01
15	L. CARNES.	3,00	N01
16	L. PLATOS PREP.	2,51	N01
17	L. PICADO CARNE.	0,98	N00
18	L. PESCADO	5,27	N03
19	C. CONGEL. GENERAL	3,43	N03
20	C. CONGEL. ENVIOS	1,36	N00
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	1,13	N00
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	0,79	NOX
MURALES			TE2
1	FRUTAS 1	2,82	N00
2	FRUTAS 2	5,63	N03
3	FRUTAS 3	5,63	N03
4	FRUTAS 4	4,92	N03
5	PASTELERIA	6,68	N03
6	VITRINA CHARCUTERIA 1	2,28	N01
7	VITRINA CHARCUTERIA 2	1,32	N00
8	CHARCUTERIA 1	5,61	N03
9	CHARCUTERIA 2	7,72	N03

10	CHARCUTERIA 3	8,42	N03
11	CHARCUTERIA 4	3,51	N01
12	VITRINA CARNES	3,16	N01
13	CARNES 1	3,32	N01
14	CARNES 2	10,04	N04
15	CARNES 3	12,25	N05
16	PATES	13,37	N05
17	MOSTRADOR PESCADO	9,24	N04
18	MOSTRADOR MARISCO	4,80	N02
19	PESCADO	6,68	N03
20	LACTEOS 1	7,72	N03
21	LACTEOS 2	8,42	N03
22	CABINA LACTEOS 1	1,75	N00
23	CABINA LACTEOS 2	1,75	N00
24	LACTEOS 3	10,52	N04
25	CABINA LACTEOS 3	1,75	N00
26	CABINA LACTEOS 4	1,75	N00
27	VITRINA SALAZONES	1,40	N01
28	VITRINA ENCURTIDOS	0,65	N0X
29	EXPOSITOR DE ZUMOS	2,85	N01
30	VITRINA PLATOS PREPARADOS	1,79	N00
31	VITRINA PASTELERIA	1,03	N00
32	ISLA CONGELADOS 1	3,27	N02
33	ISLA CONGELADOS 2	3,27	N02
34	ISLA CONGELADOS 3	2,94	N02

35	ISLA CONGELADOS 4	1,96	N02
36	CABINA CONGELADOS 1	1,30	N01
37	ISLA CONGELADOS 5	2,10	N02
38	ISLA CONGELADOS 6	2,10	N02
39	CABINA CONGELADOS 2	1,30	N01
40	CABINA CONGELADOS 3	1,30	N01
41	VITRINA PASTELERIA CONGELADOS	1,31	N01

- Recipientes de líquido: será necesario su retimbrado para cumplimiento de la normativa vigente de aparatos a presión. La capacidad de los recipientes sería suficiente para albergar la cantidad de refrigerante de la instalación.
- Separador de aceite: al tratarse del mismo aceite, no es necesario el cambio, la capacidad del separador es capaz de asumir la potencia frigorífica que ofrece el R407F. además no hay modificación de línea de descarga, por lo que dimensionalmente es válido.
- Separador de aspiración: ídem al separador de aceite. La línea de aspiración no sufre modificación, por lo que dimensionalmente es válido.
- Válvulas solenoide: Al igual que en las válvulas de expansión, al modificarse la capacidad frigorífica capaz de ofrecer la válvula para el nuevo gas, hay ciertas válvulas que no serían aceptables en la instalación tras la sustitución del refrigerante. A continuación se describen las válvulas necesarias para el correcto funcionamiento con R407F y se remarcan las que son objeto de sustitución.

	DENOMINACIÓN DEL LOCAL	CAPACIDAD KW R407F	SOLENOIDE R407F CON BOBINA
CAMARAS			
1	C. FRUTAS.	4,54	EVO100 - 1/4"S
2	C. PESCADO	3,83	EVO100 - 1/4"S
3	C. RESIDUOS.	1,28	EVO100 - 1/4"S
4	C. LACTEOS	6,07	EVO101 - 1/4"S

5	C. CARNES	4,52	EVO101 - 1/4"S
6	C. EMPACADOS	2,02	EVO100 - 1/4"S
7	C. AVES	2,56	EVO100 - 1/4"S
8	C.PROD.TERMIN.	1,51	EVO100 - 1/4"S
9	C. QUESOS	1,20	EVO100 - 1/4"S
10	C. CHARCUTERIA.	1,72	EVO100 - 1/4"S
11	C. PASTELERIA.	1,50	EVO100 - 1/4"S
12	C. ENVIOS	3,22	EVO100 - 1/4"S
13	C CONSIGNA.	0,89	EVO100 - 1/4"S
14	L. CHARCUTERIA.	2,51	EVO100 - 1/4"S
15	L. CARNES.	3,00	EVO100 - 1/4"S
16	L. PLATOS PREP.	2,51	EVO100 - 1/4"S
17	L. PICADO CARNE.	0,98	EVO100 - 1/4"S
18	L. PESCADO	5,27	EVO101 - 1/4"S
19	C. CONGEL. GENERAL	3,43	EVO101 - 1/4"S
20	C. CONGEL. ENVIOS	1,36	EVO100 - 1/4"S
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	1,13	EVO100 - 1/4"S
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	0,79	EVO100 - 1/4"S
<b>MURALES</b>			
1	FRUTAS 1	2,82	EVO100 - 1/4"S
2	FRUTAS 2	5,63	EVO101 - 1/4"S
3	FRUTAS 3	5,63	EVO101 - 1/4"S
4	FRUTAS 4	4,92	EVO101 - 1/4"S
5	PASTELERIA	6,68	EVO101 - 1/4"S
6	VITRINA CHARCUTERIA 1	2,28	EVO100 - 1/4"S

7	VITRINA CHARCUTERIA 2	1,32	EVO100 - 1/4"S
8	CHARCUTERIA 1	5,61	EVO101 - 1/4"S
9	CHARCUTERIA 2	7,72	EVO101 - 1/4"S
10	CHARCUTERIA 3	8,42	EVO101 - 1/4"S
11	CHARCUTERIA 4	3,51	EVO101 - 1/4"S
12	VITRINA CARNES	3,16	EVO101 - 1/4"S
13	CARNES 1	3,32	EVO101 - 1/4"S
14	CARNES 2	10,04	EVO102 - 3/8"S
15	CARNES 3	12,25	EVO102 - 3/8"S
16	PATES	13,37	EVO102 - 3/8"S
17	MOSTRADOR PESCADO	9,24	EVO102 - 3/8"S
18	MOSTRADOR MARISCO	4,80	EVO101 - 1/4"S
19	PESCADO	6,68	EVO101 - 1/4"S
20	LACTEOS 1	7,72	EVO102 - 3/8"S
21	LACTEOS 2	8,42	EVO102 - 3/8"S
22	CABINA LACTEOS 1	1,75	EVO100 - 1/4"S
23	CABINA LACTEOS 2	1,75	EVO100 - 1/4"S
24	LACTEOS 3	10,52	EVO102 - 3/8"S
25	CABINA LACTEOS 3	1,75	EVO100 - 1/4"S
26	CABINA LACTEOS 4	1,75	EVO100 - 1/4"S
27	VITRINA SALAZONES	1,40	EVO100 - 1/4"S
28	VITRINA ENCURTIDOS	0,65	EVO100 - 1/4"S
29	EXPOSITOR DE ZUMOS	2,85	EVO100 - 1/4"S
30	VITRINA PLATOS PREPARADOS	1,79	EVO100 - 1/4"S
31	VITRINA PASTELERIA	1,03	EVO100 - 1/4"S

32	ISLA CONGELADOS 1	3,27	EVO101 - 1/4"S
33	ISLA CONGELADOS 2	3,27	EVO101 - 1/4"S
34	ISLA CONGELADOS 3	2,94	EVO101 - 1/4"S
35	ISLA CONGELADOS 4	1,96	EVO101 - 1/4"S
36	CABINA CONGELADOS 1	1,30	EVO101 - 1/4"S
37	ISLA CONGELADOS 5	2,10	EVO101 - 1/4"S
38	ISLA CONGELADOS 6	2,10	EVO101 - 1/4"S
39	CABINA CONGELADOS 2	1,30	EVO101 - 1/4"S
40	CABINA CONGELADOS 3	1,30	EVO101 - 1/4"S
41	VITRINA PASTELERIA CONGELADOS	1,31	EVO101 - 1/4"S

### 1.3.2. Calculo del rendimiento

En este apartado valoraremos el rendimiento de la instalación con el cambio de gas refrigerante a R407F tanto en régimen de positiva como en régimen de negativa.

Partiendo de los datos obtenidos de la producción frigorífica de los compresores con cada uno de los gases, veremos el rendimiento, horas de funcionamiento y consumos eléctricos estimados de cada central para cada tipo de gas, considerando el mismo sistema y temperaturas tanto de condensación como de evaporación a las existentes.

**CALCULOS CENTRAL POSITIVA:  
4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

<b>CALCULOS R404A</b>		<b>CALCULOS R407F</b>	
CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION - 10°C	CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION - 10°C
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68
POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	48,90	POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	54,20
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,47	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,13
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,66	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	227,87	POTENCIA DADA POR COMPRESORES	216,80
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,87	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	18,78
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,90	CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,40
CONSUMO ELECTRICO Kwh	2.156,86	CONSUMO ELECTRICO Kwh	1.908,39
CONSUMO ELECTRICO Kwh/MES	64.705,89	CONSUMO ELECTRICO Kwh/MES	57.251,56

**CALCULOS CENTRAL NEGATIVA:****5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K****CALCULOS R404A**

CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION - 35°C
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63
POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	11,69
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,85
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	3,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	35,07
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	14,80
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	12,49
CONSUMO ELECTRICO kWh	554,52
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	16.635,53

**CALCULOS R407F**

CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION -35°C CON CIC
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63
POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	9,92
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	2,18
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	3,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	29,76
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,44
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	10,84
CONSUMO ELECTRICO kWh	567,13
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	17.013,99

### 1.3.3. Comparativa de ahorro energético

Lo realmente importante a la hora de realizar el cambio de gas refrigerante, además de los parámetros legislativos que hemos ido mencionando a lo largo del trabajo, es si realmente se obtendrían ahorros energéticos con el cambio, para ello vamos a realizar la comparativa, evaluando la mejora de rendimiento en base al COP y de forma porcentual.

El ahorro económico está basado en un precio de 12 c€/ kWh como precio medio de mercado eléctrico.

#### **AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA:**

**4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

R404A		R407F	
CONSUMO ELECTRICO kWh	2.156,86	CONSUMO ELECTRICO kWh	1.908,39
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	64.705,89	CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	57.251,56
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES		7.454,33 kWh/mes	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		10.734,23 €/año	
		12%	

#### **AHORRO ENERGETICO CENTRAL NEGATIVA:**

**5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K**

R404A		R407F	
CONSUMO ELECTRICO kWh	554,52	CONSUMO ELECTRICO kWh	567,13
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	16.635,53	CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	17.013,99
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES		-378,47 kWh/mes	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		-544,99 €/año	
		-2%	

Podemos observar que el R407F tiene muy buen rendimiento trabajando en temperaturas de régimen de positiva (-10°C evaporación) sin embargo el rendimiento es inferior al R404A cuando trabajamos en bajas temperaturas (-35°C de evaporación).

De forma global obtenemos un ahorro de:

	AHORRO EN CONSUMO ELECTRICO
POSITIVA	7.454,33 kWh/ mes
NEGATIVA	-378,47 kWh/ mes
GLOBAL	<b>7.075,86 kWh/mes</b>
	<b>10.189,24 €/año</b>

#### 1.3.4. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar la sustitución del gas refrigerante.

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

- por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y
- por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de CO<sub>2</sub> del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El R407F es un gas con PCA de 1705 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico tras la reconversión del gas con los datos expuestos anteriormente de consumos para ambos refrigerantes y ambos regímenes de trabajo:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	84.910,32 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	<b>55.191,71 kg CO<sub>2</sub>/año</b>

La reducción de las toneladas equivalentes debidas a las posibles emisiones

fugitivas del gas refrigerante, considerando un 3% de fugas, son:

GAS	PCA	KG GAS	FUGAS	EMISION Kg CO2
R404A	3784	1325	39,75	150.414
R407F	1705	1395	41,85	71.354
<b>REDUCCION</b>			<b>79.060 Kg CO2</b>	

### 1.3.5. Valoración económica de la inversión

Las modificaciones necesarias para la realización de la sustitución del refrigerante, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Sistema CIC en compresores de Negativa	Ud.	5,00	1.008,00	5.040,00
Ventilador de culata en compresores de Negativa	Ud.	5,00	476,00	2.380,00
Modificación línea liquido por incorporación de CIC en central de Negativa	Ud.	1,00	1.008,00	1.008,00
Sustitución de línea de liquido				
4 líneas en Positiva a 7/8"	m.	120,00	12,85	1.542,00
2 líneas en Negativa a 5/8"	m.	60,00	8,23	493,80
Válvulas de expansión				
Elementos termostáticos TE2	Ud.	63,00	118,00	7.434,00
Orificios	Ud.	25,00	75,60	1.890,00
Ajuste de recalentamientos	Ud.	63,00	10,00	630,00
Válvulas solenoide	Ud.	8,00	65,74	525,90
Retimbrado de recipiente	Ud.	2,00	350,00	700,00
KG GAS R407F				
Positiva : 750 l	Kg	837,75	22,00	18.430,50
Negativa: 500l	Kg	58,50	22,00	12.287,00
<b>TOTAL MATERIALES SUSTITUCION DIRECTA</b>				<b>52.361,20</b>
MANO DE OBRA (30%)				15.708,36
ACCESORIOS (15%)				7.854,18
IMPREVISTOS (2,5%)				1.309,03
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>77.232,77</b>

#### OBSERVACIONES AL PRESUPUESTO:

*Sustitución de línea de líquido:*

A pesar de que de forma teórica y de cálculo para cumplir con criterios de velocidad en la línea de líquido, hiciese falta la modificación de las líneas de líquido existentes, en la práctica, el que la línea de líquido sea de sección superior a la requerida no ocasiona ningún inconveniente a la instalación, en cuanto a funcionamiento y fiabilidad ya que el aceite va mezclado con el líquido, por lo que circulará sin mayor problema, al ser la sección existente superior a la necesaria, la capacidad de transporte de potencia frigorífica no se ve perjudicada.

Sin embargo habría que comprobar que la ganancia de temperatura por una circulación más lenta no perjudique de forma excesiva en el sub enfriamiento considerado, un aumento de la temperatura del sub enfriamiento considerado a la salida del condensador, haría que en el evaporador entrase, tras la expansión, con un mayor porcentaje de gas al esperado inicialmente.

#### POSIBILIDAD DE FUGAS ANUALES:

Otro aspecto a considerar en la valoración económica es la posibilidad de fugas en la instalación, factor importante por la existencia del impuesto sobre los gases refrigerantes.

Según la estimación del 3% de fugas que puede darse de forma estadística en las instalaciones el coste en comparación con el R404A sería de:

GAS	KG FUGAS ANUAL	COSTE GAS CON IMPUESTO 2016	IMPORTE
R404A	39,75 kg	87,68 €	3.485,28 €
R407F	41,85 kg	56,10 €	2.347,78 €

NOTA: Debido al alto PCA del R404A y la tasa de fabricación impuesta a los fabricantes la tendencia del precio del R404A es al alza, por lo que se esperan un incremento considerable del precio de adquisición del R404A.

#### 1.3.6. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
77.232,77 €	10.189,84 €	7,58 Años

### 1.4. SUSTITUCIÓN Y MEJORA CON CONDENSACIÓN FLOTANTE:

#### 1.4.1. Descripción del sistema

En este apartado vamos a considerar la posibilidad de mejorar de forma eficiente la instalación una vez realizada la sustitución del refrigerante de R404A a R407F, adaptando la instalación para el funcionamiento de la condensación flotante.

La condensación consiste en dejar fluctuar libremente la condensación, en función de la temperatura ambiente.

La potencia frigorífica del compresor, y por tanto, del circuito frigorífico, depende, básicamente de dos temperaturas: la de evaporación y la de condensación. Cuando la temperatura de condensación baja, la potencia frigorífica aumenta. Cuando la temperatura de evaporación sube, también lo hace la potencia frigorífica.

En esta instalación se tiene regulada la condensación en 50°C debido a que el sistema empleado es mediante condensación por agua en sistema cerrado, al tener que asumir los saltos térmicos del intercambiador multitubular que condensa el gas refrigerante y el salto térmico de los aerofriadores que refrigeran el agua de condensación, la temperatura de consigna de condensación es mayor a la que normalmente se usa en condensación por aire (en torno a 45°C, dependiendo de la zona climática y el salto térmico seleccionado del condensador, se suele trabajar con DT de 10K).

Si conseguimos bajar la temperatura de condensación manteniendo la de evaporación, obtendremos una mejora sustancial en el rendimiento del equipo.

La regulación y control de la condensación se realiza por medio de un equipo de control electrónico que a través de un transductor de alta presión envía una señal a una válvula de tres vías que impulsa agua hacia los condensadores multitubulares o bypass los mismos. Independientemente de ello por medio de variadores de frecuencia ubicados en el sub-cuadro de aero enfriadores se actúa sobre las revoluciones de los ventiladores de los mismos para conseguir la temperatura de agua adecuada al funcionamiento de la instalación en cada momento.

En el estudio de la condensación flotante de esta instalación, partimos de la temperatura de condensación que será la ambiente más el salto térmico, que le consideramos de 15°C al tratarse de condensación con agua.

Para determinar la temperatura de condensación en cada mes del año partiremos de las medias de cada mes, facilitadas por el Instituto Nacional de Meteorología para la ubicación del edificio. A esa cifra le sumaremos 15 y obtendremos la temperatura media de condensación en cada mes del año.

Los datos concretos son:

### 1.4.2. Estudio del diseño

Partiendo de la instalación existente, tanto en la parte de positiva como de la negativa, y considerando ya realizado el cambio de refrigerante a R407F con las modificaciones apuntadas en apartado anterior, para la mejora con condensación flotante se hace necesario la incorporación del sistema de control descrito y los variadores de frecuencia en el cuadro.

### 1.4.3. Calculo del rendimiento

A continuación vamos a detallar los datos obtenidos con condensación flotante para cada régimen de trabajo con el gas R407F: (BITZER 2015)

#### DATOS CENTRAL REFRIGERADOS: 4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y // EVAPORACION -10°C

DATOS R407F							
DATOS POR COMPRESOR:							
Tª CONDENSACION	20	25	30	35	40	45	50
CAPACIDAD W	87385	81990	76535	71012	65426	59801	54200
POTENCIA KW	17,42	19,09	20,6	22	23,3	24,4	25,4
COP	5,02	4,29	3,71	3,22	2,81	2,45	1,88
DATOS POR CENTRAL							
CAPACIDAD KW	349540	327960	306140	284048	261704	239204	216800
POTENCIA KW	69,68	76,36	82,4	88	93,2	97,6	101,6

DATOS R404A	
DATOS POR COMPRESOR:	
Tª CONDENSACION AGUA	50
CAPACIDAD KW	48,9
POTENCIA KW	25,9
COP	1,98
DATOS POR CENTRAL	
CAPACIDAD KW	195,6
POTENCIA KW	103,6

**DATOS CENTRAL CONGELADOS: 5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ / EVAPORACION -35°C**

<b>DATOS R407F</b>							
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>							
Tª CONDENSACION	20	25	30	35	40	45	50
CAPACIDAD W	22871	20982	18961	16819	14577	12263	9920
POTENCIA KW	10,2	10,62	10,93	11,11	11,16	11,08	10,84
<b>COP</b>	<b>2,24</b>	<b>1,98</b>	<b>1,74</b>	<b>1,51</b>	<b>1,31</b>	<b>1,11</b>	<b>0,91</b>
<b>DATOS POR CENTRAL</b>							
CAPACIDAD KW	114355	104910	94805	84095	72885	61315	49600
POTENCIA KW	51	53,1	54,65	55,55	55,8	55,4	54,2

<b>DATOS R404A</b>	
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	
Tª CONDENSACION AGUA	50
CAPACIDAD KW	11,69
POTENCIA KW	12,49
<b>COP</b>	<b>0,94</b>
<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	58,45
POTENCIA KW	62,45

Podemos observar como aumenta la potencia frigorífica y disminuye la potencia absorbida a medida que se disminuye la temperatura de condensación, resultando unos COP's realmente altos, esto es la base de justificación de la mejora eficiente de la instalación mediante condensación flotante.

#### **1.4.4. Comparativa de ahorro energético**

A continuación vamos a desarrollar los cálculos mes a mes de cada central, con las hipótesis descritas y veremos el ahorro energético estimado anual:

DATOS CENTRAL REFRIGERADOS: 4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y // EVAPORACION -10°C												
CALCULOS CONDENSACION FLOTANTE R407F												
MES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Tª media exterior	5,00	6,60	10,00	12,70	15,80	25,00	35,00	35,00	19,80	14,00	9,00	5,60
Tª condensación	20,00	20,00	25,00	30,00	30,00	40,00	45,00	45,00	40,00	30,00	25,00	20,00
POT. frigorífica requerida/ hora	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68
potencia frigorífica a tª de condensación	87,39	87,39	81,99	76,54	76,54	65,43	59,80	59,80	65,43	76,54	81,99	87,39
nº compresores funcionando teórico	1,94	1,94	2,07	2,22	2,22	2,59	2,84	2,84	2,59	2,22	2,07	1,94
nº compresores funcionando real	2,66	2,66	3,33	3,00	3,00	3,66	3,66	3,66	3,66	3,33	3,00	2,66
potencia dada por compresores	232,44	232,44	273,03	229,61	229,61	239,46	218,87	218,87	239,46	254,86	245,97	232,44
pot. frigorífica requerida/ día	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22
horas de funcionamiento	17,52	17,52	14,92	17,74	17,74	17,01	18,61	18,61	17,01	15,98	16,56	17,52
consumo eléctrico w/h por compresor	17,42	17,42	19,09	20,60	20,60	23,30	24,40	24,40	23,30	20,60	19,09	17,42
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh</b>	<b>811,79</b>	<b>811,79</b>	<b>948,15</b>	<b>1.096,07</b>	<b>1.096,07</b>	<b>1.450,23</b>	<b>1.661,55</b>	<b>1.661,55</b>	<b>1.450,23</b>	<b>1.096,07</b>	<b>948,15</b>	<b>811,79</b>
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh/MES</b>	<b>24.353</b>	<b>24.353</b>	<b>28.444</b>	<b>32.882</b>	<b>32.882</b>	<b>43.506</b>	<b>49.846</b>	<b>49.846</b>	<b>43.506</b>	<b>32.882</b>	<b>28.444</b>	<b>24.353</b>

<b>CALCULOS R404A - AGUA</b>	
<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	
pot. frigorífica requerida/ hora total existente	169,68
potencia frigorífica a tª de condensación	48,90
nº compresores funcionando teórico	3,47
nº compresores funcionando real	4,66
potencia dada por compresores	227,87
pot. frigorífica requerida/ día	4.072,22
horas de funcionamiento	17,87
consumo eléctrico w/h por compresor	25,90
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh</b>	<b>2.156,86</b>
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh/MES</b>	<b>64.705,89</b>

<b>ANUAL R404A</b>
<b>776.470,69</b>

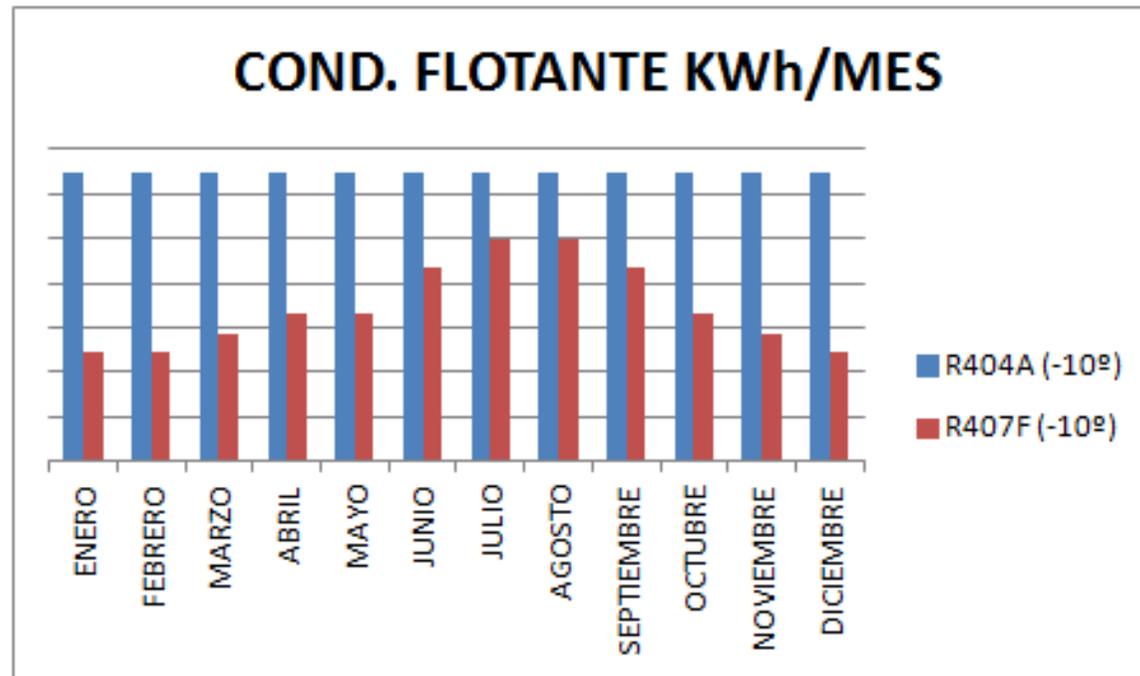


Grafico 14: Condensación flotante R404A &amp; R407F positiva

<b>DATOS CENTRAL CONGELADOS: 5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y / / EVAPORACION -35°C</b>												
<b>CONDENSACION FLOTANTE R407F</b>												
MES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Tª media exterior	5,00	6,60	10,00	12,70	15,80	25,00	35,00	35,00	19,80	14,00	9,00	5,60
Tª condensación	20,00	20,00	25,00	30,00	30,00	40,00	45,00	45,00	40,00	30,00	25,00	20,00
POT. frigorífica requerida/ hora	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63
potencia frigorífica a tª de condensación	22,87	22,87	20,98	18,96	18,96	14,58	12,26	12,26	14,58	18,96	20,98	22,87
nº compresores funcionando teórico	0,95	0,95	1,03	1,14	1,14	1,48	1,76	1,76	1,48	1,14	1,03	0,95
nº compresores funcionando real	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2,00	2,50	2,50	2,00	2,00	1,50	1,50
potencia dada por compresores	34,31	34,31	31,47	28,44	28,44	29,15	30,66	30,66	29,15	37,92	31,47	34,31
pot. frigorífica requerida/ día	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00
horas de funcionamiento	15,13	15,13	16,49	18,25	18,25	17,80	16,93	16,93	17,80	13,69	16,49	15,13
consumo eléctrico w/h por compresor	10,20	10,20	10,62	10,93	10,93	11,16	11,08	11,08	11,16	10,93	10,62	10,20
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh</b>	<b>231,46</b>	<b>231,46</b>	<b>262,69</b>	<b>299,18</b>	<b>299,18</b>	<b>397,34</b>	<b>468,93</b>	<b>468,93</b>	<b>397,34</b>	<b>299,18</b>	<b>262,69</b>	<b>231,46</b>
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh/MES</b>	<b>6.943,90</b>	<b>6.943,90</b>	<b>7.880,73</b>	<b>8.975,27</b>	<b>8.975,27</b>	<b>11.920,23</b>	<b>14.067,9</b>	<b>14.067,9</b>	<b>11.920,2</b>	<b>8.975,27</b>	<b>7.880,73</b>	<b>6.943,90</b>

<b>CALCULOS R404A - AGUA</b>	
<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	
pot. frigorífica requerida/ hora total existente	21,63
potencia frigorífica a tª de condensación	11,69
nº compresores funcionando teórico	1,85
nº compresores funcionando real	2,00
potencia dada por compresores	23,38
pot. frigorífica requerida/ día	519,00
horas de funcionamiento	22,20
consumo eléctrico w/h por compresor	12,49
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh</b>	<b>554,52</b>
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh/MES</b>	<b>16.635,53</b>

<b>ANUAL R404A</b>
<b>199.626,31</b>

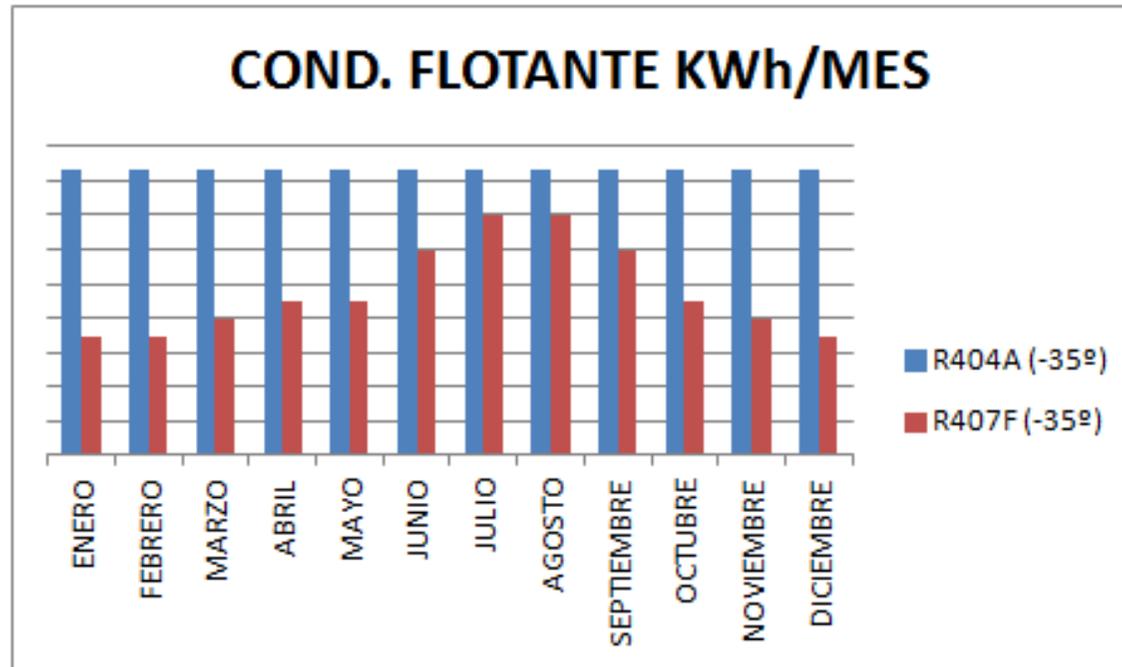


Grafico 15: Condensación flotante R404A &amp; R407F negativa

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA:****4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

R404A		R407F	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	776.470,69	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	415.303,12
AHORRO ESTIMADO kWh/AÑO // COMPRESORES		361.167,57 kWh/AÑO	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		43.340,11 €/AÑO	
			47%

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL NEGATIVA:****5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K**

R404A		R407F	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	199.626,31	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	115.495,39
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES		84.130,93 kWh/AÑO	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		10.095,71 €/AÑO	
			42%

**AHORRO TOTAL ESTIMADO**

KWh/AÑO	445.298
€/AÑO	53.435,82

### 1.4.5. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar la incorporación del sistema de condensación flotante tras la sustitución del gas refrigerante.

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y

por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de CO<sub>2</sub> del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El R407F es un gas con PCA de 1705 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico tras la incorporación del sistema, considerando la reducción efectiva por el cambio de refrigerante expuesta en el punto 1.3.4., y con los datos expuestos anteriormente de consumos para ambos refrigerantes y ambos regímenes de trabajo:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	445.298,00 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	283.449,70 kg CO <sub>2</sub> /año

### 1.4.6. Valoración económica de la inversión

Las modificaciones necesarias para la incorporación del sistema de condensación flotante tras la sustitución del refrigerante, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Control de condensación flotante	Ud.	2,00	1.911,00	3.822,00
Variadores de frecuencia en aeroenfriadores	Ud.	24,00	375,27	9.006,48
Válvulas de tres vías	Ud.	4,00	886,00	3.544,00

motorizadas para agua				
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>16.372,48</b>
SUSTITUCION DE GAS	Ud.	1,00	77.232,77	77.232,77
<b>TOTAL MATERIALES DIRECTA + FLOTANTE</b>	Ud.			<b>93.605,25</b>
MANO DE OBRA (30%)				4.911,74
ACCESORIOS (15%)				2.455,87
IMPREVISTOS (2,5%)				409,31
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>101.382,18</b>

#### 1.4.7. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
101.382,18 €	53.435,82 €	<b>1,90 Años</b>

### 1.5. SUSTITUCIÓN Y MEJORA DISMINUYENDO TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN EN POSITIVA:

#### 1.5.1. Descripción del sistema

Analizando la instalación existente con R404A vemos que la mayor demanda viene de los servicios de media temperatura (Positiva).

Estos servicios trabajan a temperaturas de 0°C/ 2°C y 4°C dependiendo del genero de cada cámara o vitrina en cuestión.

La instalación existente trabaja con válvulas de regulación de evaporación para mantener constante el salto térmico en cada servicio asegurando el régimen de trabajo de cada recinto.

La central de positiva está regulada para trabajar a una evaporación de -10°C, considerando las pérdidas de temperatura que suceden en la línea de aspiración, máximo de 2K por diseño, vemos que estas válvulas están teniendo que trabajar regulando en considerable medida en servicios de 2 y 4°C de temperatura.

Como hemos comentado anteriormente, un aumento de la temperatura de evaporación consigue aumentar el rendimiento del compresor, a modo orientativo suele ser una mejora del 3% por cada grado de temperatura que aumenta en la evaporación (para un mismo gas refrigerante)

Vamos a analizar, por tanto, únicamente la central de positiva, reduciendo la temperatura de evaporación a  $-7^{\circ}\text{C}$  (3 grados menos que la de diseño) realizada ya la sustitución a gas R407F.

Con esta evaporación podemos seguir teniendo los mismos DT en los evaporadores, y se utilizarían las válvulas de regulación en aspiración para servicios que trabajan a más altas temperaturas.

### 1.5.2. Estudio del diseño

Esta mejora consta únicamente de la regulación de la presión de evaporación de la central de positiva y las válvulas de regulación, por lo que no será la incorporación de ningún otro elemento en la instalación.

#### Calculo de tuberías:

Al modificar la temperatura de evaporación cabe la posibilidad de ser necesaria la modificación de las líneas de aspiración debido al incremento de potencia.

Vamos a calcular la tubería existente con R407F a evaporación de  $-7^{\circ}\text{C}$ .

Positiva (-10/+50°C)	2 1/8"		
	R407F (-10°C)		R407F (-7°C)
Velocidad	14,51 m/s	pasa a	12,91 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,028 K/m	pasa a	0,022 K/m
Perdida de carga en presión	0,038 bar/m	pasa a	0.033 bar/m

Vemos que no se reduce en exceso la velocidad, y las pérdidas de carga son admisibles, luego damos por válida la tubería de aspiración.

### 1.5.3. Calculo del rendimiento

Vamos a analizar la mejora del rendimiento de la central de positiva con gas R407F, en comparación con la instalación existente con R404A en las condiciones de diseño (-10 / +50°C). (BITZER 2015)

#### **DATOS CENTRAL POSITIVA:**

**4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

DATOS R404A		DATOS R407F	
DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -10°C	DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -7°C

Tª CONDENSACION CON AGUA	+50°C	Tª CONDENSACION AGUA	+50°C
CAPACIDAD W	48,9	CAPACIDAD KW	62,4
POTENCIA KW	25,9	POTENCIA KW	27
<b>COP</b>	<b>1,88</b>	<b>COP</b>	<b>2,31</b>
NECESIDAD CONDENSACION KW	75	NECESIDAD CONDENSACION KW	89,5
<b>DATOS POR CENTRAL</b>		<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	195,6	CAPACIDAD KW	249,6
POTENCIA KW	103,6	POTENCIA KW	108
<b>DATOS CONDENSACION</b>		<b>DATOS CONDENSACION</b>	
NECESIDAD CONDENSACION KW	300	NECESIDAD CONDENSACION KW	358

Vemos que la capacidad frigorífica aumenta considerablemente, resultando un COP en torno al 23% superior al existente con R404A.

Otro dato a tener en cuenta, es el aumento de la necesidad de condensación necesaria, al evaporar a temperaturas inferiores, el motor del compresor tiene menor capacidad de refrigerarse por lo que los gases de descarga salen a mayor temperatura, carga que debe asumir el condensador.

Las necesidades de condensación son asumibles para la instalación de condensación existente, por lo que se puede dar por válida la opción de reducción de temperatura de evaporación.

#### **1.5.4. Comparativa de ahorro energético**

Vamos a analizar el ahorro que obtenemos con este sistema.

**CALCULOS CENTRAL POSITIVA:  
4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

CALCULOS R404A // -10° EVAPORACION		CALCULOS R407F // -7° EVAPORACION	
CONDENSACION AGUA +50°C	-10°C	CONDENSACION AGUA +50°C	-7°C
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68
POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN	48,90	POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN	62,40
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,47	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	2,72
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,66	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	227,87	POTENCIA DADA POR COMPRESORES	249,60
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,87	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	16,32
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,90	CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	27,00
CONSUMO ELECTRICO KWh	2.156,86	CONSUMO ELECTRICO KWh	1.762,02
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	64.705,89	CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	52.860,60

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA:  
4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

R404A		R407F	
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	64.705,89	CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	52.860,60
AHORRO ESTIMADO kWh/AÑO // COMPRESORES		148.143,49 kWh/AÑO	18%
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		17.057,52 €/AÑO	

### 1.5.5. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar el ajuste de la temperatura de evaporación a  $-7^{\circ}\text{C}$  tras la sustitución del gas refrigerante.

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y

por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de  $\text{CO}_2$  del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El R407F es un gas con PCA de 1705 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico tras el ajuste del sistema, considerando la reducción efectiva por el cambio de refrigerante expuesta en el punto 1.3.4., y con los datos expuestos anteriormente de consumos para ambos refrigerantes y ambos regímenes de trabajo:

AHORRO ELECTRICO	CONSUMO	148.143,49 kWh/año
REDUCCION CO2	EMISIONES	96.293,27kg $\text{CO}_2$ /año

### 1.5.6. Valoración económica de la inversión

Para realizar el ajuste de la temperatura de evaporación, hemos visto que no es precisa en este caso la incorporación de ningún elemento.

Las actuaciones a realizar, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Ajustes en central	Ud.	1,00	1.400,00	1.400,00
Ajustes en válvulas de expansión	Ud.	1,00	630,00	630,00
Ajustes en válvulas reguladoras	Ud.	1,00	630,00	630,00
<b>TOTAL ACTUACIONES</b>				<b>2.660</b>

SUSTITUCION DE GAS	Ud.	1,00	77.232,77	77.232,77
<b>TOTAL PARTIDAS</b>			<b>81.156,27</b>	

### 1.5.7. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
81.156,27 €	17.057,52 €	4,76 Años

## 1.6. SUSTITUCIÓN Y MEJORA COMBINACIÓN DE CONDENSACIÓN FLOTANTE Y DISMINUCIÓN DE TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN EN POSITIVA:

### 1.6.1. Descripción del sistema

Si agrupamos todas las propuestas definidas como alternativas de mejora con la sustitución del gas refrigerante a R407F, podemos valorar de forma global la eficiencia conseguida con el sistema.

Para ello se van a presentar los resultados obtenidos con el R407F, incluyendo el sistema de condensación flotante y en la central de positiva, evaporando a -7°C y valoraremos tanto la inversión económica como el ahorro energético.

### 1.6.2. Calculo del rendimiento

**DATOS CENTRAL REFRIGERADOS: 4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y // EVAPORACION -7°C**

DATOS R407F							
DATOS POR COMPRESOR:							
Tª CONDENSACION	20	25	30	35	40	45	50
CAPACIDAD W	99162	93201	87177	81078	74907	68682	62400
POTENCIA KW	17,85	19,75	21,5	23,1	24,6	25,9	27,00
<b>COP</b>	<b>5,56</b>	<b>4,72</b>	<b>4,05</b>	<b>3,51</b>	<b>3,05</b>	<b>2,66</b>	<b>2,31</b>
DATOS POR CENTRAL							
CAPACIDAD KW	396648	372804	348708	324312	299628	274728	249600
POTENCIA KW	71,4	79,0	86,0	92,4	98,4	103,6	108,0

DATOS R404A	
DATOS POR COMPRESOR:	-10 °C
Tª CONDENSACION AGUA	50
CAPACIDAD KW	48,9
POTENCIA KW	25,9
COP	1,98
DATOS POR CENTRAL	
CAPACIDAD KW	195,6
POTENCIA KW	103,6

**DATOS CENTRAL CONGELADOS: 5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ / EVAPORACION -35°C**

<b>DATOS R407F</b>							
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>							
Tª CONDENSACION	20	25	30	35	40	45	50
CAPACIDAD W	22871	20982	18961	16819	14577	12263	9920
POTENCIA KW	10,2	10,62	10,93	11,11	11,16	11,08	10,84
<b>COP</b>	<b>2,24</b>	<b>1,98</b>	<b>1,74</b>	<b>1,51</b>	<b>1,31</b>	<b>1,11</b>	<b>0,91</b>
<b>DATOS POR CENTRAL</b>							
CAPACIDAD KW	114355	104910	94805	84095	72885	61315	49600
POTENCIA KW	51	53,1	54,65	55,55	55,8	55,4	54,2

<b>DATOS R404A</b>	
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	-35°C
Tª CONDENSACION AGUA	50
CAPACIDAD KW	11,69
POTENCIA KW	12,49
<b>COP</b>	<b>0,94</b>
<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	58,45
POTENCIA KW	62,45

A continuación vamos a desarrollar los cálculos mes a mes de cada central, con las hipótesis descritas y veremos el ahorro energético estimado anual:

DATOS CENTRAL REFRIGERADOS: 4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y // EVAPORACION -7°C												
CALCULOS CONDENSACION FLOTANTE R407F												
MES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Tª MEDIA EXTERIOR	5,00	6,60	10,00	12,70	15,80	25,00	35,00	35,00	19,80	14,00	9,00	5,60
Tª CONDENSACION CON DT15	20,00	20,00	25,00	30,00	30,00	40,00	45,00	45,00	40,00	30,00	25,00	20,00
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL CALCULADA	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68
POTENCIA FRIGORIFICA A Tª DE CONDENSACION	99,16	99,16	93,20	87,18	87,18	74,91	68,68	68,68	74,91	87,18	93,20	99,16
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,71	1,71	1,82	1,95	1,95	2,27	2,47	2,47	2,27	1,95	1,82	1,71
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	2,66	2,66	3,33	3,00	3,00	3,66	3,66	3,66	3,66	3,33	3,00	2,66
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	263,77	263,77	310,36	261,53	261,53	274,16	251,38	251,38	274,16	290,30	279,60	263,77
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	15,44	15,44	13,12	15,57	15,57	14,85	16,20	16,20	14,85	14,03	14,56	15,44
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	17,85	17,85	19,75	21,50	21,50	24,60	25,90	25,90	24,60	21,50	19,75	17,85
CONSUMO ELECTRICO KWh	733,03	733,03	862,94	1.004,31	1.004,31	1.337,35	1.535,64	1.535,64	1.337,35	1.004,31	862,94	733,03
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	21.991,04	21.991,0	25.888,0	30.129,3	30.129,33	40.120,4	46.069,1	46.069,1	40.120,4	30.129,3	25.888,0	21.991,0

<b>CALCULOS R404A - AGUA</b>	
<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68
POTENCIA FRIGORIFICA A T <sup>a</sup> DE CONDENSACION	48,90
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,47
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,66
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	227,87
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,87
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,90
CONSUMO ELECTRICO KWh	2.156,86
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	64.705,89

<b>ANUAL R404A</b>
776.470,69

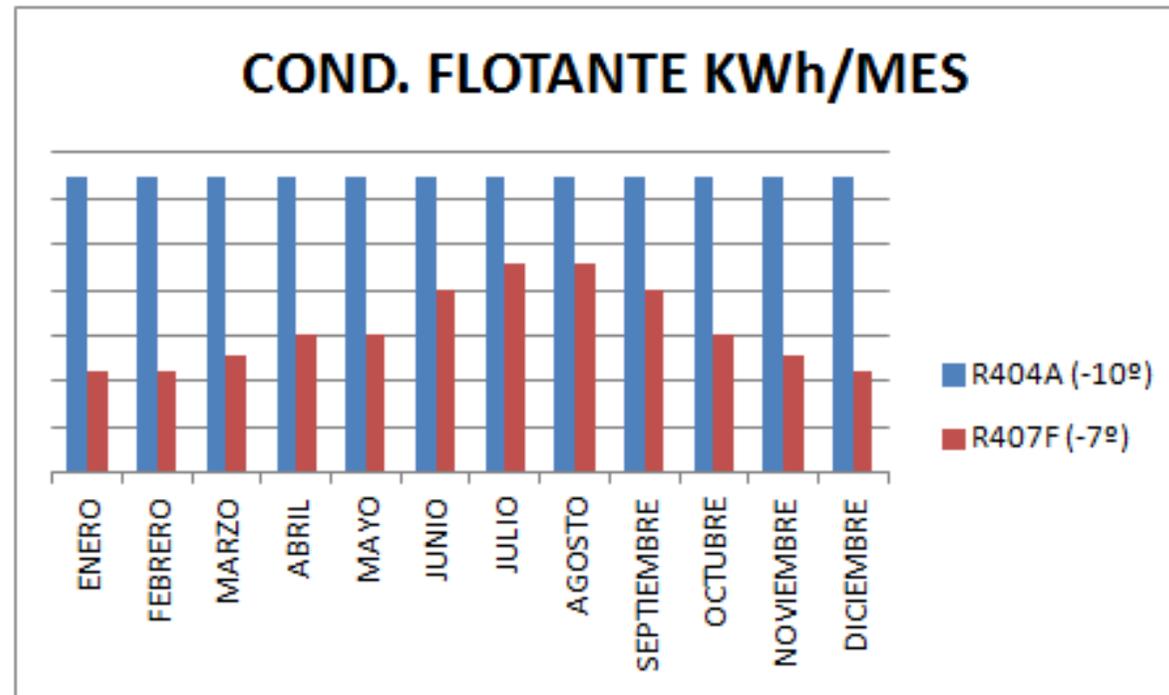


Gráfico 16: Condensación flotante R404A &amp; R407F -7°C positiva

DATOS CENTRAL CONGELADOS: 5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ / EVAPORACION -35°C												
CONDENSACION FLOTANTE R407F												
MES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Tª MEDIA EXTERIOR	5,00	6,60	10,00	12,70	15,80	25,00	35,00	35,00	19,80	14,00	9,00	5,60
Tª CONDENSACION CON DT15	20,00	20,00	25,00	30,00	30,00	40,00	45,00	45,00	40,00	30,00	25,00	20,00
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL CALCULADA	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63
POTENCIA FRIGORIFICA A Tª DE CONDENSACION	22,87	22,87	20,98	18,96	18,96	14,58	12,26	12,26	14,58	18,96	20,98	22,87
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	0,95	0,95	1,03	1,14	1,14	1,48	1,76	1,76	1,48	1,14	1,03	0,95
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2,00	2,50	2,50	2,00	2,00	1,50	1,50
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	34,31	34,31	31,47	28,44	28,44	29,15	30,66	30,66	29,15	37,92	31,47	34,31
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	15,13	15,13	16,49	18,25	18,25	17,80	16,93	16,93	17,80	13,69	16,49	15,13
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	10,20	10,20	10,62	10,93	10,93	11,16	11,08	11,08	11,16	10,93	10,62	10,20
CONSUMO ELECTRICO KWh	231,46	231,46	262,69	299,18	299,18	397,34	468,93	468,93	397,34	299,18	262,69	231,46
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	6.943,90	6.943,90	7.880,73	8.975,27	8.975,27	11.920,23	14.067,9	14.067,9	11.920,2	8.975,27	7.880,73	6.943,90

<b>CALCULOS R404A - AGUA</b>	
<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63
POTENCIA FRIGORIFICA A Tª DE CONDENSACION	11,69
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,85
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	2,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	23,38
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	22,20
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	12,49
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh</b>	<b>554,52</b>
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh/MES</b>	<b>16.635,53</b>

<b>ANUAL R404A</b>
<b>199.626,31</b>

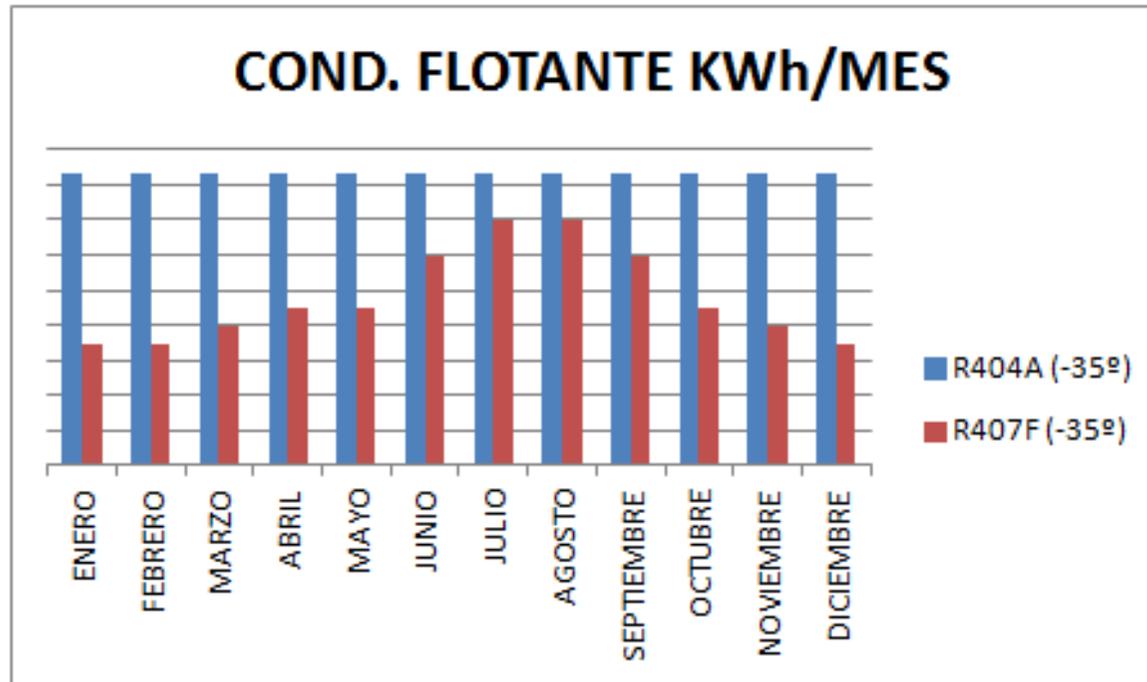


Grafico 19: Condensación flotante R404A &amp; R407F negativa

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA: R407F EVAPORACION A -7°C**  
**4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

R404A		R407F	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	776.470,69	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	380.516,30
AHORRO ESTIMADO kWh/AÑO // COMPRESORES		395.954,38 kWh/AÑO	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		47.514,53 €/AÑO	
<b>51%</b>			

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL NEGATIVA:**  
**5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K**

R404A		R407F	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	199.626,31	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	115.495,39
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES		84.130,93 kWh/AÑO	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		10.095,71 €/AÑO	
<b>42%</b>			

AHORRO TOTAL ESTIMADO	
KWh/AÑO	480.085,31
€/AÑO	57.610,24

### 1.6.3. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar las modificaciones vistas anteriormente ( sustitución del gas, incorporación de sistema de condensación flotante y ajuste de temperatura de evaporación a -7°C).

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

- por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y
- por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de CO<sub>2</sub> del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El R407F es un gas con PCA de 1705 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico:

AHORRO ELECTRICO	CONSUMO	480.085,31 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2		312.055,45 kg CO <sub>2</sub> /año

### 1.6.4. Valoración económica de la inversión

Las actuaciones a realizar, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Sustitución de gas	Ud.			
Sistema de condensación flotante	Ud.			
Ajuste temperatura de evaporacion	Ud.			
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>182.538,45 €</b>

### 1.6.5. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
182.538,45 €	56.610,24 €	<b>3,17 Años</b>

---

# R449A (XP-40)

---

## 2. R449A:

### 2.1. GENERALIDADES EN LA SUSTITUCION DE GAS REFRIGERANTE:

También denominado XP-40 por su fabricante y que será la denominación supuestamente, que se empleará en el mercado.

El refrigerante R449A es un gas actualmente desconocido por los profesionales del frío, de reciente aparición en el mercado, siendo las publicaciones y datos proporcionados por los fabricantes aún muy escasos.

Los fabricantes de los gases refrigerantes (KIMIKAL), (HONEYWELL), poseen la patente del gas refrigerante fabricado durante un periodo de tiempo, tras pasado el mismo, otros fabricantes pueden sacar a la venta, de ahí el actual desconocimiento de muchas de sus propiedades.

Un factor importante a considerar en la redacción del presente trabajo es la falta de datos para su estudio a fondo, por lo que con los datos que se han podido obtener se hará el desarrollo lo más ampliamente posible.

Las características conocidas y manipulación pueden sustituir al R404A en un amplio abanico de aplicaciones.

Para aplicaciones de aire acondicionado, es posible, pero no es la preferida.

Su principal ventaja es la mejora del rendimiento como a continuación se describe, en mayor porcentaje a la obtenida con la anterior comparativa con el R407F en bajas temperaturas, además de ser más respetuoso con el medio ambiente (menor TnCO<sub>2</sub> equivalente) y la reducción de su impuesto al tener un PCA menor.

La principal desventaja que presenta el R449A es su alto deslizamiento, algo menor que el R407F pero aun siendo un valor alto respecto al R404A, siendo un factor importante a tener en cuenta en el caso de fugas y recargas, ya que presenta una modificación de su composición y puede implicar el vaciado de la instalación si la fuga ha sido en torno al 25%, y sobre todo si ha sido en su fase de vapor y comercialmente hablando, la falta de desarrollo del mismo y distribución.

Existe actualmente otro gas prácticamente igual al R449A, el R448A, de las mismas características pero de otro fabricante, del cual se tratará en el apartado de FUTURO CERCANO, al no estar comercializado en la fecha.

Otro punto es la elevada temperatura de descarga en regímenes de trabajo de baja temperatura (Negativa) al circular menor caudal de refrigerante, los gases de aspiración no consiguen refrigerar adecuadamente el motor del

compresor, aunque en menor medida que el R407F como explicaremos más adelante.

## **2.2. DIFERENCIAS DE R449A CON EL R404A:**

Las diferencias entre el R404A y su posible sustituto R449A son las que fundamentan las acciones e inversiones que deben realizarse para la sustitución del refrigerante en la instalación frigorífica.

Vamos a analizar cuáles son estas diferencias y las acciones que motivan:

### **2.2.1. COMPOSICION QUIMICA:**

Tanto el R404A como el R449A son refrigerantes de la familia HFC, libres de cloro, pero la principal diferencia de composición (y con ello lo que hace posible la reducción de su impacto ambiental) es que el R449A además forma parte de la familia de los HFO, siendo uno de sus componentes el R1234yf, un HFO de reciente aparición. Por tanto el R449A se clasifica dentro de la familia de las mezclas HFC/HFO.

El reglamento europeo 517/2014 (DOUE-L150/195-2014) sobre los gases fluorados de efecto invernadero impone la prohibición de uso para revisión y mantenimiento de aquellos gases refrigerantes con PCA superior a 2500 aparatos con una carga >40TnCO<sub>2</sub> (aproximadamente 10,6 kg de R404A) a partir del 01/01/2020.

Otra de las restricciones del reglamento europeo 517/2014 (DOUE-L150/195-2014), es que a partir del 01/01/2022 estará Prohibido comercializar centrales frigoríficas multi-compresor compactas con capacidad >40 Kw para uso comercial, que contengan HFC con GWP>150, excepto circuitos primarios de refrigerantes en cascada que podrán emplearse gases con PCA<1500, por lo que este refrigerante R449A podrá usarse sin limitaciones conocidas a la fecha para sistemas en cascada, cosa que el R407F no estaría permitido por superar su PCA los 1500.

Todo ello, son hechos que motivan la sustitución a este refrigerante.

GAS	PCA	GLIDE	COMPOSICION	TIPO DE MEZCLA
R404A	3784	0.7	R-125 (44%) R143A (52%) R134a (4 %)	AZEOTROPICA
R449A	1300	4.3	HFC-32 (24.3%) HFC-125 (24.7%) HFC-R134a (25.3%) HFO 1234yf (25.7%)	ZEOTROPICA

Podemos observar que la composición del R449A es de cuatro componentes equilibradamente repartidos.

Este hecho podría darnos a pensar que en caso de fuga, todos los componentes fugarían en la misma proporción, pero como se ha comentado anteriormente, los datos y características químicas y físicas del gas son actualmente desconocidos, por lo que hacer esta suposición sería, probablemente, errónea.

Vamos a poder estudiar las características del R449A en comparación el R407F al tener ciertas características de funcionamiento, a priori, similares. Lo iremos explicando en cada apartado correspondiente.

### 2.2.2. ACEITES LUBRICANTES:

El R404A es solo miscible con aceites poliéster (POE) al igual que el R449A por lo que en la sustitución no se hace preciso el cambio de aceite.

### 2.2.3. COMPRESORES:

En los compresores hay que tener varios puntos en cuenta:

#### **Potencia frigorífica:**

A igualdad de compresor utilizado (al realizar la sustitución en una instalación existente) la potencia obtenida con el R449A en relación a la obtenida con R404A es:

En el compresor: corresponde a la potencia frigorífica total entregada por el compresor, incluyendo el recalentamiento total de aspiración que en realidad no es totalmente útil porque es una potencia entregada parcialmente fuera de los recintos frigoríficos.

Aunque se detallaran los cálculos más adelante, a modo de resumen se puede dar los siguientes valores para la instalación de referencia:

Régimen de trabajo	R404A	R449A
Positiva (-10/+50°C)	100%	104%
Negativa (-35/+50°C)	100%	97%

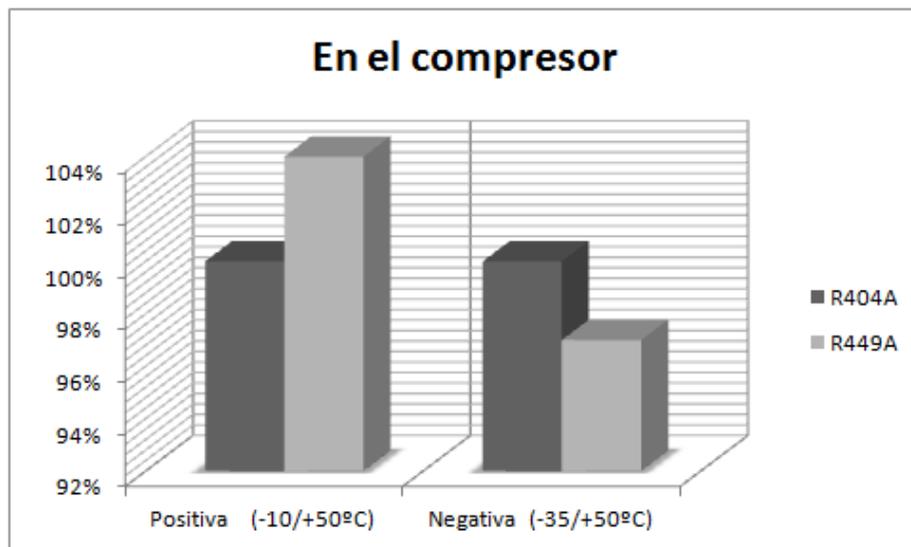


Grafico 20: Potencia frigorífica en el compresor R404A & R449A

En evaporador: corresponde a la potencia frigorífica efectiva que recibe la instalación en los evaporadores, ya que solo se toma en cuenta la parte de potencia frigorífica asociada al recalentamiento útil que es aquel que se produce dentro del recinto frigorífica y, por tanto, que es aprovechada.

Para un mismo compresor, mismo recalentamiento útil (5K), y mismas condiciones de trabajo, la reducción de potencia frigorífica en evaporador para cada gas es:

Régimen de trabajo	R404A	R449A
Positiva (-10/+50°C)	4,70 %	3,35%
Negativa (-35/+50°C)	5,05%	3,36%

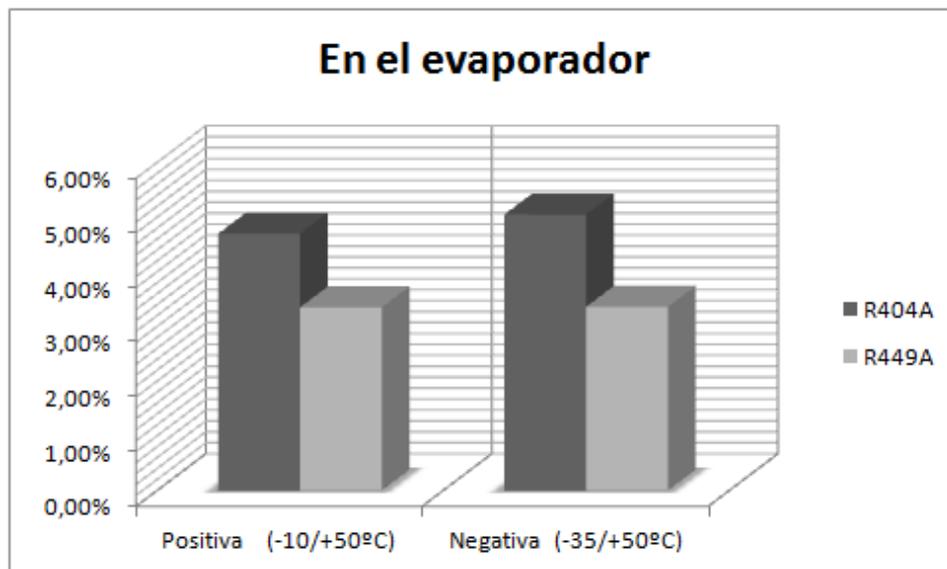


Grafico 21: Potencia frigorífica en el evaporador R404A & R449A

Como podemos observar, el compresor dado, ofrece mayores prestaciones en evaporador en caso de R449A que en R404A.

Cabe destacar que al ser el R449A un gas con un alto deslizamiento, estos valores pueden llegar a ser variables porque el deslizamiento que ocurre dentro del cambio de estado modifica la temperatura/presión de evaporación.

#### COP:

Como se ha mencionado anteriormente, el COP es el parámetro que podemos referenciar como indicador de eficiencia energética, por tanto a pesar de que para un mismo compresor, éste ofrezca menor potencia frigorífica, cabe la posibilidad que la relación de consumo sea menor y por tanto tener un COP superior.

Régimen de trabajo	R404A	R449A
Positiva (-10/+50°C)	100%	109%
Negativa (-35/+50°C)	100%	106%

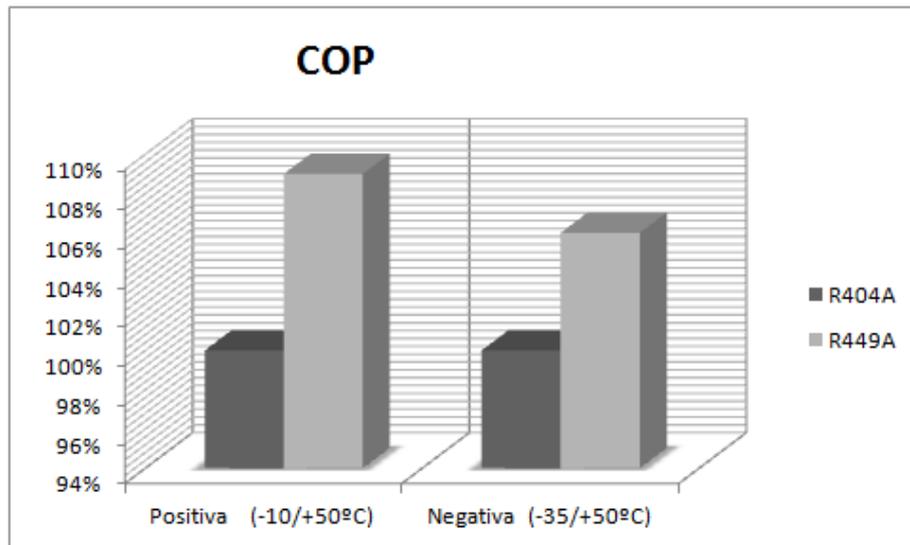


Gráfico 22: COP R404A &amp; R449A

Podemos observar, que en negativa a pesar de reducirse un 3% la potencia frigorífica ofrecida por el compresor, el COP es un 6% superior al R404A.

#### Temperaturas de descarga:

Un factor importante en estos nuevos gases sustitutos es tener presente las elevadas temperaturas de descarga, sobre todo, en regímenes de trabajo de baja temperatura.

Este aumento de temperaturas de descarga viene motivado por la disminución del caudal másico de refrigerante que circula por el compresor, sabemos que el compresor necesita refrigerarse y para ello emplea los gases de aspiración que refrigeran el bobinado del motor (en el caso de compresores semiherméticos, que son los que empleamos en este estudio, para otro tipo de compresores habría que realizar el estudio), por tanto, a menor caudal másico, menor refrigeración del motor y por tanto, mayor temperatura de salida de los gases del compresor.

La importancia de la influencia de las altas temperaturas de descarga del gas repercute también en el trabajo del aceite, ya que a elevadas temperaturas pierde su efectividad de lubricación (muy importante, por ejemplo, en el caso de compresores de tornillo, donde la temperatura del aceite está muy limitada).

En el caso del R449A, los límites de trabajo de los compresores a bajas temperaturas requieren de enfriamientos adicionales y sobrecalentamientos de gases de aspiración menores de 20K

Enfriamiento adicional mediante ventiladores de culata: a partir de

evaporaciones de  $-25^{\circ}\text{C}$  en condensación a  $+50^{\circ}\text{C}$

Enfriamiento adicional y sobrecalentamientos de gases de aspiración por debajo de 20 K: a partir de evaporaciones de  $-35^{\circ}\text{C}$  condensando a  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Régimen de trabajo	R404A	R449A	R404A	R449A
Caudal másico (kg/h)				
Positiva ( $-10/+50^{\circ}\text{C}$ )	1801	1365	100%	76%
Negativa ( $-35/+50^{\circ}\text{C}$ )	509	342	100%	67%
T° descarga ( $^{\circ}\text{C}$ )				
Negativa ( $-35/+50^{\circ}\text{C}$ )	78,4	93,9	100%	120%
Positiva ( $-10/+50^{\circ}\text{C}$ )	95,7	128,7	100%	134%

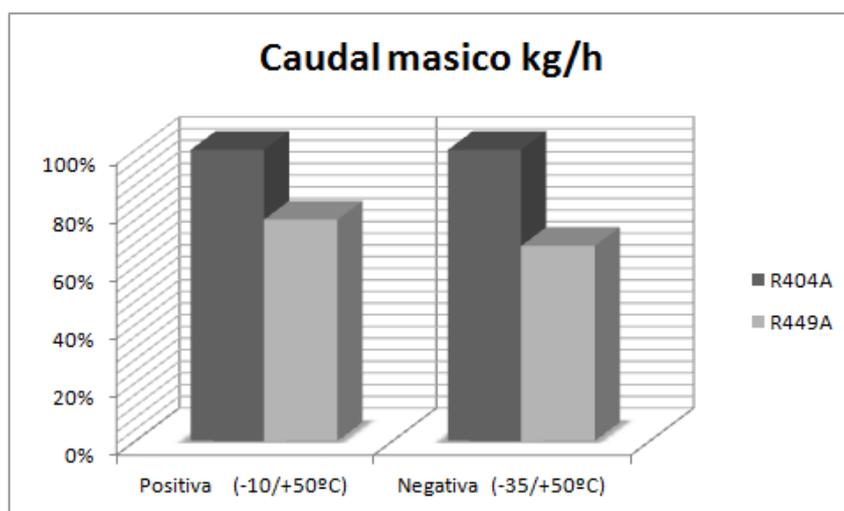


Grafico 23: Caudal másico R404A & R449A

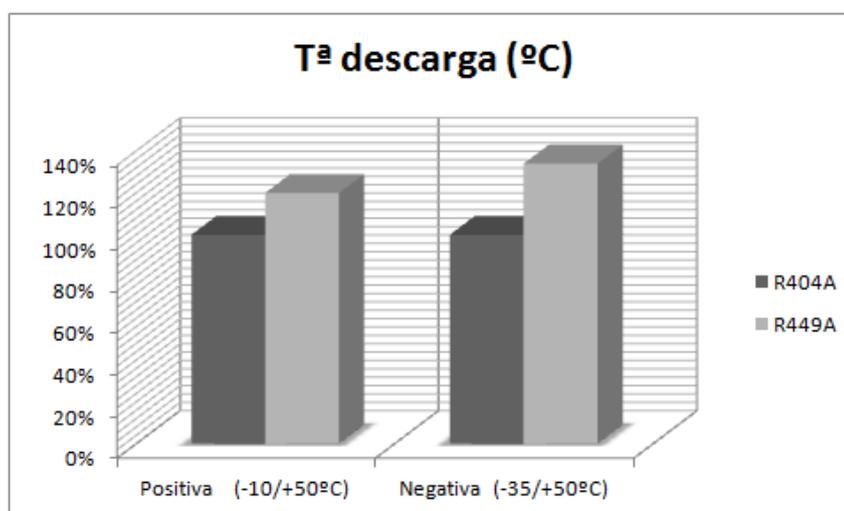


Grafico 24: Temperatura de descarga R404A & R449A

Como podemos concluir, para el trabajo en baja temperatura en nuestra instalación es necesaria la incorporación del sistema de enfriamiento adicional y asegurar que los gases de aspiración no sufren un sobrecalentamiento superior a 20K, podemos ver la diferencia grande de caudal másico en baja temperatura, que llega a ser el 67% del respectivo para R404A.

#### 2.2.4. CONDENSADORES

En el caso de instalaciones con compresores alternativos de pistón, como es nuestra instalación, a igualdad de compresor de estudio, las necesidades de disipación de calor en condensación varían al pasar a una instalación con R449A.

Régimen de trabajo	R404A	R449A
Positiva (-10/+50°C)	100%	101%
Negativa (-35/+50°C)	100%	94%

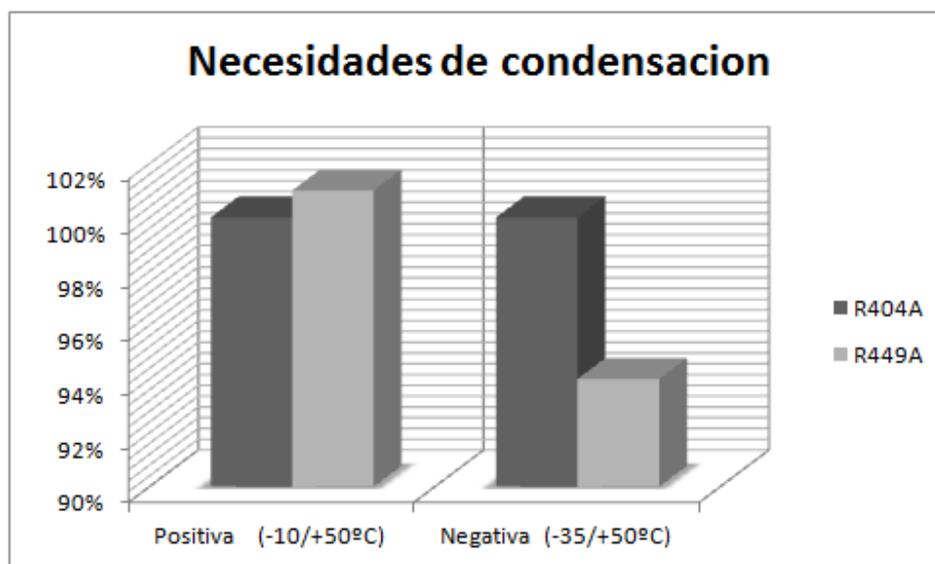


Gráfico 25: Necesidades de condensación R404A & R449A

Cabe destacar de los datos expuestos, que en régimen de negativa, la potencia frigorífica con R449A es inferior a la de R404A, y ello contribuye a que la necesidad de condensación también sea menor.

Nuestro caso práctico lo desarrollaremos más adelante, no obstante y a modo de sacar una conclusión generalista de las repercusiones en el condensador, si tomamos una instalación de condensación por aire a régimen -10/+45°C con un DT de condensador de 10K, pasaría a tener con R449A un DT de 10.10 K. por

tanto al reconvertir una instalación de R404A a R449A el condensador será válido.

### 2.2.5. TUBERIAS

La necesidad de tener que modificar las tuberías en una instalación existente puede ser un factor decisivo a la hora de la valoración de la sustitución de un gas refrigerante por otro, debido a que el trazado de las mismas y la complejidad de su recorrido hagan de ello una labor poco rentable.

Esta comparativa para el gas R449A no se puede realizar con detalle al no tener datos exactos del gas, se hace necesario conocer las curvas del gas (diagrama de mollier o campana del gas) para conocer sus volúmenes específicos a diferentes presiones y temperaturas.

Como hemos mencionado, al tener características parecidas al R407F en cuanto a la reducción de caudal másico, aumento de capacidades del compresor y necesidades de condensación.

Por tanto para la comparativa, nos vamos a basar en las analogías que posee con el R407F para poder sacar ciertas conclusiones de trabajo con el R449A.

#### LINEA DE LÍQUIDO

En la línea de líquido lo más importante es tener presente la capacidad frigorífica que puede dar la línea para que llegue el suficiente refrigerante a la instalación y que la pérdida de carga sea, en temperatura equivalente, máxima de 1°C para no reducir la capacidad en evaporación. La velocidad, y con ella, el arrastre de aceite es un factor menos influyente en su dimensionado debido a que en estado líquido el aceite es miscible con el refrigerante por lo que no tendrá problemas de circulación.

En el tramo de condensador a recipiente de líquido se trabaja con velocidades inferiores a 0,5 m/s y aguas abajo del recipiente en torno a 1 m/s.

En el caso del R449A, como hemos visto anteriormente, el caudal másico se reduce en gran medida, y teniendo en cuenta que el R449A es más denso que el R404A (1.139KG/L del R449A frente a 1.05 kg/l del R404A en líquido a 25°C), circulará menor cantidad de refrigerante, por lo que a priori nos hace pensar en una disminución de velocidad para una tubería dada.

Como apuntábamos, no podemos realizar con los datos existentes un cálculo exacto de velocidades y diámetros de tuberías, pero las características de funcionamiento nos llevarían a recomendar la reducción de la línea de líquido en ambos regímenes de trabajo, al igual que en el caso del R407F.

### LINEA DE ASPIRACION

La línea de aspiración es quizá, de las líneas frigoríficas de una instalación, la más conflictiva por varios aspectos:

Al ser la línea de menor temperatura (y presión) puede tener problemas de arrastre de aceite, ya que el aceite estará en el punto de mayor viscosidad de toda la instalación, por lo que la velocidad de diseño es un punto fundamental.

Por otro lado, una pérdida de carga excesiva repercute directamente en el rendimiento del compresor, a mayor pérdida de carga, la evaporación disminuye lo que hace que el compresor tenga que evaporar más bajo de lo proyectado con un consumo eléctrico para la misma potencia frigorífica superior.

Y, en el caso de aspiraciones ascendentes de centrales, hay que prever diferentes montantes para la potencia mínima que puede llegar a ofrecer la central para asegurar el retorno del aceite.

Junto con la línea de gas caliente, en caso de existir, son las líneas de la instalación que se aíslan.

En los tramos de aspiración horizontal o vertical descendente se trabaja con velocidades aproximadamente de 10 m/s con una pérdida de carga inferior a 2 K y en los tramos de aspiración vertical ascendente se trabaja con velocidades aproximadamente de 12 -14 m/s con una pérdida de carga inferior a 2 K.

Al igual que con la línea de líquido, no podemos realizar cálculos exactos de tuberías. Por los regímenes de trabajo, composición y presiones de trabajo del gas R449A y en analogía al R407F, cabe esperar que no sea necesaria la sustitución de las líneas de aspiración.

Además podemos apuntar que el R449A trabaja prácticamente a las mismas presiones que el R407F y el R404A, por lo que las pérdidas de carga y velocidades de circulación serán similares.

### LINEA DE DESCARGA/GAS CALIENTE

La línea de descarga comprende la parte de tubería que sale desde el compresor hasta el condensador, y puede dividirse en dos tramos, con el punto de unión en el separador de aceite.

Es la línea de mayor temperatura (y presión).

En esta línea el factor más destacable podría ser su dimensionado en función del tendido de la misma. Por norma general, el condensador está en niveles

superiores a los compresores (cuando tratamos centrales con condensador separado, en unidades condensadoras donde tanto el compresor como el condensador se encuentran en la misma bancada, no tenemos este inconveniente), por lo que hay que asegurar que después del separador de aceite la velocidad sea tal que pueda arrastrar el aceite en la instalación.

Y, en el caso de descargas ascendentes de centrales parcializadas, hay que prever diferentes montantes para la potencia mínima que puede llegar a ofrecer la central para asegurar el arrastre del aceite.

En los tramos de descarga antes de separador de aceite se trabaja con velocidades aproximadamente de 5 m/s con una pérdida de carga inferior a 2 K y en los tramos de descarga después de separador de aceite se trabaja con velocidades similares a las aspiraciones, en torno a 10m/s para horizontales o verticales descendentes y aproximadamente de 12 -14 m/s para vertical ascendente.

En ambas líneas, tanto aspiración como descarga, en los tramos ascendentes deben preverse sifones para la ayuda a la subida del aceite.

La línea de gas caliente es la línea que partiendo de la línea de descarga, se conduce hasta la salida de los evaporadores para su desescarche. Existen varios tipos de desescarche por gas caliente, lo cual se analizará en otro apartado de este trabajo, tan solo a modo genérico, la línea de gas caliente tendrá la ida (hasta el evaporador) y la vuelta de gas caliente (que dependiendo del sistema optado puede ser con vuelta a la línea de descarga antes de condensador, o bypass con la línea de líquido)

La línea de ida de gas caliente se dimensiona con los mismos parámetros especificados para la línea de descarga.

Podemos apuntar, para este gas, que las presiones de trabajo en vapor a alta temperatura son algo inferiores a la correspondiente al R407F, siendo más similar al R404A, por lo que cabe esperar unos datos parecidos a los obtenidos con R404A.

Se puede concluir que la única tubería que podría verse afectada en la sustitución del gas sería la línea de líquido, pero en reducción de sección. Este cambio habría que valorarlo por aspectos individuales en cada instalación, pues el funcionamiento general de la instalación no vería perjudicada en gran medida si no se realiza esta sustitución de tubería.

### 2.2.6. EVAPORADORES

Varios aspectos deben ser tenidos en cuenta en los evaporadores cuando se

sustituye el R404A por R449A.

**POTENCIA FRIGORIFICA:** debido al alto deslizamiento (glide) de temperatura del R449A es esperable una disminución de las prestaciones de los evaporadores, pero como en el caso del R407F, esta disminución solo se produce en bajas temperaturas y en menor medida.

Para el cálculo de la maquinaria necesaria habría que tener en cuenta, por tanto, el trabajo en evaporación en su temperatura media, ya que si se considera el punto de rocío, los datos obtenidos serían inferiores a la realidad al ser el punto de rocío más bajo que el punto correspondiente a vapor.

Puesto que no tenemos más datos del gas R449A, no podemos estimar individualmente la potencia frigorífica de cada evaporador.

Para ello se hace necesario conocer tanto volúmenes específicos como entalpías de trabajo para la presión de evaporación y son datos aun desconocidos o no facilitados por los fabricantes.

### **2.2.7. VALVULAS DE EXPANSION:**

Una válvula de expansión termostática se compone de dos partes separables, por un lado el cuerpo propiamente dicho de la válvula y por otro el orificio de la válvula. Cada cuerpo de válvula es válido para una gama de tamaños de orificios, los cuales se seleccionaran dependiendo del régimen de trabajo, gas y potencia frigorífica que son capaces de pasar.

Puesto que una válvula de expansión se dimensiona para la potencia frigorífica del servicio, se regula por el recalentamiento y abre por diferencias de presión, cabe esperar que las válvulas existentes para R404A sean validas para el R449A al trabajar con presiones muy similares en esas temperaturas, siendo necesario un reajuste del recalentamiento debido al alto deslizamiento del R449A

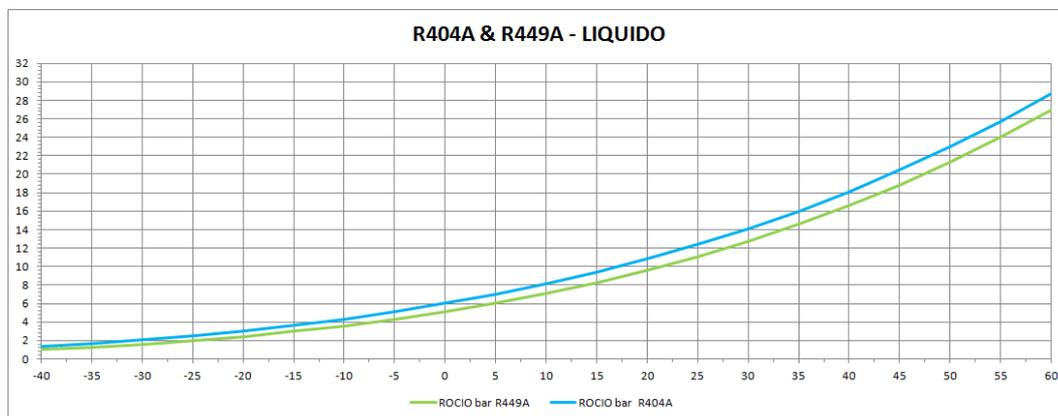
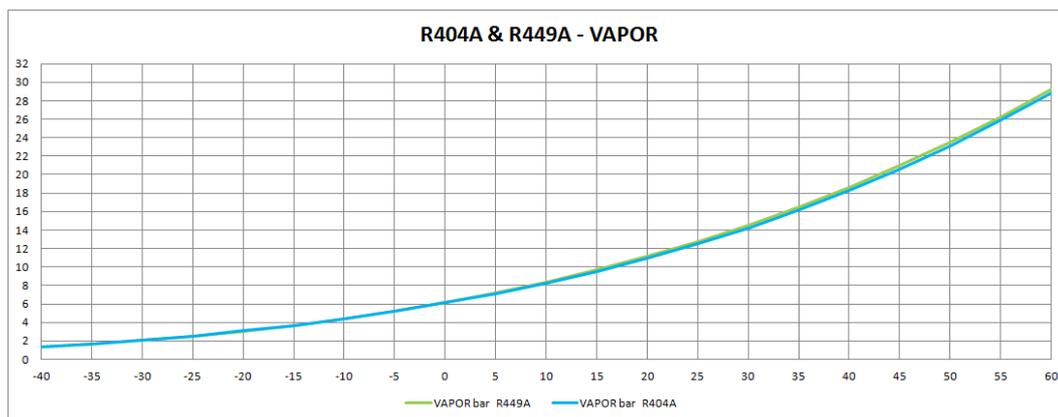
En el caso de válvulas de expansión electrónicas, si su capacidad es válida, tan solo habría que reprogramar el control de las mismas, cambiando el tipo de gas, esto, para este caso se hace complicado, ya que no existen aun en el mercado controles con las características de este gas, por lo que habría que descartar instalaciones con expansión electrónica o bien asumiendo en parámetros del control que se trata del R407F, pero no conocemos la incertidumbre.

### **2.2.8. ACCESORIOS SOMETIDOS A PRESION:**

En este apartado se incluyen los separadores de aceite, recipientes de líquido, separadores de aspiración, válvula de seguridad etc.

El primer aspecto a tener en cuenta es la válvula de seguridad, y con ello la presión con la que trabaja cada refrigerante.

En la siguiente tabla se muestra la comparativa de presiones tanto en vapor saturado como de rocío para cada refrigerante.



En las válvulas de seguridad tenemos la presión de condensación, por tanto, para temperaturas de condensación, vemos que la presión en líquido del R449A es inferior a la del R404A, y la correspondiente en vapor es prácticamente igual (estas diferencias son consecuencias del alto deslizamiento del R449A) apreciable que la diferencia de presiones se dan sobre todo en fase líquida, siendo la relación de presiones en vapor prácticamente iguales.

Las válvulas de seguridad de R404A suelen estar taradas a una presión de 27.5 bar, para el R449A esta presión equivaldría a tener 56°C en vapor y aprox. 60°C en líquido, por lo que podría considerarse válida la válvula de seguridad.

Otro aspecto a tener en cuenta es la necesidad del cambio del recipiente de

líquido ya que con el cambio legislativo tanto del RD de instalaciones frigoríficas como el reglamento de aparatos a presión, los cuales obligan a un retimbrado de los recipientes de líquido cuando hay sustituciones de gases refrigerantes, por tanto, para recipientes de líquido pequeño suele ser recomendable cambiar el recipiente para cumplimiento de normativa por cuestiones económicas, pero en recipientes de gran envergadura, haría falta como mínimo su retimbrado.

Además, hay que tener presente la diferencia de caudal másico de la instalación y la densidad del R449A, algo superior al R404A en líquido, sin embargo el caudal másico es menor, por lo que la capacidad del recipiente del R404A sería adecuado para el nuevo R449A.

En cuanto a los separadores de aceite, sería recomendable estudiar cada caso en función de si la línea de línea de descarga ha sufrido modificación, en caso contrario sería válido el separador de aceite de la instalación con R404A.

#### **2.2.9. FORMACION DE ESCARCHA EN ASPIRACION:**

Puesto que el caudal másico es menor en el caso de R449A, es presumible asumir que se formará menor escarcha en aspiración que en R404A.

#### **2.2.10. IMPACTO DE EFECTO INVERNADERO: TEWI:**

A continuación mostramos el cálculo del TEWI de ambos refrigerantes, en el que se engloba ambas emisiones.

R404A

**EL IMPACTO TOTAL EQUIVALENTE SOBRE EL CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO (TEWI) DE ESTA INSTALACIÓN EN SU VIDA ÚTIL ES DE:**

	(2) Kg. CO2	11.491.744	(3) Kg. CO2	7.131.354		
	Refrigerante utilizado	R 404A	Refrigerante utilizado	R- 404A		
TOTAL EN COJUNTO DE LA INSTALACIÓN				Kg. CO2	<u>18.623.097</u>	
DATOS CÁLCULO DE	Vida útil de la instalación en años	25	Factor de fugas (%)	3		
Potencia total de compresores en Kw/h		2	103,60	3	62,45	
Tiempo de funcionamiento del sistema en años		18,75	Tiempo de funcionamiento diario (h.)		18	
Refrigerante de la instalación	R 404A	PCA	3784	Carga total refrigerante (Kg.)	795	
Refrigerante de la instalación	R 404A	PCA	3784	Carga total refrigerante (Kg.)	530	
		Fugas, expresadas en Kilogramos por año/circuito →	Emisión CO2, en Kg por Kw/h.		0,65	
Consumo energético Kw/h-año	680652	Factor de recuperación, de 0 a 1		0,50		
Consumo energético Kw/h-año	410296	→		23,85	15,90	
<b>JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS</b>						
(1) (2) (3) Circuitos independientes con distinta carga y potencia total de compresores						
Según la ITC-02, se emplea la fórmula: $TEWI = (PCA \times L \times n) + (PCA \times m (1 - \alpha \text{ recuperación})) + (n \times E \text{ anual} \times \beta)$						
PCA x L x n = Impacto debido a pérdidas por fugas = PCA directo	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Fugas			
	1.692.158	1.128.105	2.820.263			
PCA x m(1 - $\alpha$ recuperación) = Impacto por pérdidas producidas en la recuperación = PCA directo	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Recup.			
	1.504.140	1.002.760	2.506.900			
n x E anual x $\beta$ = Impacto debido a la energía consumida = PCA indirecto	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Indirec.			
	8.295.446	5.000.489	13.295.935			
Porcentaje (%) a incrementar en el total de las tres formulas, por otros motivos				0 %	Total	18.623.097

R449A

**EL IMPACTO TOTAL EQUIVALENTE SOBRE EL CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO (TEWI) DE ESTA INSTALACIÓN EN SU VIDA ÚTIL ES DE:**

		(2) Kg. CO2	9.091.034	(3) Kg. CO2	5.334.704	
		Refrigerante utilizado	R 449A	Refrigerante utilizado	R- 449A	
TOTAL EN COJUNTO DE LA INSTALACIÓN				Kg. CO2	<b>14.425.738</b>	
<b>DATOS CÁLCULO</b>	DE	Vida útil de la instalación en años	25	Factor de fugas (%)	3	
Potencia total de compresores en Kw/h		2	98,80	3	56,80	
Tiempo de funcionamiento del sistema en años		18,75	Tiempo de funcionamiento diario (h.)		18	
Refrigerante de la instalación	de la	R 449A	PCA	1300	Carga total refrigerante (Kg.) 854	
Refrigerante de la instalación	de la	R 449A	PCA	1300	Carga total refrigerante (Kg.) 569	
		Fugas, expresadas en Kilogramos por año/circuito	→	Emisión CO2, en Kg por Kw/h.	0,65	
Consumo energético Kw/h-año		649116		Factor de recuperación, de 0 a 1	0,50	
Consumo energético Kw/h-año		373176		→	25,63 17,09	
<b>JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS</b>						
(1) (2) (3) Circuitos independientes con distinta carga y potencia total de compresores						
Según la ITC-02, se emplea la fórmula: $TEWI = (PCA \times L \times n) + (PCA \times m (1 - \alpha \text{ recuperación})) + (n \times E \text{ anual} \times \beta)$						
PCA x L x n = Impacto debido a pérdidas por fugas = PCA directo		(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Fugas		
		624.670	416.447	1.041.117		
PCA x m(1 - $\alpha$ recuperación) = Impacto por pérdidas producidas en la recuperación = PCA directo		(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Recup.		
		555.263	370.175	925.438		
n x E anual x $\beta$ = Impacto debido a la energía consumida = PCA indirecto		(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Indirec.		
		7.911.101	4.548.083	12.459.184		
Porcentaje (%) a incrementar en el total de las tres formulas, por otros motivos				0 %	Total	14.425.738

Podemos observar que el R449A contribuye de forma efectiva a la reducción del efecto invernadero teniendo una reducción de 4200 Tn CO2 en la vida útil de la

instalación.

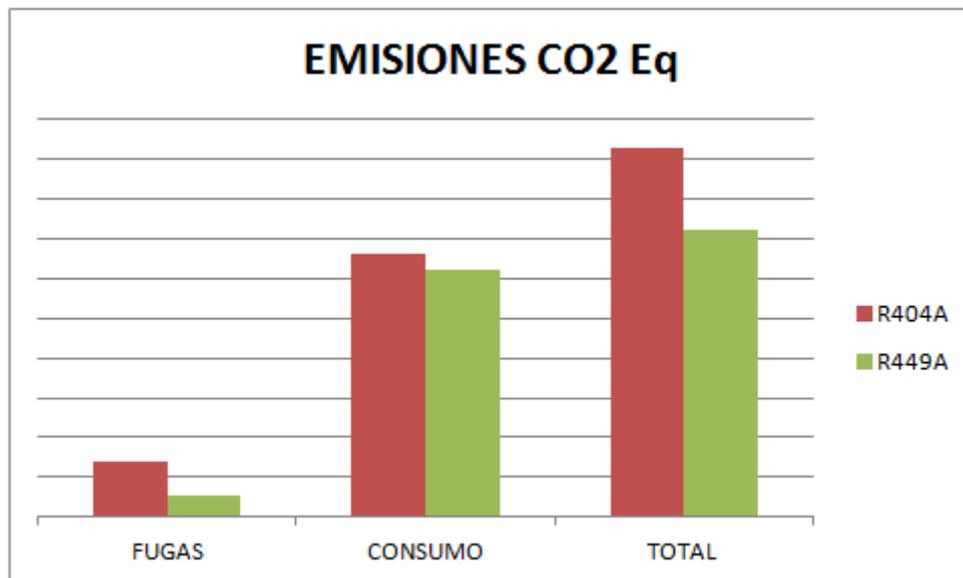


Gráfico 26: Emisiones de CO2 R404A & R449A

### 2.3. SUSTITUCIÓN DIRECTA:

En este apartado vamos a analizar cada uno de los factores descritos anteriormente aplicándolo a la instalación objeto de estudio, para valorar si en este caso sería viable en aspectos técnicos, medioambientales y económicos, basándose estrictamente en los datos de funcionamiento de compresores que son los únicos datos que se han podido obtener tras una costosa investigación del gas.

#### 2.3.1. Verificación de componentes de la instalación:

##### 2.3.1.1. Compresores:

En este apartado vamos a analizar la capacidad frigorífica obtenida de los compresores existentes con el R449A con objeto de verificar que son suficientes los compresores existentes.

Los datos de las centrales existentes para cada régimen de trabajo se han descrito en el apartado de instalación existente con R404A, partiendo de la maquinaria existente, obtenemos los siguientes datos:

**DATOS CENTRAL POSITIVA:****4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

DATOS R404A		DATOS R449A	
DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -10°C	DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -10°C
Tª CONDENSACION CON AGUA	+50°C	Tª CONDENSACION AGUA	+50°C
CAPACIDAD W	48,9	CAPACIDAD KW	50,8
POTENCIA KW	25,9	POTENCIA KW	24,7
COP	1,88	COP	2,06
NECESIDAD CONDENSACION KW	75	NECESIDAD CONDENSACION KW	75,5
<b>DATOS POR CENTRAL</b>		<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	195,6	CAPACIDAD KW	203,2
POTENCIA KW	103,6	POTENCIA KW	98,8
<b>DATOS CONDENSACION</b>		<b>DATOS CONDENSACION</b>	
NECESIDAD CONDENSACION KW	300	NECESIDAD CONDENSACION KW	302

**DATOS CENTRAL NEGATIVA:****5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K**

DATOS R404A		DATOS R449A	
DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -35°C	DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -35°C
Tª CONDENSACION AGUA	+50°C	Tª CONDENSACION	+50°C
CAPACIDAD KW	11,69	CAPACIDAD KW	11,3
POTENCIA KW	12,49	POTENCIA KW	11,36
COP	0,94	COP	0,99
NECESIDAD CONDENSACION KW	24,2	NECESIDAD CONDENSACION KW	22,7
<b>DATOS POR CENTRAL</b>		<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	58,45	CAPACIDAD KW	56,5
POTENCIA KW	62,45	POTENCIA KW	56,8
<b>DATOS CONDENSACION</b>		<b>DATOS CONDENSACION</b>	
NECESIDAD CONDENSACION KW	121	NECESIDAD CONDENSACION KW	113,5

DEMANDA DE POTENCIA		
	POSITIVA	NEGATIVA
Murales	132.366 W	17.535 W
Cámaras	37.310 W	4.090 W
<b>TOTALES</b>	<b>169.676 W</b>	<b>21.625 W</b>

POTENCIA DE CENTRALES R404A & R449A		
	POSITIVA	NEGATIVA
R404A	195.600 W	58.450 W
<b>R449A</b>	<b>203.200 W</b>	<b>56.500 W</b>

La central de temperatura positiva trabajando con R449A ofrece una mayor potencia frigorífica, por lo que la instalación existente admitiría en cuanto a potencia frigorífica en compresores el cambio de refrigerante.

Con esta disponibilidad con R449A tendríamos un coeficiente de simultaneidad (c.s.) de 1,20 y, en caso de parada por avería de un compresor, dicho coeficiente pasaría a 0,90 que puede ser válido en la mayor parte del año.

La central de temperatura negativa trabajando con R449A ofrece una menor potencia frigorífica, pero superior a la demandada por la instalación, por lo que la instalación existente admitiría en cuanto a potencia frigorífica en compresores el cambio de refrigerante.

Con esta disponibilidad con R449A tendríamos un coeficiente de simultaneidad (c.s.) de 2,61 y, en caso de parada por avería de un compresor, dicho coeficiente pasaría a 2,09 válido todo el año.

El factor de mayor importancia es la necesidad de incorporación de enfriamientos adicional en los compresores de negativa, esto incluye la necesidad de incorporar un ventilador de culata por compresor. Estas inversiones se valoraran frente al ahorro obtenido con el fin de concluir la efectividad de la reconversión.

### 2.3.1.2. Evaporadores:

Como se ha visto en el apartado de generalidades en la sustitución del R404A por R449A, no tenemos datos suficientes para evaluar con precisión el rendimiento de los intercambiadores con el gas sustituto.

Por afinidad con el R407F, se podría estimar que serían válidos los evaporadores existentes.

### 2.3.1.3. Condensador:

La condensación de la instalación existente es mediante agua en sistema de circuito cerrado, para ello existen unos intercambiadores de calor en la sala de máquinas de 480KW en positiva y 170 KW en negativa.

Las necesidades de condensación con R449A son de 302 KW en positiva y 113,5 KW en negativa, por lo que el sistema de condensación existente es válido para la reconversión.

### 2.3.1.4. Calculo de tuberías:

La sala de máquinas, que comprende la ubicación de los compresores, los condensadores multitubulares, los recipientes de ambas centrales y las bombas de agua de condensación, se encuentra en la planta sótano -2, mientras que los servicios (cámaras y murales) se encuentran en el semisótano con una diferencia de cotas de 6m aproximadamente.

Esta diferencia de alturas las asume de forma vertical ascendente las líneas de líquido y de forma vertical descendente las aspiraciones. La línea de descarga por tanto tiene su recorrido en la propia sala de máquinas, siendo la línea de agua de condensación la que asume la altura geométrica hasta los aéro enfriadores situados en cubierta.

Partiendo de la base de la estimación realizada de forma genérica en la reconversión del gas a R449A, en el cuál se dan por válidas las tuberías tanto de aspiración y descarga cuando las variaciones de alturas geométricas en la instalación no son importantes, podemos dar por válidas las tuberías existentes tanto es aspiración como en descarga, ya que a pesar de la aspiración sí que asume una diferencia de cotas, es a nuestro favor al ser en tramo descendente.

La línea de líquido es la única tubería que podría ser motivada de sustitución, pero como se ha señalado al ser una reducción y ser las velocidades poco influyentes en este tramo, damos por válidas las líneas existentes.

### 2.3.1.5. Calculo de accesorios:

En este apartado se van a analizar los accesorios como.

- Válvulas de expansión: Daríamos, las existentes, por válidas para el R449A por su capacidad frigorífica siendo necesario un reajuste del recalentamiento. Por la falta de datos de este gas refrigerante, no podemos realizar un estudio con detalle de la valvulería.
- Recipientes de líquido: será necesario su retimbrado para cumplimiento de la normativa vigente de aparatos a presión.
- Separador de aceite: al tratarse del mismo aceite, no es necesario el cambio, la capacidad del separador es capaz de asumir la potencia frigorífica que ofrece el R449A. además no hay modificación de línea de descarga, por lo que dimensionalmente es válido.
- Separador de aspiración: ídem al separador de aceite. La línea de aspiración no sufre modificación, por lo que dimensionalmente es válido.
- Válvulas solenoide: las válvulas solenoides funcionan por diferencias de presión, no sería necesario su modificación al no modificarse las presiones de trabajo alta/baja. Si se modifica la línea de líquido, reduciéndose, habría que dimensionar las solenoides para la nueva pérdida de carga de la línea.

### 2.3.2. Calculo del rendimiento

En este apartado valoraremos el rendimiento de la instalación con el cambio de gas refrigerante a R449A tanto en régimen de positiva como en régimen de negativa.

Partiendo de los datos obtenidos de la producción frigorífica de los compresores con cada uno de los gases, veremos el rendimiento, horas de funcionamiento y consumos eléctricos estimados de cada central para cada tipo de gas, considerando el mismo sistema y temperaturas tanto de condensación como de evaporación a las existentes.

**CALCULOS CENTRAL POSITIVA:  
4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

<b>CALCULOS R404A</b>		<b>CALCULOS R449A</b>	
CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION - 10°C	CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION - 10°C
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68
POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	48,90	POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	50,80
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,47	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,34
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,66	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	227,87	POTENCIA DADA POR COMPRESORES	203,20
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,87	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	20,04
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,90	CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	24,70
CONSUMO ELECTRICO Kwh	2.156,86	CONSUMO ELECTRICO Kwh	1.980,00
CONSUMO ELECTRICO Kwh/MES	64.705,89	CONSUMO ELECTRICO Kwh/MES	59.399,96

**CALCULOS CENTRAL NEGATIVA:  
5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K**

<b>CALCULOS R404A</b>		<b>CALCULOS R449A</b>	
CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION - 35°C	CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION - 35°C
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63
POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	11,69	POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	11,30
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,85	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,91
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	3,00	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	3,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	35,07	POTENCIA DADA POR COMPRESORES	33,90
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	14,80	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	15,31
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	12,49	CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	11,36
CONSUMO ELECTRICO kWh	554,52	CONSUMO ELECTRICO kWh	521,76
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	16.635,53	CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	15.652,67

### 2.3.3. Comparativa de ahorro energético

Lo realmente importante a la hora de realizar el cambio de gas refrigerante, además de los parámetros legislativos que hemos ido mencionando a lo largo del trabajo, es si realmente se obtendrían ahorros energéticos con el cambio, para ello vamos a realizar la comparativa, evaluando la mejora de rendimiento en base al COP y de forma porcentual.

El ahorro económico está basado en un precio de 12 c€/ kWh como precio medio de mercado eléctrico.

#### AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA:

**4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

R404A		R449A	
CONSUMO ELECTRICO kWh	2.156,86	CONSUMO ELECTRICO kWh	1.980,00
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	64.705,89	CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	59.399,96
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES	<b>2.039,23 kWh/mes</b>		<b>3%</b>
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES	<b>2.936,48 €/año</b>		

#### AHORRO ENERGETICO CENTRAL NEGATIVA:

**5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K**

R404A		R449A	
CONSUMO ELECTRICO kWh	554,32	CONSUMO ELECTRICO kWh	521,76
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	16.635,53	CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	15.652,67
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES	<b>982,85 kWh/mes</b>		<b>6%</b>
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES	<b>1.415,31 €/año</b>		

Podemos observar que el R449A tiene un buen rendimiento trabajando en temperaturas de régimen de positiva (-10°C evaporación) siendo el rendimiento, cuando trabajamos en bajas temperaturas (-35°C de evaporación), el realmente interesante, al ser un aumento a tener en cuenta.

De forma global obtenemos un ahorro de:

	AHORRO EN CONSUMO ELECTRICO
POSITIVA	2.039,23 kWh/ mes
NEGATIVA	982,85 kWh/ mes
GLOBAL	<b>3.022,08 kWh/mes</b>
	<b>4.351,79 €/año</b>

### 2.3.4. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar la sustitución del gas refrigerante.

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y

por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de CO<sub>2</sub> del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El R449A es un gas con PCA de 1300 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico tras la reconversión del gas con los datos expuestos anteriormente de consumos para ambos refrigerantes y ambos regímenes de trabajo:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	3.022,08 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	1.964,35 kg CO <sub>2</sub> /año

La reducción de las toneladas equivalentes debidas a las posibles emisiones fugitivas del gas refrigerante, considerando un 3% de fugas, son:

GAS	PCA	KG GAS	FUGAS	EMISION Kg CO <sub>2</sub>
R404A	3784	1325	39,75	150.414
R449A	1300	1424	42,72	55.536
		<b>REDUCCION</b>	<b>94.878 Kg CO<sub>2</sub></b>	

Vemos que a diferencia del competidor R407F, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por la disminución de consumo no es prácticamente valorable pero sí lo es la categoría ambiental del gas R449A.

### 2.3.5. Valoración económica de la inversión

Las modificaciones necesarias para la realización de la sustitución del refrigerante, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Sustitución de línea de líquido				
4 líneas en Positiva a 7/8"	m.	120,00	12,85	1.542,00
2 líneas en Negativa a 5/8"	m.	60,00	8,23	493,80
Válvulas de expansión				
Ajuste de recalentamientos	Ud.	63,00	10,00	630,00
Válvulas solenoide	Ud.	8,00	65,74	525,90
Retimbrado de recipiente	Ud.	2,00	350,00	700,00
KG GAS R407F				
Positiva : 750 l	Kg	854,25	35,00	29.898,75
Negativa: 500l	Kg	569,50	35,00	19.932,50
<b>TOTAL MATERIALES SUSTITUCION DIRECTA</b>				<b>53.197,05</b>
MANO DE OBRA (30%)				15.959,12
ACCESORIOS (15%)				7.979,56
IMPREVISTOS (2,5%)				1.329,93
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>78.465,65</b>

#### OBSERVACIONES AL PRESUPUESTO:

##### *Sustitución de línea de líquido:*

A pesar de que de forma teórica y de cálculo para cumplir con criterios de velocidad en la línea de líquido, hiciese falta la modificación de las líneas de líquido existentes, en la práctica, el que la línea de líquido sea de sección superior a la requerida no ocasiona ningún inconveniente a la instalación, en cuanto a funcionamiento y fiabilidad ya que el aceite va mezclado con el líquido, por lo que circulará sin mayor problema, al ser la sección existente superior a la necesaria, la capacidad de transporte de potencia frigorífica no se ve perjudicada.

Sin embargo habría que comprobar que la ganancia de temperatura por una circulación más lenta no perjudique de forma excesiva en el sub enfriamiento considerado, un aumento de la temperatura del sub enfriamiento considerado a la salida del condensador, haría que en el evaporador entrase, tras la expansión, con un mayor porcentaje de gas al esperado inicialmente.

##### POSIBILIDAD DE FUGAS ANUALES:

Otro aspecto a considerar en la valoración económica es la posibilidad de fugas en la instalación, factor importante por la existencia del impuesto sobre

los gases refrigerantes.

Según la estimación del 3% de fugas que puede darse de forma estadística en las instalaciones el coste en comparación con el R404A sería de:

GAS	KG FUGAS ANUAL	COSTE GAS CON IMPUESTO 2016	IMPORTE
R404A	39,75 kg	87,68 €	3.485,28 €
R449A	42,72 kg	61,15 €	2.612,33 €

NOTA: Debido al alto PCA del R404A y la tasa de fabricación impuesta a los fabricantes la tendencia del precio del R404A es al alza, por lo que se esperan un incremento considerable del precio de adquisición del R404A. Por contra se prevé una disminución del coste de adquisición del R449A que actualmente tiene poca demanda.

### 2.3.6. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
78.465,65 €	4.351,79 €	<b>18,03 Años</b>

## 2.4. SUSTITUCIÓN Y MEJORA CON CONDENSACIÓN FLOTANTE:

### 2.4.1. Descripción del sistema

En este apartado vamos a considerar la posibilidad de mejorar de forma eficiente la instalación una vez realizada la sustitución del refrigerante de R404A a R449A, adaptando la instalación para el funcionamiento de la condensación flotante.

La condensación consiste en dejar fluctuar libremente la condensación, en función de la temperatura ambiente.

La potencia frigorífica del compresor, y por tanto, del circuito frigorífico, depende, básicamente de dos temperaturas: la de evaporación y la de condensación. Cuando la temperatura de condensación baja, la potencia frigorífica aumenta. Cuando la temperatura de evaporación sube, también lo hace la potencia frigorífica.

En esta instalación se tiene regulada la condensación en 50°C debido a que el sistema empleado es mediante condensación por agua en sistema cerrado, al

tener que asumir los saltos térmicos del intercambiador multitubular que condensa el gas refrigerante y el salto térmico de los aerofriadores que refrigeran el agua de condensación, la temperatura de consigna de condensación es mayor a la que normalmente se usa en condensación por aire (en torno a 45°C, dependiendo de la zona climática y el salto térmico seleccionado del condensador, se suele trabajar con DT de 10K).

Si conseguimos bajar la temperatura de condensación manteniendo la de evaporación, obtendremos una mejora sustancial en el rendimiento del equipo.

La regulación y control de la condensación se realiza por medio de un equipo de control electrónico que a través de un transductor de alta presión envía una señal a una válvula de tres vías que impulsa agua hacia los condensadores multitubulares o bypass los mismos. Independientemente de ello por medio de variadores de frecuencia ubicados en el sub-cuadro de aero enfriadores se actúa sobre las revoluciones de los ventiladores de los mismos para conseguir la temperatura de agua adecuada al funcionamiento de la instalación en cada momento.

En el estudio de la condensación flotante de esta instalación, partimos de la temperatura de condensación que será la ambiente más el salto térmico, que le consideramos de 15°C al tratarse de condensación con agua.

Para determinar la temperatura de condensación en cada mes del año partiremos de las medias de cada mes, facilitadas por el Instituto Nacional de Meteorología para la ubicación del edificio. A esa cifra le sumaremos 15 y obtendremos la temperatura media de condensación en cada mes del año. Los datos concretos son:

#### 2.4.2. Estudio del diseño

Partiendo de la instalación existente, tanto en la parte de positiva como de la negativa, y considerando ya realizado el cambio de refrigerante a R449A con las modificaciones apuntadas en apartado anterior, para la mejora con condensación flotante se hace necesario la incorporación del sistema de control descrito y los variadores de frecuencia en el cuadro.

#### 2.4.3. Calculo del rendimiento

A continuación vamos a detallar los datos obtenidos con condensación flotante para cada régimen de trabajo con el gas R449A:

DATOS CENTRAL REFRIGERADOS: 4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y // EVAPORACION -10°C
---

<b>DATOS R449A</b>							
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>							
Tª CONDENSACION	20	25	30	35	40	45	50
CAPACIDAD W	82284	77087	71884	66659	61404	56118	50803
POTENCIA KW	16,9	18,53	20	21,4	22,6	23,7	24,7
COP	4,75	4,05	3,49	3,03	2,63	2,29	1,99
<b>DATOS POR CENTRAL</b>							
CAPACIDAD KW	329136	308348	287536	266636	245616	224472	203212
POTENCIA KW	67,6	74,12	80	85,6	90,4	94,8	98,8

<b>DATOS R404A</b>	
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	
Tª CONDENSACION AGUA	50
CAPACIDAD KW	48,9
POTENCIA KW	25,9
COP	1,98
<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	195,6
POTENCIA KW	103,6

**DATOS CENTRAL CONGELADOS: 5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ / EVAPORACION -35°C**

<b>DATOS R449A</b>							
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>							
Tª CONDENSACION	20	25	30	35	40	45	50
CAPACIDAD W	22881	21051	19167	17238	15275	13293	11300
POTENCIA KW	10,08	10,39	10,65	10,88	11,07	11,23	11,36
COP	2,27	2,03	1,8	1,59	1,38	1,18	0,99
<b>DATOS POR CENTRAL</b>							
CAPACIDAD KW	114405	105255	95835	86190	76375	66465	56500
POTENCIA KW	50,4	51,95	53,25	54,4	55,35	56,15	56,8

<b>DATOS R404A</b>	
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	
Tª CONDENSACION AGUA	50
CAPACIDAD KW	11,69
POTENCIA KW	12,49
COP	0,94
<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	58,45
POTENCIA KW	62,45

Podemos observar como aumenta la potencia frigorífica y disminuye la potencia absorbida a medida que se disminuye la temperatura de condensación, resultando unos COP's realmente altos, esto es la base de justificación de la mejora eficiente de la instalación mediante condensación flotante.

### Comparativa de ahorro energético

A continuación vamos a desarrollar los cálculos mes a mes de cada central, con las hipótesis descritas y veremos el ahorro energético estimado anual:

DATOS CENTRAL REFRIGERADOS: 4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y // EVAPORACION -10°C												
CALCULOS CONDENSACION FLOTANTE R449A												
MES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Tª MEDIA EXTERIOR	5,00	6,60	10,00	12,70	15,80	25,00	35,00	35,00	19,80	14,00	9,00	5,60
Tª CONDENSACION CON DT15	20,00	20,00	25,00	30,00	30,00	40,00	45,00	45,00	40,00	30,00	25,00	20,00
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL CALCULADA	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68
POTENCIA FRIGORIFICA A Tª DE CONDENSACION	82,28	82,28	77,09	71,88	71,88	61,40	56,12	56,12	61,40	71,88	77,09	82,28
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	2,06	2,06	2,20	2,36	2,36	2,76	3,02	3,02	2,76	2,36	2,20	2,06
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	3,00	3,00	3,33	3,33	3,33	4,00	4,00	4,00	3,66	3,33	3,00	3,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	246,85	246,85	256,70	239,37	239,37	245,62	224,47	224,47	224,74	239,37	231,26	246,85
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	16,50	16,50	15,86	17,01	17,01	16,58	18,14	18,14	18,12	17,01	17,61	16,50
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	16,90	16,90	18,53	20,00	20,00	22,60	23,70	23,70	22,60	20,00	18,53	16,90
CONSUMO ELECTRICO KWh	<b>836,38</b>	<b>836,38</b>	<b>978,87</b>	<b>1.133,00</b>	<b>1.133,00</b>	<b>1.498,80</b>	<b>1.719,80</b>	<b>1.719,80</b>	<b>1.498,80</b>	<b>1.133,00</b>	<b>978,87</b>	<b>836,38</b>
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	<b>25.091,36</b>	<b>25.091,3</b>	<b>29.366,1</b>	<b>33.989,9</b>	<b>33.989,9</b>	<b>44.963,97</b>	<b>51.593,9</b>	<b>51.593,9</b>	<b>44.963,9</b>	<b>33.989,9</b>	<b>29.366,1</b>	<b>25.091,3</b>

<b>CALCULOS R404A - AGUA</b>	
<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68
POTENCIA FRIGORIFICA A T <sup>a</sup> DE CONDENSACION	48,90
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,47
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,66
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	227,87
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,87
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,90
CONSUMO ELECTRICO KWh	2.156,86
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	64.705,89

<b>ANUAL R404A</b>
776.470,69

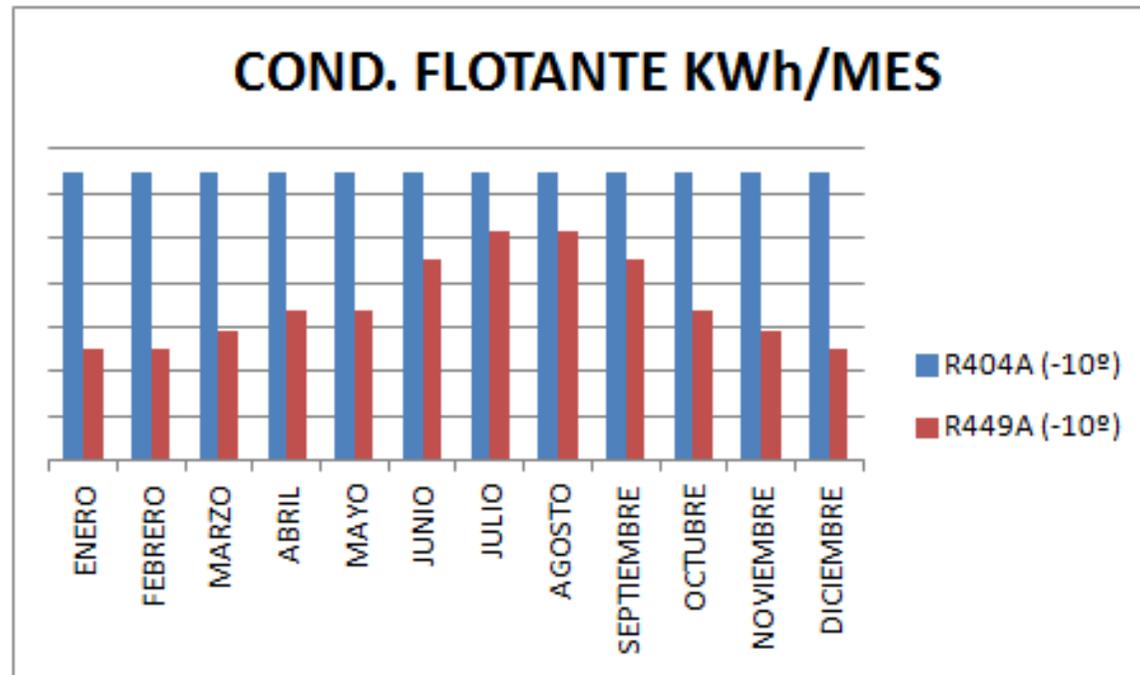


Grafico 27: Condensación flotante R404A &amp; R449A positiva

DATOS CENTRAL CONGELADOS: 5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ / EVAPORACION -35°C												
CONDENSACION FLOTANTE R449A												
MES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Tª MEDIA EXTERIOR	5,00	6,60	10,00	12,70	15,80	25,00	35,00	35,00	19,80	14,00	9,00	5,60
Tª CONDENSACION CON DT15	20,00	20,00	25,00	30,00	30,00	40,00	45,00	45,00	40,00	30,00	25,00	20,00
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL CALCULADA	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63
POTENCIA FRIGORIFICA A Tª DE CONDENSACION	22,88	22,88	21,05	19,17	19,17	15,28	13,29	13,29	15,28	19,17	21,05	22,88
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	0,95	0,95	1,03	1,13	1,13	1,42	1,63	1,63	1,42	1,13	1,03	0,95
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2,00	2,50	2,50	2,00	2,00	1,50	1,50
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	34,32	34,32	31,58	28,75	28,75	30,55	33,23	33,23	30,55	38,33	31,58	34,32
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	15,12	15,12	16,44	18,05	18,05	16,99	15,62	15,62	16,99	13,54	16,44	15,12
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	10,08	10,08	10,39	10,65	10,65	11,07	11,23	11,23	11,07	10,65	10,39	10,08
CONSUMO ELECTRICO KWh	228,64	228,64	256,16	288,38	288,38	376,13	438,45	438,45	376,13	288,38	256,16	228,64
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	6.859,21	6.859,21	7.684,78	8.651,35	8.651,35	11.283,79	13.153,6	13.153,6	11.283,7	8.651,35	7.684,78	6.859,21

<b>CALCULOS R404A - AGUA</b>	
<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63
POTENCIA FRIGORIFICA A Tª DE CONDENSACION	11,69
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,85
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	2,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	23,38
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	22,20
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	12,49
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh</b>	<b>554,52</b>
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh/MES</b>	<b>16.635,53</b>

<b>ANUAL R404A</b>
<b>199.626,31</b>

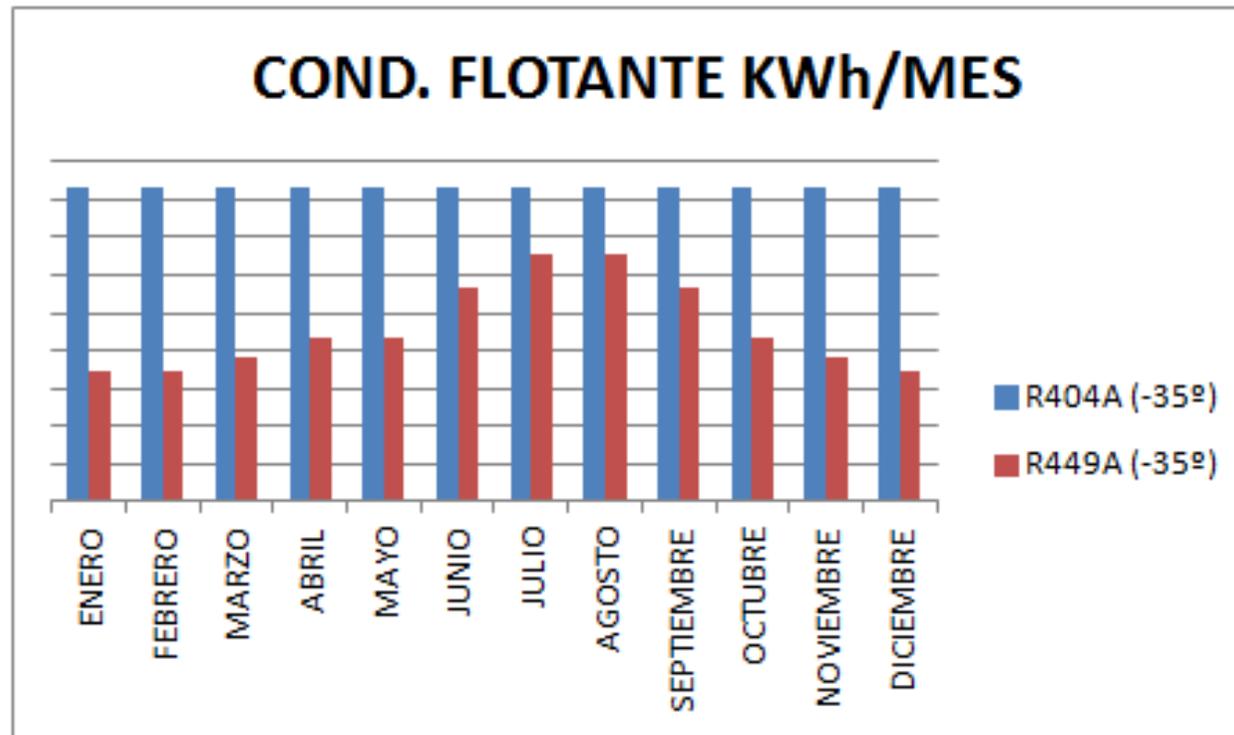


Grafico 28: Condensación flotante R404A &amp; R449A negativa

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA:****4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

R404A		R449A	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	776.470,69	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	429.092,21
AHORRO ESTIMADO kWh/AÑO // COMPRESORES		<b>347.378,48 kWh/AÑO</b>	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		<b>41.685,42 €/AÑO</b>	
		<b>45%</b>	

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL NEGATIVA:****5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K**

R404A		R449A	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	199.626,31	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	110.776,08
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES		<b>88.850,23 kWh/AÑO</b>	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		<b>10.662,02 €/AÑO</b>	
		<b>45%</b>	

AHORRO TOTAL ESTIMADO	
KWh/AÑO	436.229
€/AÑO	52.347,45

#### 2.4.4. *Valoración de mejora medioambiental*

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar la incorporación del sistema de condensación flotante tras la sustitución del gas refrigerante.

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y

por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de CO<sub>2</sub> del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El R449A es un gas con PCA de 1300 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico tras la incorporación del sistema, considerando la reducción efectiva por el cambio de refrigerante expuesta en el punto 2.3.4., y con los datos expuestos anteriormente de consumos para ambos refrigerantes y ambos regímenes de trabajo:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	436.229 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	283.548,85 kg CO <sub>2</sub> /año

#### 2.4.5. *Valoración económica de la inversión*

Las modificaciones necesarias para la incorporación del sistema de condensación flotante tras la sustitución del refrigerante, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Control de condensación flotante	Ud.	2,00	1.911,00	3.822,00
Variadores de frecuencia en aroenfriadores	Ud.	24,00	375,27	9.006,48
Válvulas de tres vías	Ud.	4,00	886,00	3.544,00

motorizadas para agua				
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>16.372,48</b>
SUSTITUCION DE GAS	Ud.	1,00	78.465,65	78.465,65
<b>TOTAL MATERIALES DIRECTA + FLOTANTE</b>	Ud.			<b>94.838,13</b>
MANO DE OBRA (30%)				4.911,74
ACCESORIOS (15%)				2.455,87
IMPREVISTOS (2,5%)				409,31
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>102.615,06</b>

### 2.4.6. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
102.615,06 €	52.347,45 €	1,96 Años

## 2.5. SUSTITUCIÓN Y MEJORA DISMINUYENDO TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN EN POSITIVA:

### 2.5.1. Descripción del sistema

Analizando la instalación existente con R404A vemos que la mayor demanda viene de los servicios de media temperatura (Positiva).

Estos servicios trabajan a temperaturas de 0°C/ 2°C y 4°C dependiendo del género de cada cámara o vitrina en cuestión.

La instalación existente trabaja con válvulas de regulación de evaporación para mantener constante el salto térmico en cada servicio asegurando el régimen de trabajo de cada recinto.

La central de positiva está regulada para trabajar a una evaporación de -10°C, considerando las pérdidas de temperatura que suceden en la línea de aspiración, máximo de 2K por diseño, vemos que estas válvulas están teniendo que trabajar regulando en considerable medida en servicios de 2 y 4°C de temperatura.

Como hemos comentado anteriormente, un aumento de la temperatura de evaporación consigue aumentar el rendimiento del compresor, a modo

orientativo suele ser una mejora del 3% por cada grado de temperatura que aumenta en la evaporación (para un mismo gas refrigerante)

Vamos a analizar, por tanto, únicamente la central de positiva, reduciendo la temperatura de evaporación a  $-7^{\circ}\text{C}$  (3 grados menos que la de diseño) realizada ya la sustitución a gas R449A.

Con esta evaporación podemos seguir teniendo los mismos DT en los evaporadores, y se utilizarían las válvulas de regulación en aspiración para servicios que trabajan a más altas temperaturas.

### 2.5.2. Estudio del diseño

Esta mejora consta únicamente de la regulación de la presión de evaporación de la central de positiva y las válvulas de regulación, por lo que no será la incorporación de ningún otro elemento en la instalación.

#### Calculo de tuberías:

Al modificar la temperatura de evaporación cabe la posibilidad de ser necesaria la modificación de las líneas de aspiración debido al incremento de potencia, como anteriormente hemos comentado, el R407F puede comportarse similar al anterior refrigerante, por lo que damos por válida la línea de aspiración existente.

### 2.5.3. Calculo del rendimiento

Vamos a analizar la mejora del rendimiento de la central de positiva con gas R449A, en comparación con la instalación existente con R404A en las condiciones de diseño ( $-10 / +50^{\circ}\text{C}$ ).

**DATOS CENTRAL POSITIVA:****4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

DATOS R404A		DATOS R449A	
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	<b>EVAPORACION -10°C</b>	<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	<b>EVAPORACION -7°C</b>
Tª CONDENSACION CON AGUA	+50°C	Tª CONDENSACION AGUA	+50°C
CAPACIDAD W	48,9	CAPACIDAD KW	58,4
POTENCIA KW	25,9	POTENCIA KW	26,1
<b>COP</b>	<b>1,88</b>	<b>COP</b>	<b>2,24</b>
NECESIDAD CONDENSACION KW	75	NECESIDAD CONDENSACION KW	84,6
<b>DATOS POR CENTRAL</b>		<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	195,6	CAPACIDAD KW	233,6
POTENCIA KW	103,6	POTENCIA KW	104,4
<b>DATOS CONDENSACION</b>		<b>DATOS CONDENSACION</b>	
NECESIDAD CONDENSACION KW	300	NECESIDAD CONDENSACION KW	338,4

Vemos que la capacidad frigorífica aumenta considerablemente, resultando un COP en torno al 19% superior al existente con R404A.

Otro dato a tener en cuenta, es el aumento de la necesidad de condensación necesaria, al evaporar a temperaturas inferiores, el motor del compresor tiene menor capacidad de refrigerarse por lo que los gases de descarga salen a mayor temperatura, carga que debe asumir el condensador.

Las necesidades de condensación son asumibles para la instalación de condensación existente, por lo que se puede dar por válida la opción de reducción de temperatura de evaporación.

#### **2.5.4. Comparativa de ahorro energético**

Vamos a analizar el ahorro que obtenemos con este sistema.

**CALCULOS CENTRAL POSITIVA:  
4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

<b>CALCULOS R404A // -10° EVAPORACION</b>		<b>CALCULOS R449A // -7° EVAPORACION</b>	
<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	<b>-10°C</b>	<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	<b>-7°C</b>
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68
POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN	48,90	POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN	58,40
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,47	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	2,91
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,66	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	227,87	POTENCIA DADA POR COMPRESORES	233,60
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,87	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,43
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,90	CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	26,10
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh</b>	<b>2.156,86</b>	<b>CONSUMO ELECTRICO KWh</b>	<b>1.819,95</b>
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh/MES</b>	<b>64.705,89</b>	<b>CONSUMO ELECTRICO KWh/MES</b>	<b>54.598,48</b>

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA:  
4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

<b>R404A</b>		<b>R449A</b>	
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	64.705,89	CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	54.598,48
AHORRO ESTIMADO kWh/AÑO // COMPRESORES		<b>121.288,90 kWh/AÑO</b>	<b>16%</b>
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		<b>14.554,67 €/AÑO</b>	

### 2.5.5. *Valoración de mejora medioambiental*

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar el ajuste de la temperatura de evaporación a  $-7^{\circ}\text{C}$  tras la sustitución del gas refrigerante.

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y

por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de  $\text{CO}_2$  del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El R449A es un gas con PCA de 1300 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico tras el ajuste del sistema, considerando la reducción efectiva por el cambio de refrigerante expuesta en el punto 2.3.4., y con los datos expuestos anteriormente de consumos para ambos refrigerantes y ambos regímenes de trabajo:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	121.288,90 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	78.837,79 kg $\text{CO}_2$ /año

### 2.5.6. *Valoración económica de la inversión*

Para realizar el ajuste de la temperatura de evaporación, hemos visto que no se precisa en este caso la incorporación de ningún elemento.

Las actuaciones a realizar, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Ajustes en central	Ud.	1,00	1.400,00	1.400,00
Ajustes en válvulas de expansión	Ud.	1,00	630,00	630,00
Ajustes en válvulas reguladoras	Ud.	1,00	630,00	630,00
<b>TOTAL ACTUACIONES</b>				<b>2.660</b>

SUSTITUCION DE GAS	Ud.	1,00	78.465,65	78.465,65
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>81.591,15</b>

### 2.5.7. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
81.591,15 €	14.554,67 €	5,61 Años

## 2.6. SUSTITUCIÓN Y MEJORA COMBINACIÓN DE CONDENSACIÓN FLOTANTE Y DISMINUCIÓN DE TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN EN POSITIVA:

### 2.6.1. Descripción del sistema

Si agrupamos todas las propuestas definidas como alternativas de mejora con la sustitución del gas refrigerante a R449A podemos valorar de forma global la eficiencia conseguida con el sistema.

Para ello se van a presentar los resultados obtenidos con el R449A, incluyendo el sistema de condensación flotante y en la central de positiva, evaporando a -7°C y valoraremos tanto la inversión económica como el ahorro energético.

### 2.6.2. Calculo del rendimiento

**DATOS CENTRAL REFRIGERADOS: 4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y // EVAPORACION -7°C**

DATOS R449A							
DATOS POR COMPRESOR:							
Tª CONDENSACION	20	25	30	35	40	45	50
CAPACIDAD W	93113	87384	81652	75901	70117	64296	58400
POTENCIA KW	17,26	19,1	20,8	22,3	23,8	25	26,10
COP	5,26	4,45	3,82	3,30	2,86	2,49	2,24
DATOS POR CENTRAL							
CAPACIDAD KW	372452	349536	326608	303604	280468	257184	233600
POTENCIA KW	69,04	76,4	83,2	89,2	95,2	100	104,4

<b>DATOS R404A</b>	
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	-10 °C
Tª CONDENSACION AGUA	50
CAPACIDAD KW	48,9
POTENCIA KW	25,9
COP	1,98
<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	195,6
POTENCIA KW	103,6

**DATOS CENTRAL CONGELADOS: 5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ / EVAPORACION -35°C**

<b>DATOS R449A</b>							
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>							
Tª CONDENSACION	20	25	30	35	40	45	50
CAPACIDAD W	22881	21051	19167	17238	15275	13293	11300
POTENCIA KW	10,08	10,39	10,65	10,88	11,07	11,23	11,36
COP	2,27	2,03	1,8	1,59	1,38	1,18	0,99
<b>DATOS POR CENTRAL</b>							
CAPACIDAD KW	114405	105255	95835	86190	76375	66465	56500
POTENCIA KW	50,4	51,95	53,25	54,4	55,35	56,15	56,8

<b>DATOS R404A</b>	
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	-35°C
Tª CONDENSACION AGUA	50
CAPACIDAD KW	11,69
POTENCIA KW	12,49
COP	0,94
<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	58,45
POTENCIA KW	62,45

A continuación vamos a desarrollar los cálculos mes a mes de cada central, con las hipótesis descritas y veremos el ahorro energético estimado anual:

DATOS CENTRAL REFRIGERADOS: 4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y // EVAPORACION -7°C												
CALCULOS CONDENSACION FLOTANTE R449A												
MES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Tª MEDIA EXTERIOR	5,00	6,60	10,00	12,70	15,80	25,00	35,00	35,00	19,80	14,00	9,00	5,60
Tª CONDENSACION CON DT15	20,00	20,00	25,00	30,00	30,00	40,00	45,00	45,00	40,00	30,00	25,00	20,00
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL CALCULADA	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68	169,68
POTENCIA FRIGORIFICA A Tª DE CONDENSACION	93,11	93,11	87,38	81,65	81,65	70,12	64,30	64,30	70,12	81,65	87,38	93,11
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,82	1,82	1,94	2,08	2,08	2,42	2,64	2,64	2,42	2,08	1,94	1,82
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	3,00	3,00	3,33	3,33	3,33	4,00	4,00	4,00	3,66	3,33	3,00	3,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	279,34	279,34	290,99	271,90	271,90	280,47	257,18	257,18	256,63	271,90	262,15	279,34
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	14,58	14,58	13,99	14,98	14,98	14,52	15,83	15,83	15,87	14,98	15,53	14,58
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	17,26	17,26	19,10	20,80	20,80	23,80	25,00	25,00	23,80	20,80	19,10	17,26
CONSUMO ELECTRICO KWh	754,85	754,85	890,09	1.037,36	1.037,36	1.382,25	1.583,39	1.583,39	1.382,25	1.037,36	890,09	754,85
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	22.645,58	22.645,5	26.702,6	31.120,7	31.120,70	41.467,38	47.501,6	47.501,6	41.467,3	31.120,7	26.702,6	22.645,5

<b>CALCULOS R404A - AGUA</b>	
<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68
POTENCIA FRIGORIFICA A T <sup>a</sup> DE CONDENSACION	48,90
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,47
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,66
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	227,87
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,87
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,90
CONSUMO ELECTRICO KWh	2.156,86
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	64.705,89

<b>ANUAL R404A</b>
776.470,69

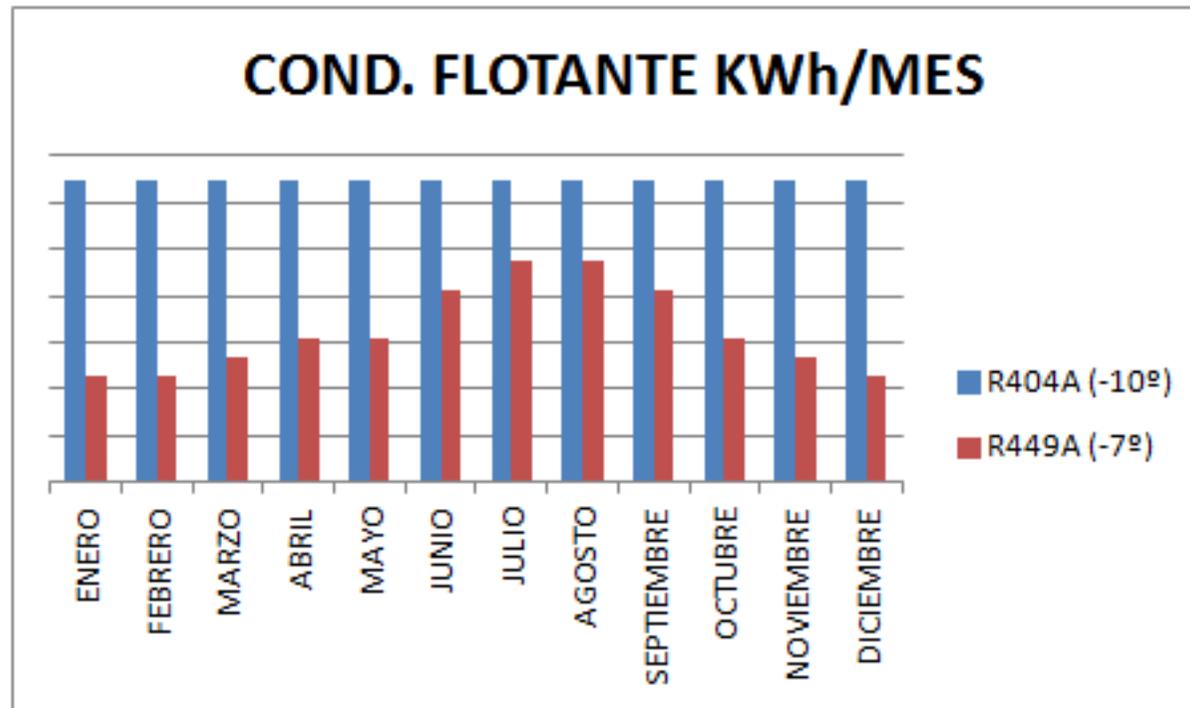


Grafico 29: Condensación flotante R404A &amp; R449A -7°C positiva

DATOS CENTRAL CONGELADOS: 5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ / EVAPORACION -35°C												
CONDENSACION FLOTANTE R449A												
MES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Tª MEDIA EXTERIOR	5,00	6,60	10,00	12,70	15,80	25,00	35,00	35,00	19,80	14,00	9,00	5,60
Tª CONDENSACION CON DT15	20,00	20,00	25,00	30,00	30,00	40,00	45,00	45,00	40,00	30,00	25,00	20,00
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL CALCULADA	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63
POTENCIA FRIGORIFICA A Tª DE CONDENSACION	22,88	22,88	21,05	19,17	19,17	15,28	13,29	13,29	15,28	19,17	21,05	22,88
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	0,95	0,95	1,03	1,13	1,13	1,42	1,63	1,63	1,42	1,13	1,03	0,95
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2,00	2,50	2,50	2,00	2,00	1,50	1,50
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	34,32	34,32	31,58	28,75	28,75	30,55	33,23	33,23	30,55	38,33	31,58	34,32
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	15,12	15,12	16,44	18,05	18,05	16,99	15,62	15,62	16,99	13,54	16,44	15,12
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	10,08	10,08	10,39	10,65	10,65	11,07	11,23	11,23	11,07	10,65	10,39	10,08
CONSUMO ELECTRICO KWh	228,64	228,64	256,16	288,38	288,38	376,13	438,45	438,45	376,13	288,38	256,16	228,64
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	6.859,21	6.859,21	7.684,78	8.651,35	8.651,35	11.283,79	13.153,6	13.153,6	11.283,7	8.651,35	7.684,78	6.859,21

<b>CALCULOS R404A - AGUA</b>	
<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63
POTENCIA FRIGORIFICA A Tª DE CONDENSACION	11,69
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,85
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	2,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	23,38
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	22,20
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	12,49
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh</b>	<b>554,52</b>
<b>CONSUMO ELECTRICO KWh/MES</b>	<b>16.635,53</b>

<b>ANUAL R404A</b>
<b>199.626,31</b>

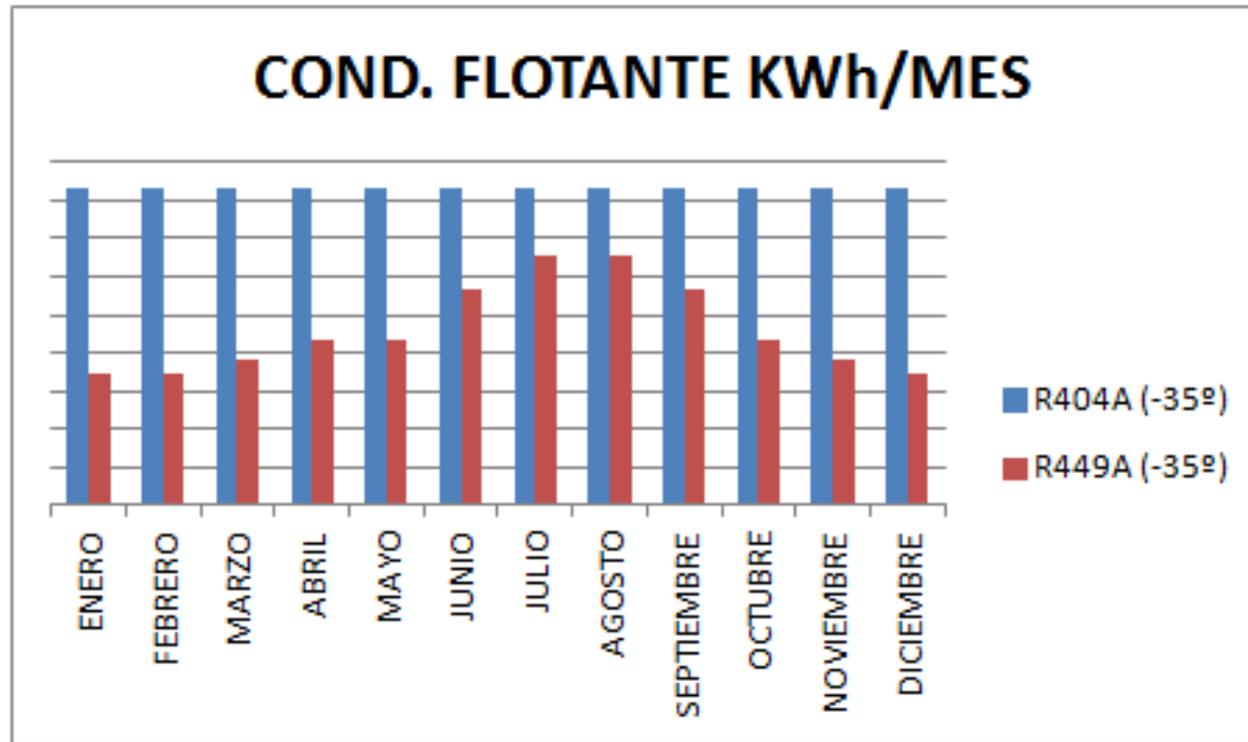


Grafico 30: Condensación flotante R404A & R449A negativa

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA: R449A EVAPORACION A -7°C**  
**4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

R404A		R449A	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	776.470,69	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	392.642,25
AHORRO ESTIMADO kWh/AÑO // COMPRESORES		<b>383.828,43 kWh/AÑO</b>	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		<b>46.059,41 €/AÑO</b>	
		<b>49%</b>	

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL NEGATIVA:**  
**5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K**

R404A		R449A	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	199.626,31	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	110.776,08
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES		<b>88.850,23 kWh/AÑO</b>	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		<b>10.662,03 €/AÑO</b>	
		<b>45%</b>	

AHORRO TOTAL ESTIMADO	
KWh/AÑO	472.679
€/AÑO	56.721,44

### 2.6.3. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar las modificaciones vistas anteriormente (sustitución del gas, incorporación de sistema de condensación flotante y ajuste de temperatura de evaporación a  $-7^{\circ}\text{C}$ ).

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y

por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de CO<sub>2</sub> del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El R449A es un gas con PCA de 1300 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	472.679,00 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	307.241,35 kg CO <sub>2</sub> /año

### 2.6.4. Valoración económica de la inversión

Las actuaciones a realizar, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Sustitución de gas	Ud.			
Sistema de condensación flotante	Ud.			
Ajuste temperatura de evaporacion	Ud.			
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>184.206,21 €</b>

### 2.6.5. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
184.206,21 €	56.721,44 €	<b>3,25 Años</b>

---

# R134A + CO2 EN SUBCRITICO

---

### 3. R134A + CO2 (INSTALACION EN CASCADA):

#### 3.1. GENERALIDADES DE LA SUSTITUCION DE GAS REFRIGERANTE AL R134A + CO2 (RÉGIMEN SUBCRITICO) EN INSTALACION EN CASCADA:

El refrigerante R134A es un gas refrigerante ampliamente conocido por los profesionales del frio. Sus características y manipulación pueden sustituir al R404A en a pesar de su limitación en bajas temperaturas lo hace ideal para trabajar en medias y altas temperaturas.

Para aplicaciones de aire acondicionado, es la preferida al aumentar el ampliamente el COP

Su principal ventaja la mejora del rendimiento como a continuación se describe, además de ser más respetuoso con el medio ambiente (menor TnCO2 equivalente) y la reducción de su impuesto al tener un PCA menor.

Otra principal característica que lo diferencia del resto de gases de estudio es que es un gas puro, con deslizamiento 0° (presiones y temperaturas de líquido y vapor saturados iguales.)

La principal desventaja que presenta el R134A es su limitación en aplicaciones de bajas temperaturas, esto es debido precisamente a las presiones de trabajo a partir de temperaturas por debajo de -25°C la presión se acerca al 0 absoluto por lo que los fabricantes de compresores ponen la limitación de los mismos en esa temperatura de evaporación.

Debido a esta limitación en bajas temperaturas, se estudia la combinación del sistema de R134A para régimen de positiva y CO2 para régimen de negativa.

El dióxido de carbono (CO2) pertenece al grupo de los llamados refrigerantes naturales junto con el amoníaco e hidrocarburos como el propano, el metano y el agua. Todos estos refrigerantes tienen sus respectivas desventajas:

- El amoníaco es tóxico,
- Los hidrocarburos son flamables,
- El agua tiene limitadas posibilidades de aplicaciones en comparación con el CO<sub>2</sub>.

Por su parte el dióxido de carbono no es tóxico, ni inflamable; pero tiene una doble función en el medio ambiente; el CO<sub>2</sub> es necesario por todos los organismos vivos en la tierra pero además es *un gas de efecto invernadero*, lo que puede provocar modificaciones en el medio ambiente si las concentraciones en la atmósfera cambian.

Su principal ventaja la mejora del rendimiento como a continuación se describe, además de ser necesario en el medio ambiente y por ello no estar repercutido de impuesto medio ambiental.

Otra principal característica que lo diferencia del resto de gases de estudio es que es un gas natural, con deslizamiento 0° (presiones y temperaturas de líquido y vapor saturados iguales.)

La principal desventaja que presenta el CO2 es su limitación en aplicaciones de medias temperaturas, esto es debido precisamente a las elevadas presiones de trabajo, sus características de punto crítico, casi a temperatura ambiente.

### 3.2. DIFERENCIAS DE R134A CON EL R404A:

Las diferencias entre el R404A y su posible sustituto R134A son las que fundamentan las acciones e inversiones que deben realizarse para la sustitución del refrigerante en la instalación frigorífica.

En este estudio de las diferencias se va a realizar **sobre la central de positiva** ya que **la central de negativa trabajaría con CO2** y se hace necesaria la sustitución total de la parte de negativa como argumentaremos y justificaremos en su apartado correspondiente

Vamos a analizar cuáles son estas diferencias y las acciones que motivan:

#### 3.2.1. COMPOSICION QUIMICA:

Tanto el R404A como el R134A son refrigerantes de la familia HFC, libres de cloro.

El reglamento europeo 517/2014 (DOUE-L150/195-2014) sobre los gases fluorados de efecto invernadero impone la prohibición de uso para revisión y mantenimiento de aquellos gases refrigerantes con PCA superior a 2500 aparatos con una carga >40TnCO2 (aproximadamente 10,6 kg de R404A) a partir del 01/01/2020.

Es por tanto la causa que motiva la sustitución de este refrigerante, ampliamente usado anteriormente como sustituto del ya prohibido R-22.

GAS	PCA	GLIDE	COMPOSICION	TIPO DE MEZCLA
R404A	3784	0.7	R-125 (44%) R143A (52%)	AZEOTROPICA

			R134a (4 %)	
R134A	1300	0	PURO	AZEOTROPICA
CO2	1	0	PURO	

### 3.2.2. ACEITES LUBRICANTES:

El R404A es solo miscible con aceites poliéster (POE) al igual que el R134A por lo que en la sustitución no se hace preciso el cambio de aceite.

### 3.2.3. COMPRESORES POSITIVA:

En los compresores hay que tener varios puntos en cuenta:

#### Potencia frigorífica:

A igualdad de compresor utilizado (al realizar la sustitución en una instalación existente) la potencia obtenida con el R134A en relación a la obtenida con R404A es:

En el compresor: corresponde a la potencia frigorífica total entregada por el compresor, incluyendo el recalentamiento total de aspiración que en realidad no es totalmente útil porque es una potencia entregada parcialmente fuera de los recintos frigoríficos.

Aunque se detallaran los cálculos más adelante, a modo de resumen se puede dar los siguientes valores para la instalación de referencia:

Régimen de trabajo	R404A	R134A
Positiva (-10/+50°C)	100%	63%

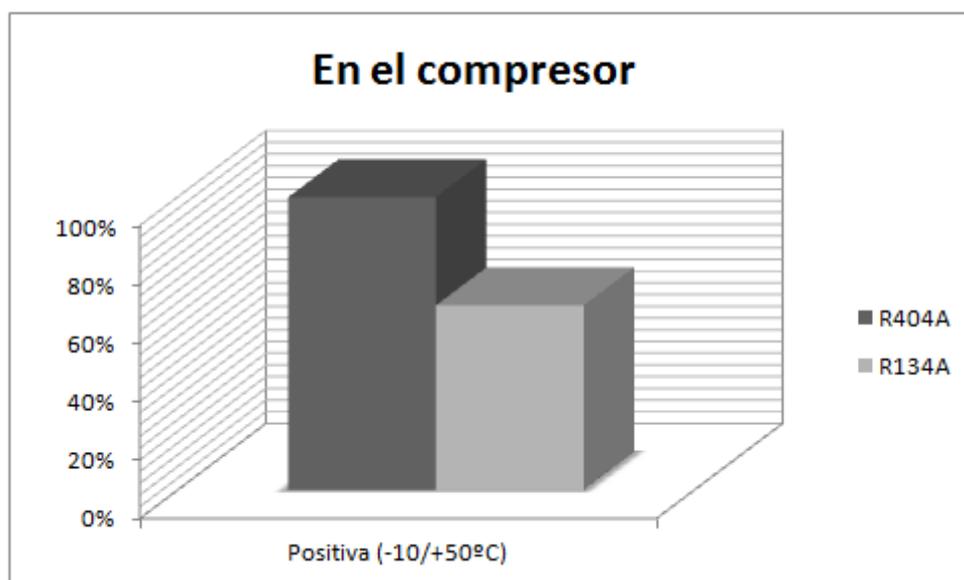


Grafico 31: Potencia frigorífica en el compresor R404A &amp; R134A

Un mismo compresor con R134A ofrece mucha menos potencia frigorífica debido al volumen de los gases con los que trabaja. Una instalación con R134A necesita unos compresores de motor mucho más grande que una instalación con R404A, por lo que en caso de sustitución del gas en los compresores existentes, habría que colocar más compresores para obtener la potencia frigorífica que demanda la instalación.

En evaporador: corresponde a la potencia frigorífica efectiva que recibe la instalación en los evaporadores, ya que solo se toma en cuenta la parte de potencia frigorífica asociada al recalentamiento útil que es aquel que se produce dentro del recinto frigorífica y, por tanto, que es aprovechada.

Para un mismo compresor, mismo recalentamiento útil y mismas condiciones de trabajo, la reducción de potencia frigorífica en evaporador para cada gas es:

Régimen de trabajo	R404A	R134A
Positiva (-10/+50°C)	4,70%	3,27%

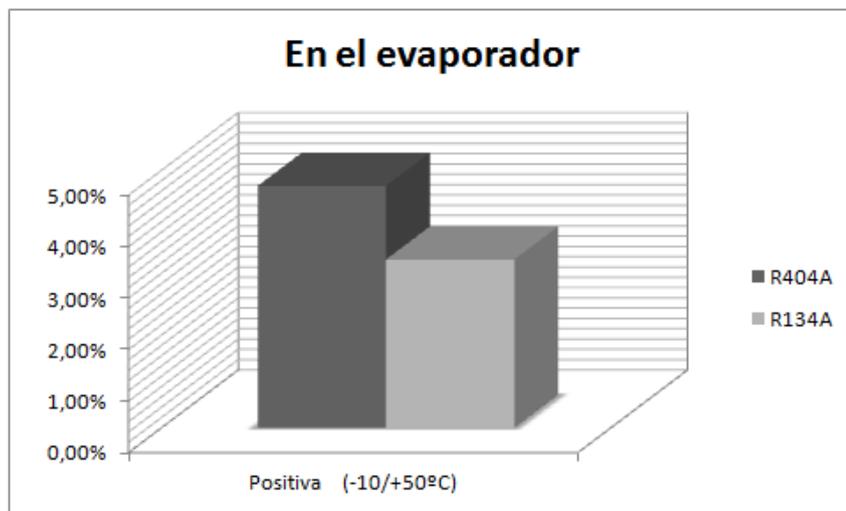


Grafico 32: Potencia frigorífica en el evaporador R404A &amp; R134A

Como podemos observar, el compresor dado, ofrece mayores prestaciones en evaporador pero vemos que la reducción de potencia que es capaz de ofrecer un compresor con R134A en comparación con R404A es muy inferior.

#### **COP:**

Como se ha mencionado anteriormente, el COP es el parámetro que podemos

referenciar como indicador de eficiencia energética, por tanto a pesar de que para un mismo compresor, éste ofrezca menor potencia frigorífica, cabe la posibilidad que la relación de consumo sea menor y por tanto tener un COP superior.

Régimen de trabajo	R404A	R134A
Positiva (-10/+50°C)	100 %	119 %

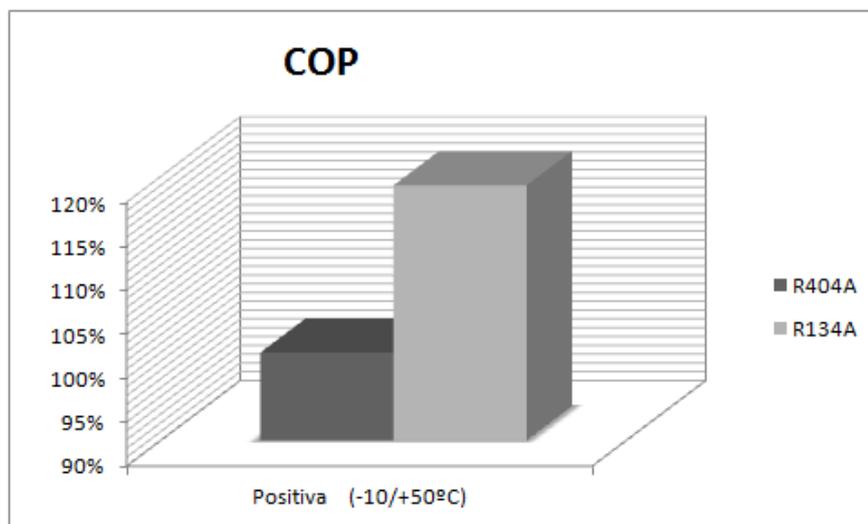


Grafico 33: COP R404A & R134A

Podemos observar, que en negativa a pesar de reducirse mucho la potencia frigorífica ofrecida por el compresor, el COP obtenido es ampliamente superior.

#### Temperaturas de descarga:

En este caso, las temperaturas de descarga no van a ser muy influyentes en la parte de R134A ya que estamos en el lado de positiva donde los gases aspirados no vienen a muy baja temperatura aunque podemos observar que las temperaturas de descarga son superiores a las que se obtienen con R404A.

Este aumento de temperaturas de descarga viene motivado por la disminución del caudal másico de refrigerante que circula por el compresor, sabemos que el compresor necesita refrigerarse y para ello emplea los gases de aspiración que refrigeran el bobinado del motor (en el caso de compresores semiherméticos, que son los que empleamos en este estudio, para otro tipo de compresores habría que realizar el estudio), por tanto, a menor caudal másico, menor refrigeración del motor y por tanto, mayor temperatura de salida de los gases del compresor.

La importancia de la influencia de las altas temperaturas de descarga del gas repercute también en el trabajo del aceite, ya que a elevadas temperaturas pierde su efectividad de lubricación (muy importante, por ejemplo, en el caso de compresores de tornillo, donde la temperatura del aceite está muy limitada).

En el caso del R134A, los límites de trabajo de los compresores a bajas temperaturas no están marcadas por las temperaturas de descarga como ocurría con los gases anteriormente analizados, sino que su limitación es debida a las bajas presiones de trabajo a partir de evaporaciones de  $-25^{\circ}\text{C}$ , que se acercan al 0 absoluto..

Régimen de trabajo	R404A	R134A	R404A	R134A
Caudal másico (kg/h)				
Positiva ( $-10/+50^{\circ}\text{C}$ )	1801	826	100%	45,86%
T° descarga ( $^{\circ}\text{C}$ )				
Positiva ( $-10/+50^{\circ}\text{C}$ )	78,4	81,5	100%	104%

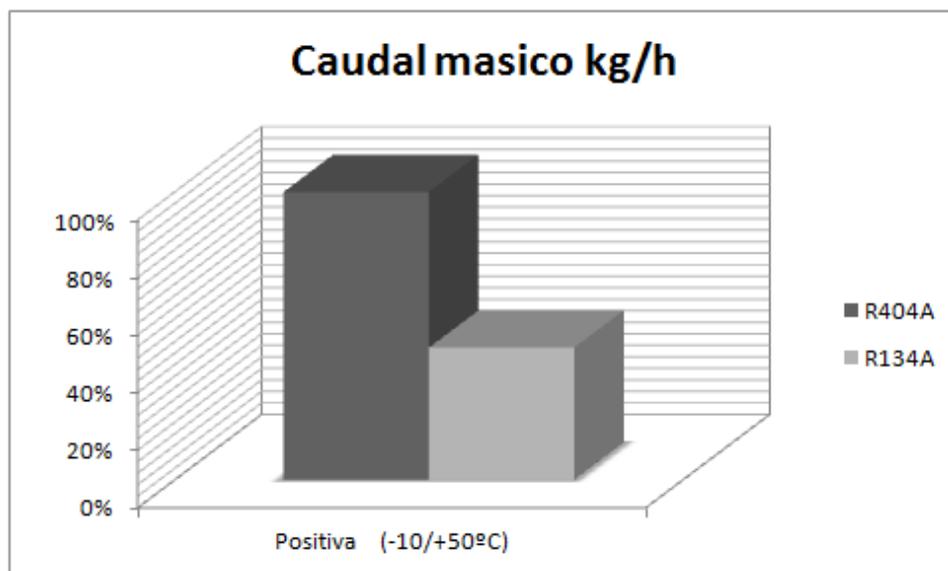


Grafico 34: Caudal másico R404A & R134A

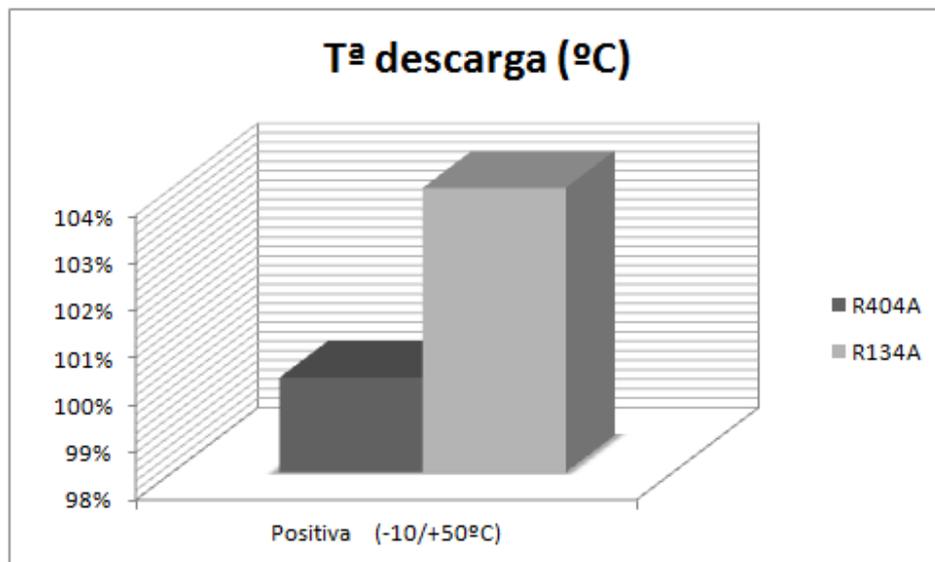


Grafico 35: Temperatura de descarga R404A &amp; R134A

### 3.2.4. CONDENSADORES

En el caso de instalaciones con compresores alternativos de pistón, como es nuestra instalación, a igualdad de potencia frigorífica dada, las necesidades de disipación de calor en condensación varían al pasar a una instalación con R134A.

Régimen de trabajo	R404A	R134A
Positiva (-10/+50°C)	100%	118%



Grafico 36: Necesidades de condensación R404A &amp; R134A

Cabe destacar de los datos expuestos, que se ha buscado igualar potencias frigoríficas, ya que un mismo compresor con R134A ofrece mucho menor potencia frigorífica y por tanto las necesidades de condensación también son menores, siendo un dato que no nos da valores significativos para nuestro caso.

Esta instalación, la desarrollaremos más adelante, no obstante y a modo de sacar una conclusión generalista de las repercusiones en el condensador, si tomamos una instalación de condensación por aire a régimen  $-10/+45^{\circ}\text{C}$  con un DT de condensador de 10K, pasaría a tener con R134A un DT de 11,8 K. por tanto al reconvertir una instalación de R404A a R134A el condensador quedará más justo pero la necesidad de sustituirlo o ampliarlo dependerá de las temperaturas ambientes que rodean la instalación. Recordemos que a mayor temperatura de condensación, baja el rendimiento del compresor, penalizando la instalación.

### 3.2.5. TUBERIAS

La necesidad de tener que modificar las tuberías en una instalación existente puede ser un factor decisivo a la hora de la valoración de la sustitución de un gas refrigerante por otro, debido a que el trazado de las mismas y la complejidad de su recorrido hagan de ello una labor poco rentable.

Para la comparativa se realiza para el mismo desplazamiento del compresor y para la misma sección de tubería.

#### LINEA DE LÍQUIDO

En la línea de líquido lo más importante es tener presente la capacidad frigorífica que puede dar la línea para que llegue el suficiente refrigerante a la instalación y que la pérdida de carga sea, en temperatura equivalente, máxima de  $1^{\circ}\text{C}$  para no reducir la capacidad en evaporación. La velocidad, y con ella, el arrastre de aceite es un factor menos influyente en su dimensionado debido a que en estado líquido el aceite es miscible con el refrigerante por lo que no tendrá problemas de circulación.

En el tramo de condensador a recipiente de líquido se trabaja con velocidades inferiores a 0,5 m/s y aguas abajo del recipiente en torno a 1 m/s.

En el caso del R134A, como hemos visto anteriormente, el caudal másico se reduce en gran medida, y teniendo en cuenta que el R134A es más denso que el R404A, circulará menor cantidad de refrigerante, por lo que a priori nos hace pensar en una disminución de velocidad para una tubería dada.

Positiva (-10/+50°C)			
	R404A		R134A
Velocidad	0,86 m/s	pasa a	0.51 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,05 K	pasa a	0,02 K
Perdida de carga en presión	0,16 bar	pasa a	0,08 bar

Como apuntábamos, se recomendaría la reducción de la línea de líquido al verse reducida la velocidad en casi un 40 %.

### LINEA DE ASPIRACION

La línea de aspiración es quizá, de las líneas frigoríficas de una instalación, la más conflictiva por varios aspectos:

Al ser la línea de menor temperatura (y presión) puede tener problemas de arrastre de aceite, ya que el aceite estará en el punto de mayor viscosidad de toda la instalación, por lo que la velocidad de diseño es un punto fundamental.

Por otro lado, una pérdida de carga excesiva repercute directamente en el rendimiento del compresor, a mayor pérdida de carga, la evaporación disminuye lo que hace que el compresor tenga que evaporar más bajo de lo proyectado con un consumo eléctrico para la misma potencia frigorífica superior.

Y, en el caso de aspiraciones ascendentes de centrales, hay que prever diferentes montantes para la potencia mínima que puede llegar a ofrecer la central para asegurar el retorno del aceite.

Junto con la línea de gas caliente, en caso de existir, son las líneas de la instalación que se aíslan.

En los tramos de aspiración horizontal o vertical descendente se trabaja con velocidades aproximadamente de 10 m/s con una pérdida de carga inferior a 2 K y en los tramos de aspiración vertical ascendente se trabaja con velocidades aproximadamente de 12 -14 m/s con una pérdida de carga inferior a 2 K.

Positiva (-10/+50°C)			
	R404A		R134A
Velocidad	9,75 m/s	pasa a	15,42 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,13 K	pasa a	0,31 K

Perdida de carga en presión	1,93 bar	pasa a	2,31 bar
-----------------------------	----------	--------	----------

Podemos ver que los valores de velocidad y perdidas de carga son elevados para una sección dada, por lo que a priori se recomendaría la ampliación de las líneas de aspiración, aunque como se ha apuntado en el párrafo anterior, habría que estudiar con detalle las verticales ascendentes para asegurar el arrastre de aceite.

#### LINEA DE DESCARGA/GAS CALIENTE

La línea de descarga comprende la parte de tubería que sale desde el compresor hasta el condensador, y puede dividirse en dos tramos, con el punto de unión en el separador de aceite.

Es la línea de mayor temperatura (y presión).

En esta línea el factor más destacable podría ser su dimensionado en función del tendido de la misma. Por norma general, el condensador está en niveles superiores a los compresores (cuando tratamos centrales con condensador separado, en unidades condensadoras donde tanto el compresor como el condensador se encuentran en la misma bancada, no tenemos este inconveniente), por lo que hay que asegurar que después del separador de aceite la velocidad sea tal que pueda arrastrar el aceite en la instalación.

Y, en el caso de descargas ascendentes de centrales parcializadas, hay que prever diferentes montantes para la potencia mínima que puede llegar a ofrecer la central para asegurar el arrastre del aceite.

En los tramos de descarga antes de separador de aceite se trabaja con velocidades aproximadamente de 5 m/s con una pérdida de carga inferior a 2 K y en los tramos de descarga después de separador de aceite se trabaja con velocidades similares a las aspiraciones, en torno a 10m/s para horizontales o verticales descendentes y aproximadamente de 12 -14 m/s para vertical ascendente.

En ambas líneas, tanto aspiración como descarga, en los tramos ascendentes deben preverse sifones para la ayuda a la subida del aceite.

La línea de gas caliente es la línea que partiendo de la línea de descarga, se conduce hasta la salida de los evaporadores para su desescarche. Existen varios tipos de desescarche por gas caliente, lo cual se analizará en otro apartado de este trabajo, tan solo a modo genérico, la línea de gas caliente tendrá la ida (hasta el evaporador) y la vuelta de gas caliente (que dependiendo

del sistema optado puede ser con vuelta a la línea de descarga antes de condensador, o bypass con la línea de líquido)

La línea de ida de gas caliente se dimensiona con los mismos parámetros especificados para la línea de descarga.

Positiva (-10/+50°C)			
	R404A		R134A
Velocidad	11,28 m/s	pasa a	15,65 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,6 K	pasa a	1 K
Perdida de carga en presión	0,313 bar	pasa a	0,321bar

Podemos ver que los valores de pérdidas de carga no difieren mucho de un gas a otro, por lo que a priori no se recomienda la sustitución de las líneas de descarga, y habría que valorar el recorrido de la línea para que las pérdidas no sean muy altas, aunque como se ha apuntado en el párrafo anterior, habría que estudiar con detalle las verticales ascendentes para asegurar el arrastre de aceite.

### 3.2.6. EVAPORADORES

Los evaporadores de R404A pierden del orden de un 10% de potencia frigorífica al pasar a R134A.

### 3.2.7. VALVULAS DE EXPANSION:

Una válvula de expansión termostática se compone de dos partes separables, por un lado el cuerpo propiamente dicho de la válvula y por otro el orificio de la válvula. Cada cuerpo de válvula es válido para una gama de tamaños de orificios, los cuales se seleccionaran dependiendo del régimen de trabajo, gas y potencia frigorífica que son capaces de pasar.

Debido a las apreciables diferencias de presiones y temperaturas del R134A y el R404A, las válvulas de expansión son diferentes, por lo que se hace necesario sustituir todas las válvulas de expansión de los servicios de positiva

Puesto que los servicios de negativa trabajaran con CO<sub>2</sub>, y lo detallaremos más adelante, las válvulas de expansión también han de ser modificadas.

En el caso de válvulas de expansión electrónicas, si su capacidad es válida, tan

solo habría que reprogramar el control de las mismas, cambiando el tipo de gas a R134a

### 3.2.8. ACCESORIOS SOMETIDOS A PRESION:

En este apartado se incluyen los separadores de aceite, recipientes de líquido, separadores de aspiración, válvula de seguridad etc.

El primer aspecto a tener en cuenta es la válvula de seguridad, y con ello la presión con la que trabaja cada refrigerante.

En la siguiente tabla se muestra la comparativa de presiones tanto en vapor saturado como de rocío para cada refrigerante.

#### COMPARATIVA PRESION – TEMPERATURA – R404A & R134A

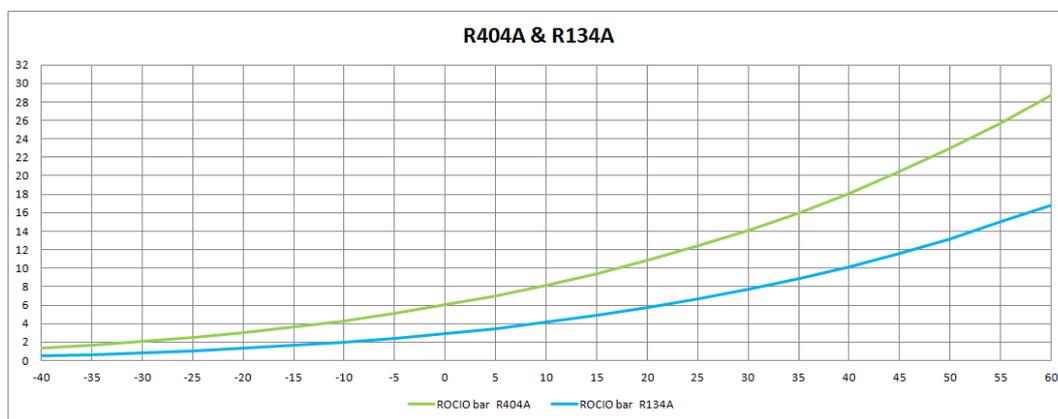


Grafico 39: Diagrama presión-temperatura R404A & R134A líquido

En las válvulas de seguridad tenemos la presión de condensación, por tanto, para temperaturas de condensación, vemos que la presión de líquido y vapor, al tener deslizamiento nulo, del R134A es muy inferior a la del R404A,. Las válvulas de seguridad de R404A suelen estar taradas a una presión de 27.5 bar, y las de R134A a 21 bar por lo que debería ser modificada la válvula de seguridad.

Otro aspecto a tener en cuenta es la necesidad del cambio del recipiente de líquido ya que con el cambio legislativo tanto del RD de instalaciones frigoríficas como el reglamento de aparatos a presión, los cuales obligan a un retimbrado de los recipientes de líquido cuando hay sustituciones de gases refrigerantes, por tanto, para recipientes de líquido pequeño suele ser recomendable cambiar el recipiente para cumplimiento de normativa por cuestiones económicas, pero en recipientes de gran envergadura, haría falta como mínimo su retimbrado.

Además, hay que tener presente la diferencia de caudal másico de la instalación

y la densidad del R134A, algo superior al R404A, sin embargo el caudal másico es menor, por lo que la capacidad del recipiente del R404A sería adecuado para el nuevo R134a.

En cuanto a los separadores de aceite, sería recomendable estudiar cada caso en función de si la línea de línea de descarga ha sufrido modificación, en caso contrario sería válido el separador de aceite de la instalación con R404A.

### **3.2.9. FORMACION DE ESCARCHA EN ASPIRACION:**

Puesto que el caudal másico es menor en el caso de R134A, es presumible asumir que se formará menor escarcha en aspiración que en R404A.

### **3.2.10. IMPACTO DE EFECTO INVERNADERO: TEWI:**

A continuación mostramos el cálculo del TEWI de ambos refrigerantes, en el que se engloba ambas emisiones.

R404A

**EL IMPACTO TOTAL EQUIVALENTE SOBRE EL CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO (TEWI) DE ESTA INSTALACIÓN EN SU VIDA ÚTIL ES DE:**

	(2) Kg. CO2	11.491.744	(3) Kg. CO2	7.131.354	
	Refrigerante utilizado	R - 404A	Refrigerante utilizado	R- 404A	
<b>TOTAL EN COJUNTO DE LA INSTALACIÓN</b>				<b>Kg. CO2</b>	<b>18.623.097</b>

<b>DATOS DE CÁLCULO</b>	Vida útil de la instalación en años	25	Factor de fugas (%)	3	
Potencia total de compresores en Kw/h	2	103,60	3	62,45	
Tiempo de funcionamiento del sistema en años	18,75	Tiempo de funcionamiento diario (h.)	18		
Refrigerante de la instalación	R 404A	PCA	3784	Carga total refrigerante (Kg.)	795
Refrigerante de la instalación	R 404A	PCA	3784	Carga total refrigerante (Kg.)	530
		Fugas, expresadas en Kilogramos por año/circuito →		Emisión CO2, en Kg por Kw/h.	0,65
Consumo energético Kw/h-año	680652		Factor de recuperación, de 0 a 1		0,50
Consumo energético Kw/h-año	410296		→	23,85	15,90
<b>JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS</b>					

(1) (2) (3) Circuitos independientes con distinta carga y potencia total de compresores

Según la ITC-02, se emplea la fórmula:  $TEWI = (PCA \times L \times n) + (PCA \times m (1 - \alpha \text{ recuperación})) + (n \times E \text{ anual} \times \beta)$

PCA x L x n = Impacto debido a perdidas por fugas = PCA directo	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Fugas
	1.692.158	1.128.105	2.820.263
PCA x m(1 - $\alpha$ recuperación) = Impacto por pérdidas producidas en la recuperación = PCA directo	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Recup.
	1.504.140	1.002.760	2.506.900
n x E anual x $\beta$ = Impacto debido a la energía consumida = PCA indirecto	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Indirec.
	8.295.446	5.000.489	13.295.935
Porcentaje (%) a incrementar en el total de las tres formulas, por otros motivos	0 %	Total	18.623.097

R134A

**EL IMPACTO TOTAL EQUIVALENTE SOBRE EL CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO (TEWI) DE ESTA INSTALACIÓN EN SU VIDA ÚTIL ES DE:**

		(2) Kg. CO2	11.130.400	(3) Kg. CO2	0
		Refrigerante utilizado	R 134A	Refrigerante utilizado	R-
<b>TOTAL EN COJUNTO DE LA INSTALACIÓN</b>				Kg. CO2	<b>11.130.400</b>

<b>DATOS DE CÁLCULO</b>	Vida útil de la instalación en años	25	Factor de fugas (%)	3
Potencia total de compresores en Kw/h		2	123,48	3 0
Tiempo de funcionamiento del sistema en años	18,75	Tiempo de funcionamiento diario (h.)	18	
Refrigerante de la instalación	R 134A	PCA	1300	Carga total refrigerante (Kg.) 900
Refrigerante de la instalación		PCA	0	Carga total refrigerante (Kg.) 0
		Fugas, expresadas en Kilogramos por año/circuito →		Emisión CO2, en Kg por Kw/h. 0,65
Consumo energético Kw/h-año	811263		Factor de recuperación, de 0 a 1	0,50
Consumo energético Kw/h-año	0		→	27,00 0
<b>JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS</b>				

(1) (2) (3) Circuitos independientes con distinta carga y potencia total de compresores

Según la ITC-02, se emplea la fórmula:  $TEWI = (PCA \times L \times n) + (PCA \times m (1 - \alpha \text{ recuperación})) + (n \times E \text{ anual} \times \beta)$

PCA x L x n = Impacto debido a perdidas por fugas = PCA directo	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Fugas
	658.125	0	658.125
PCA x m(1 - $\alpha$ recuperación) = Impacto por pérdidas producidas en la recuperación = PCA directo	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Recup.
	585.000	0	585.000
n x E anual x $\beta$ = Impacto debido a la energía consumida = PCA indirecto	(2) Media T.	(3) Baja Temp.	Total Indirec.
	9.887.275	0	9.887.275
Porcentaje (%) a incrementar en el total de las tres formulas, por otros motivos		0 %	Total 11.130.400

Podemos observar que el R134A contribuye de forma efectiva a la reducción del efecto invernadero teniendo una reducción de 7500 Tn CO<sub>2</sub> en la vida útil de la instalación.

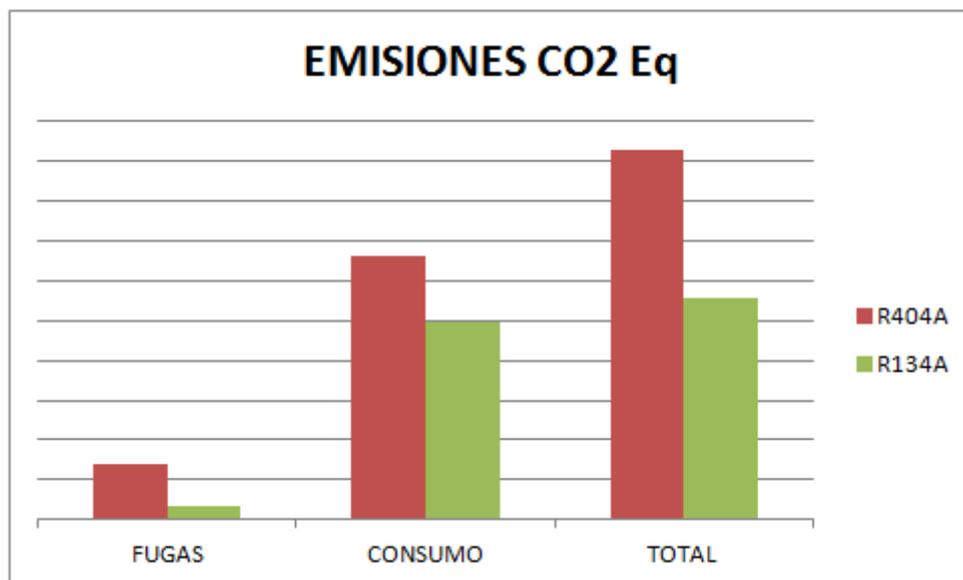


Grafico 40: Emisiones de Co2 R404A & R134A

### 3.3. CARACTERISTICAS DEL CO<sub>2</sub> COMO REFRIGERANTE:

Las diferencias entre el R404A y su posible sustituto, en central de negativa, con el CO<sub>2</sub> (trabajaremos en régimen sub-crítico) son las que fundamentan las acciones e inversiones que deben realizarse para la sustitución del refrigerante en la instalación frigorífica.

En este estudio de las diferencias se va a realizar **sobre la central de negativa** ya que la central de positiva trabajaría con R134A, cuyo análisis se ha realizado anteriormente.

Vamos a analizar cuáles son estas diferencias y las acciones que motivan:

#### 3.3.1. CARACTERISTICAS QUIMICAS:

El CO<sub>2</sub> a diferencia del resto de refrigerantes de estudio, es un gas puro compuesto por moléculas de oxígeno y carbono, sin flúor ni hidrogeno como los HFC.

El reglamento europeo 517/2014 de 16 de abril de 2014 sobre los gases fluorados de efecto invernadero (que se deroga el Reglamento (CE) n o 842/2006) impone la prohibición de uso para revisión y mantenimiento de

aquellos gases refrigerantes con PCA superior a 2500 aparatos con una carga >40TnCO<sub>2</sub> (aproximadamente 10,6 kg de R404A) a partir del 01/01/2020.

El CO<sub>2</sub> es usado como referencia para el potencial de calentamiento global, siendo su PCA por tanto de 1. Es un refrigerante libre de impuesto medioambiental y sin limitación de uso por legislación.

GAS	PCA	GLIDE	COMPOSICION	TIPO DE MEZCLA
R404A	3784	0.7	R-125 (44%) R143A (52%) R134a (4 %)	AZEOTROPICA
CO <sub>2</sub>	1	0	PURO	

Las propiedades físicas del CO<sub>2</sub> son las que le diferencian del resto de refrigerantes empleados y que son las siguientes:

La presión crítica del CO<sub>2</sub> es **76.6 bar** y la temperatura crítica es **31° C**. En esta fase supercrítica el CO<sub>2</sub> tiene propiedades que son muy similares a un vapor de alta densidad.

La alta presión saturada a temperatura ambiente es la primera barrera que necesita ser considerada cuando se propone el CO<sub>2</sub> como un refrigerante. A la temperatura de 20° C, la presión saturada es de 57.2 bar. El diseño de sistemas de refrigeración usando CO<sub>2</sub> depende mucho de la aplicación.

CO2	PRESION	TEMPERATURA
Punto triple	5.18 bar	-56.6°C
Presión Crítica	736.6 bar	31 °C

La presión-entalpía diagrama para CO<sub>2</sub>

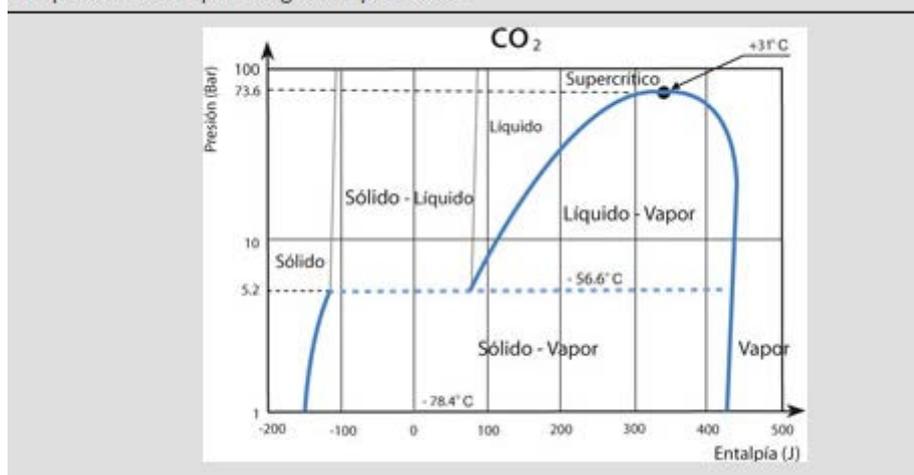
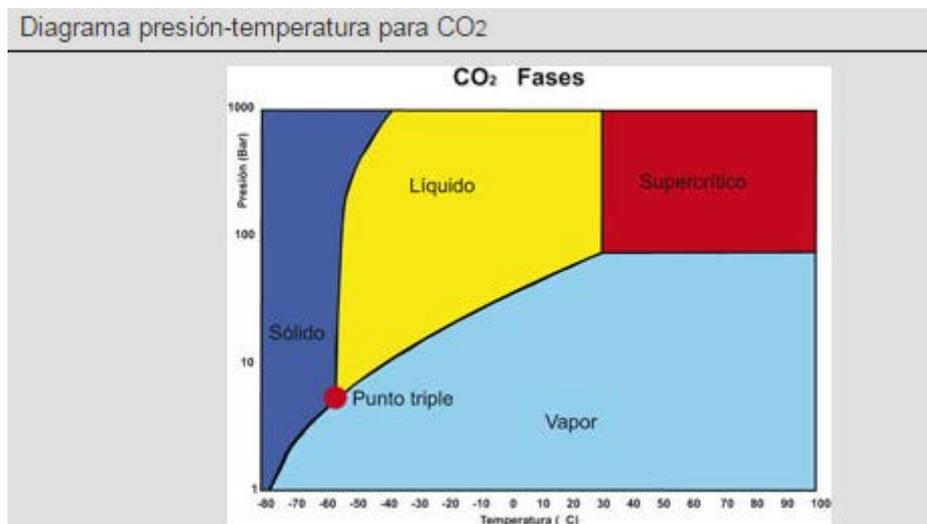


Grafico 41: Diagrama presión-entalpía CO<sub>2</sub>

Grafico 42: Diagrama presión-temperatura CO<sub>2</sub>

### 3.3.2. USO DEL CO<sub>2</sub> COMO REFRIGERANTE:

Con la llegada de los refrigerantes de freón, la aplicación del CO<sub>2</sub> como refrigerante disminuyó.

La principal razón para su caída fue la rápida pérdida de capacidad, **las altas presiones y las altas temperaturas.**

Debido al agotamiento potencial de la capa de ozono y al sobrecalentamiento global que restringe el uso de los productos cloro-fluoro-carbonados e hidro-fluoro-carbonados se está iniciando una renovada visión de las ventajas ofrecidas por el CO<sub>2</sub>.

El dióxido de carbono pertenece al grupo de los llamados refrigerantes naturales junto con el amoníaco e hidrocarburos como el propano, el metano y el agua. Todos estos refrigerantes tienen sus respectivas desventajas:

- El amoníaco es tóxico,
- Los hidrocarburos son inflamables,
- El agua tiene limitadas posibilidades de aplicaciones en comparación con el CO<sub>2</sub>.

Por su parte el dióxido de carbono no es tóxico, ni inflamable; pero tiene una doble función en el medio ambiente; el CO<sub>2</sub> es necesario por todos los organismos vivos en la tierra pero además es *un gas de efecto invernadero*, lo que puede provocar modificaciones en el medio ambiente si las

concentraciones en la atmósfera cambian.

### DISEÑOS FRIGORIFICOS:

Las elevadas presiones de trabajo del CO<sub>2</sub>, así como su punto triple situado a 31,06°C, llevan a diseños frigoríficos sustancialmente distintos de los circuitos frigoríficos más habituales.

Fundamentalmente los circuitos frigoríficos con CO<sub>2</sub> se dividen en 2 categorías:

Circuitos transcrito:

La parte de alta presión del circuito se sitúa por encima del punto crítico

El CO<sub>2</sub> en el lado de alta presión no se condensa, sino que se des recalienta.

Las presiones del lado de alta se sitúan del orden de los 100bar.

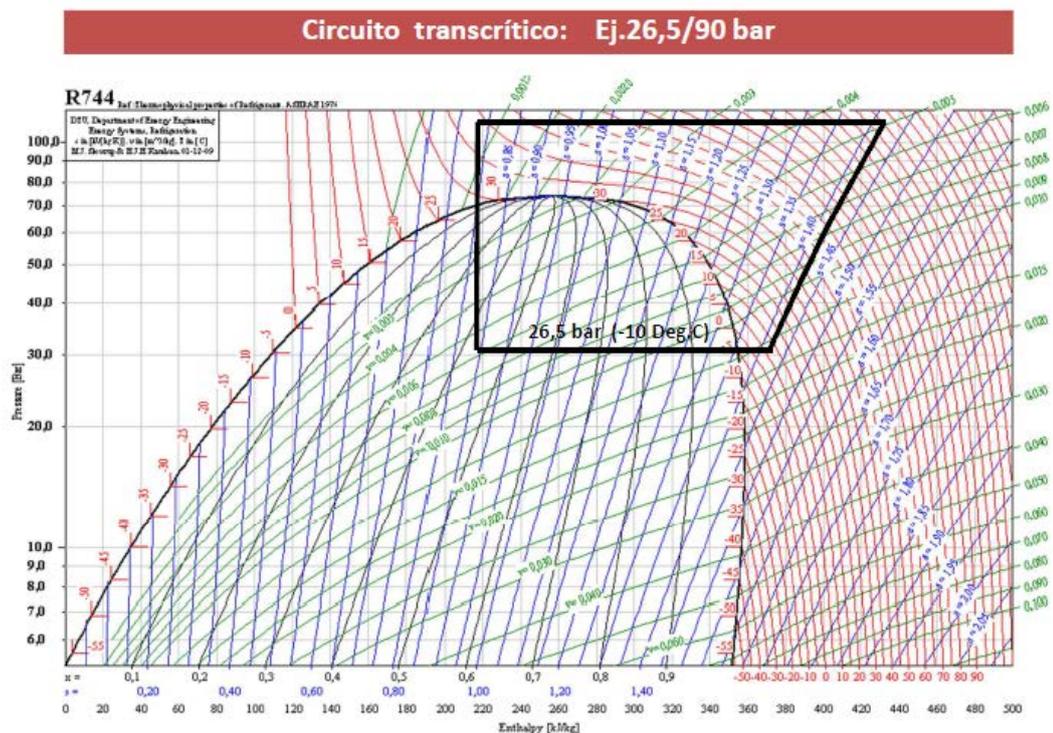


Grafico 43: Campana de Mollier CO2 transcrito

Circuitos subcríticos:

La parte de alta presión de circuito se sitúa por debajo del punto crítico

El CO<sub>2</sub> en el lado de alta presión se CONDENSA.

Las presiones del lado de alta se sitúan del orden de 30 bar (-5°C).

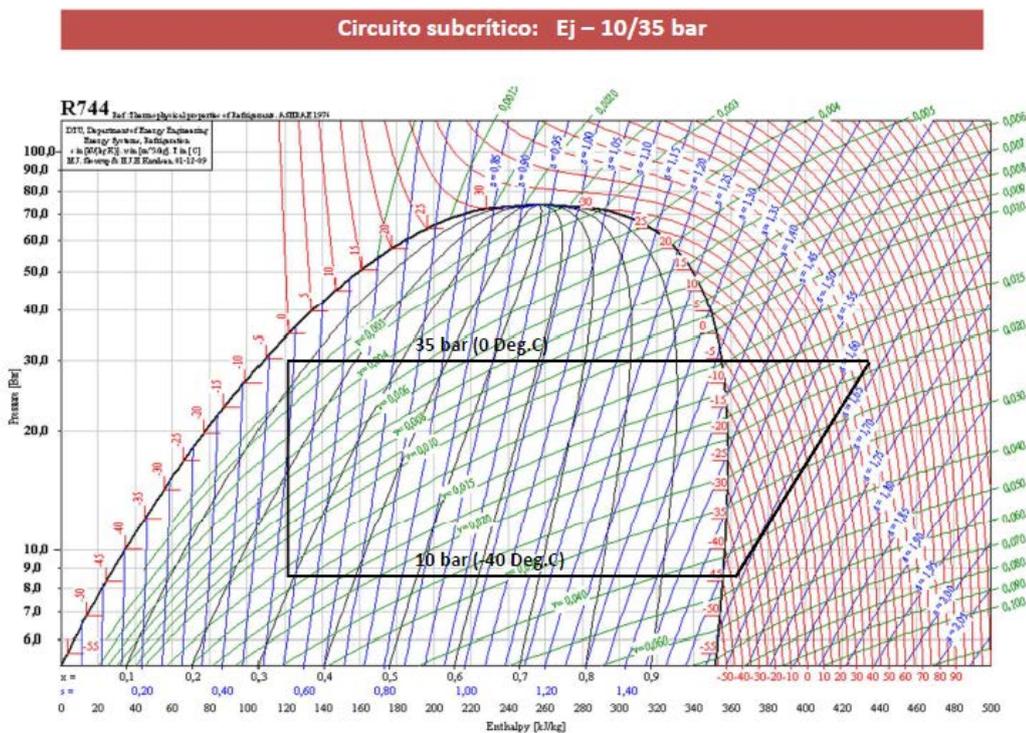


Grafico 44: Campana de Mollier CO2 subcritico

**COP:**

Como se ha mencionado anteriormente, el COP es el parámetro que podemos referenciar como indicador de eficiencia energética, por tanto a pesar de que para un mismo compresor, éste ofrezca menor potencia frigorífica, cabe la posibilidad que la relación de consumo sea menor y por tanto tener un COP superior.

Régimen de trabajo	R404A	CO2
NEGATIVA (-35°C)	0,94	4,17

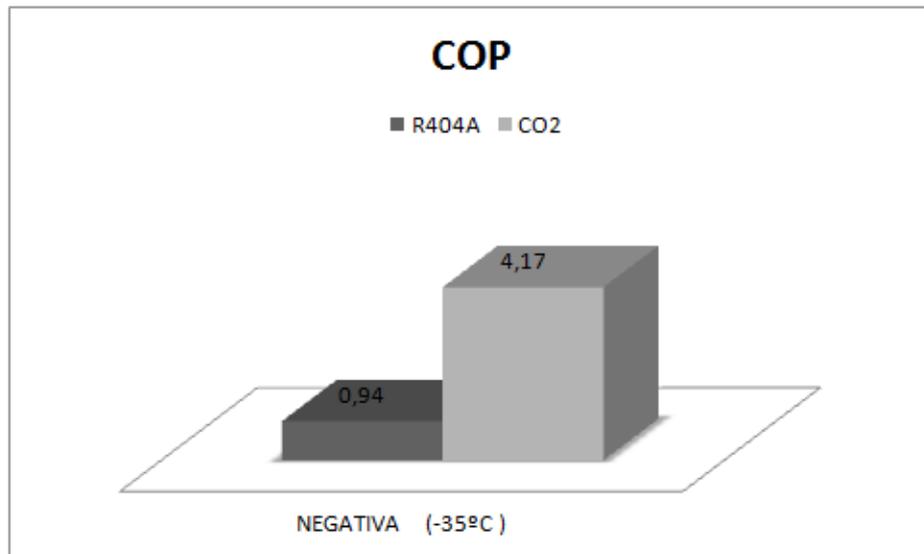


Gráfico 45: COP R404A &amp; CO2

El COP que ofrece el CO<sub>2</sub> para estos regímenes de temperatura está en el orden de 4, un valor casi inalcanzable para un sistema con HFC en parámetros normales de diseño. Esto es quizá de los puntos más significativos para inclinarse por una instalación de CO<sub>2</sub> en congelados, además de tener un índice de potencial de calentamiento de la unidad y por ello estar libre de impuesto.

### 3.3.3. PRESIONES DE DISEÑO

La principal característica que condicionara el diseño de una instalación de CO<sub>2</sub>, son las elevadas presiones a las que opera el circuito.

Comparando el CO<sub>2</sub> con otros refrigerantes utilizados habitualmente en el campo de la refrigeración comercial e industrial, se observa que la presión de saturación de este, está muy por encima del resto en cualquier rango de temperaturas, especialmente en las de condensación.

Los datos que se obtienen están limitados hasta diferentes temperaturas según el refrigerante, debido a la existencia de puntos que limitan el proceso de “condensación/evaporación”. Por la parte baja las curvas están limitadas por el punto triple, que marca el límite entre el equilibrio líquido/vapor y el equilibrio sólido/vapor. Los procesos de evaporación y condensación se refieren a cambios de estado entre líquido y vapor.

Por la parte alta las curvas se ven limitadas por el punto crítico, a partir del que no se puede distinguir entre sólido y líquido. Por este motivo no existe condensación.

Punto crítico

Estado de presión y temperatura a partir del que no se puede distinguir entre líquido y vapor. Justo en ese punto, las densidades de las 2 fases son iguales. Si se sigue aumentando la presión o la temperatura, el fluido se encontrara en estado supercrítico.

#### Línea triple

Franja en la coexisten las 3 fases. Cabe destacar la elevada presión a la que se encuentra esta línea para el CO<sub>2</sub> (5,2 bares abs.), encontrándose en el camino de cualquier expansión que se produzca hasta presión atmosférica (1 bar abs.) Las particularidades de la línea triple son que a cualquier fuga de refrigerante a la atmosfera representa una expansión hasta una presión de 0 bares relativos (1 bar abs.). Este hecho provocara la aparición de solido en el CO<sub>2</sub>, dañando los elementos a su paso.

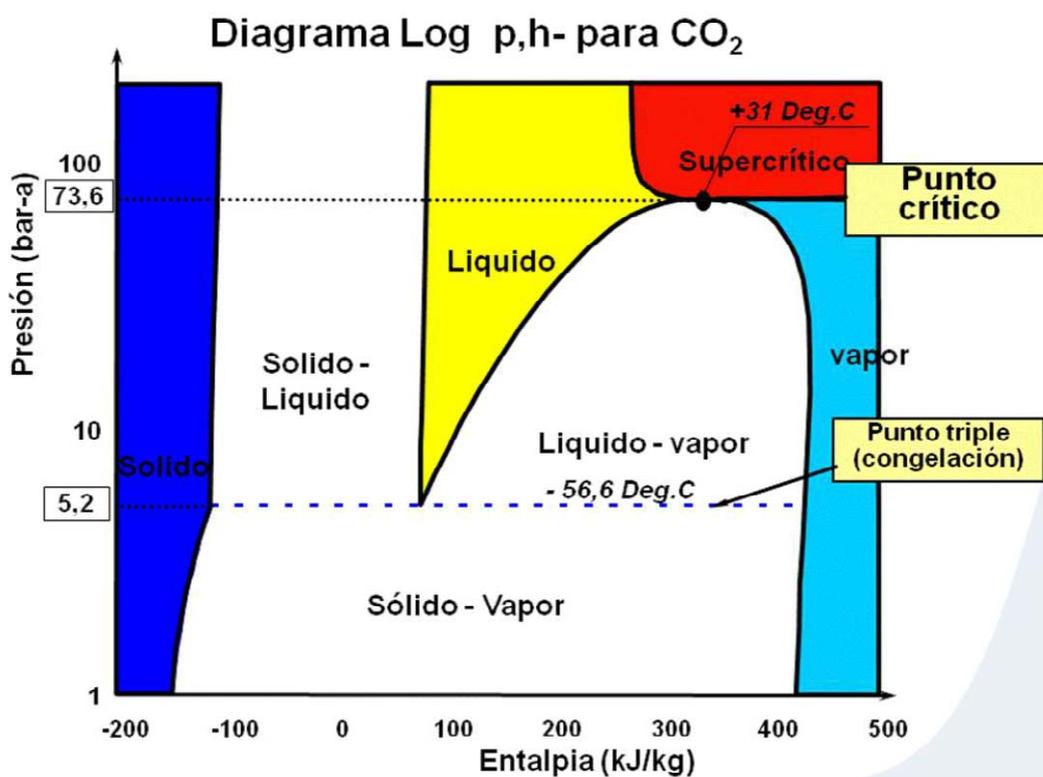


Grafico 46: Presión -entalpía CO<sub>2</sub>

Evacuación a través de una válvula de seguridad

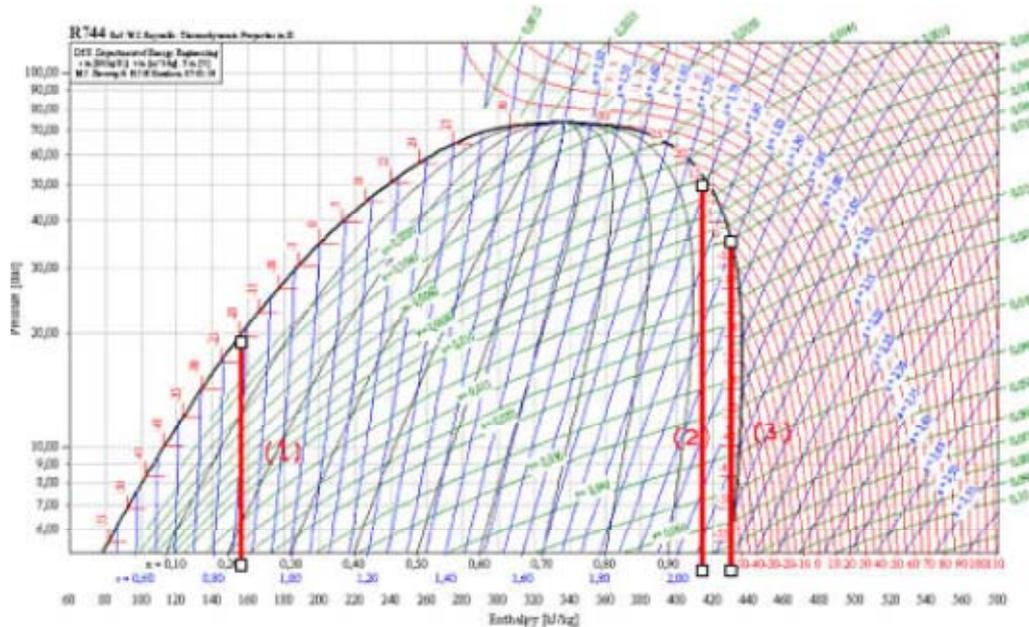


Gráfico 47: Campana de Mollier CO2

La evacuación al ambiente en caso de emergencia, representa una expansión por debajo del punto triple. La habitual colocación de la válvula en el recipiente de líquido asegura que la expansión del CO<sub>2</sub> generara una proporción mínima de sólido.

En el caso de que el fluido a expulsar fuera líquido este taponaría con seguridad el orificio de la válvula.

Por lo tanto, se debe asegurar que nunca puede circular líquido a través del orificio de la válvula de seguridad.

La primera expansión (1) se produce en una línea de líquido, desde una presión de 20 bares, esto generaría una presencia del 50% de sólido en masa en el orificio de expansión. Debido a este efecto, puede llegar a sellar una fuga.

La segunda expansión (2) se podría producir en una válvula de seguridad a 50 bares, y generaría un 3 % de sólido en el orificio de la válvula de seguridad.

En el caso de la tercera expansión (3) desde una presión de 35 bares no se generaría sólido al final de la expansión.

### 3.3.4. SEGURIDAD DE USO

El CO<sub>2</sub> es **más pesado que el aire**, por lo que tiende a caer al suelo. Este hecho puede resultar muy peligroso (especialmente en espacios reducidos), ya que al no ser auto-alarmanente puede desplazar el oxígeno hasta límites nocivos para la salud. Ello conlleva la necesidad de una especial atención a la detección de

fugas y la ventilación de emergencia.

A causa de la mayor densidad del CO<sub>2</sub>, el volumen desplazado para obtener la misma potencia de refrigeración es mucho más pequeño. Eso conlleva:

- Compresores de menor tamaño (cilindrada)
- Menor cantidad de refrigerante en la instalación
- Menor tamaño de recipiente y líneas

\_Materiales para CO<sub>2</sub>

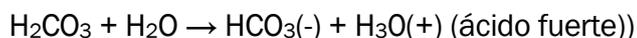
El CO<sub>2</sub> es compatible con cobre y acero, requiere especial **precaución las presiones de diseño de los elementos.**

Existen en el mercado equipos, válvulas y automatismos para las presiones requeridas (25,40 y 50 bar) para los circuitos industriales sub-críticos.

Otro aspecto a tener en cuenta es la **presencia de agua** en los circuitos de CO<sub>2</sub>



El ácido carbónico de nuevo con agua forma



Por tanto debemos tener precauciones para evitar la entrada de agua en los circuitos de CO<sub>2</sub>

Con concentraciones de agua muy altas en los sistemas de CO<sub>2</sub>, se puede formar CO<sub>2</sub> gas hidratado sólido, CO<sub>2</sub> (H<sub>2</sub>O)<sub>8</sub>, el cual con una apariencia similar a la del hielo es estable a mayores temperaturas. El hidrato de CO<sub>2</sub> puede generar problemas en distintos lugares como p.e. en los filtros

Los aceites POE con agua generan ácidos orgánicos, débil, + alcohol

La entrada de agua al CO<sub>2</sub> puede deberse a:

- El agua del aire, no retirada del circuito. No es suficiente hacer vacío, barridos con Nitrógeno seco y vaciar varias veces son necesarios.
- Operaciones de mantenimiento, limpieza de filtros..., condensa agua en las paredes frías interiores y permanece al cerrar el circuito.
- La descomposición de aceites puede dejar agua en el circuito.

- La calidad del refrigerante a veces no es suficiente y hay un alto % de agua
- En la cargas de aceite

En sistemas de CO<sub>2</sub> los filtros deshidratadores y los indicadores de humedad son de vital importancia.

### 3.3.5. ACEITE EN SISTEMAS DE CO<sub>2</sub>

El aceite lubricante utilizado en los sistemas de CO<sub>2</sub> es de tipo polioléster (POE).

Es un aceite miscible con el CO<sub>2</sub>, lo que beneficia el retorno de aceite al compresor. No obstante, la alta solubilidad (capacidad de mezcla con la fase gaseosa) que presenta con el CO<sub>2</sub> requiere algunas precauciones de uso:

- Obligatorio el uso de resistencias de cárter en los compresores.
- Temperaturas de aceite mínimas de 30°C (20°C).

EL POE es un aceite higroscópico por lo que deben observarse las mismas precauciones que con los aceite POE usados para los HFC.

Tipo de aceite	PAO Poly-alpha-olefin oil (Synthetic Mineral Oil)	POE Polyol-ester oil (Ester Oil)
Solubilidad	Baja (immiscible)	Alta (miscibilidad)
Hidrólisis	Baja	Alta afinidad por el agua
Sistemas de separación de aceite	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Demandas especiales :</li> <li>▪Demanda de alta filtración               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪Filtros multietapa coalescentes</li> <li>▪Filtros de carbón activo</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Sin requerimientos especiales</li> </ul> (como los sistemas de HCFC / HFC )
Sistema de retorno de aceite	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Demandas especiales:</li> <li>▪Drenaje de aceite de los recipientes de baja temperatura ( densidad del aceite menor que el CO<sub>2</sub> –opuesto al NH<sub>3</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Simple</li> </ul> (como los sistemas de HCFC / HFC )
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Sistemas de retorno y separación de aceite</li> <li>▪Acumulación de aceite ( p. E. en los evaporadores) a largo plazo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Alta afinidad al agua</li> <li>▪Estabilidad del aceite a largo plazo</li> <li>▪Requiere un sistema de refrigeración "LIMPIO"</li> </ul>

Gráfico 48: Aceite CO<sub>2</sub>

### 3.3.6. COMPATIBILIDAD DE MATERIALES

El CO<sub>2</sub> es compatible con casi todos los materiales metálicos comunes. No hay restricciones desde un punto de vista de compatibilidad usando cobre o latón. La compatibilidad de CO<sub>2</sub> y polímeros es mucho más compleja, debido a que el CO<sub>2</sub> es una sustancia inerte y muy estable, la reacción con polímeros no es tan

crítica. La principal preocupación con el CO<sub>2</sub> son los efectos físico-químicos como la permeabilidad, dilatación y la generación de cavidades y fracturas internas. Estos efectos están conectados con la solubilidad y difusividad del CO<sub>2</sub> en los materiales actuales.

Las pruebas han demostrado que el CO<sub>2</sub> es diferente y algunas modificaciones han sido realizadas en algunos productos. Una gran cantidad de CO<sub>2</sub> que se puede disolver en polímeros tiene que ser tomada en consideración. Algunos polímeros usados actualmente no son compatibles con el CO<sub>2</sub> y otros requieren de diferentes métodos de solución como por ejemplo materiales selladores. Cuando la presión es cercana a la presión crítica y la temperatura es alta, el impacto en los polímeros es mucho más extremo. Sin embargo estas condiciones no son importantes para la refrigeración industrial ya que la temperatura y presión de operación son mucho más bajas usualmente.

### **3.3.7. CONCLUSION:**

Por lo expuesto anteriormente, la instalación existente en negativa no es válida para la incorporación de CO<sub>2</sub>, debido a las diferencias de presiones de trabajo, los compresores existentes no están preparados para trabajar con CO<sub>2</sub>, así como evaporadores, condensadores, las líneas frigoríficas, valvulería y accesorios, por tanto se realizará un diseño nuevo de la instalación y se verá si sería rentable su sustitución en comparación con el ahorro energético obtenido y valorando el periodo de retorno de la instalación.

### **3.4. DISEÑO DE LA CENTRAL DE NEGATIVA CON CO<sub>2</sub>:**

A modo simplificado, una central de baja temperatura trabajando con CO<sub>2</sub> en régimen sub-crítico como es la que estudiaremos tendrá los siguientes elementos y requerimientos:

- COMPRESORES PARA CO<sub>2</sub>
- EVAPORADORES PARA CO<sub>2</sub>
- CONDENSADOR PARA CO<sub>2</sub>: Al diseñar un sistema en cascada con R134A, el CO<sub>2</sub> lo haremos condensar mediante un intercambiador de placas con R134A a -5°C, por lo que en la central de positiva de R134A habrá que considerar como demanda de la instalación la necesidad de condensación del CO<sub>2</sub> y haciéndola evaporar a -10°C (el DT común de un intercambiador de placas oscila en 5K).
- SISTEMA DE EMERGENCIA: Se hace preciso la incorporación de un equipo auxiliar a la central de R134A para que en caso de fallo de la central de positiva, nos aseguremos que la central de CO<sub>2</sub> condense y no suba la presión a valores peligrosos. Este sistema de emergencia se dimensiona para un 10% de la potencia de la central

de CO<sub>2</sub>.

- GAS COOLER: Enfriador de gas situado en la descarga de la central de frío negativo, por aire con turbina equipada con motores axiales.
- SEPARADOR DE ASPIRACIÓN: Los separadores instalados en la aspiración, protegen el compresor de posibles retornos de líquido para una mayor protección del mismo.
- CONTROLES DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA
- SUBENFRIAMIENTO DE LIQUIDO

De forma esquemática, la instalación sería:

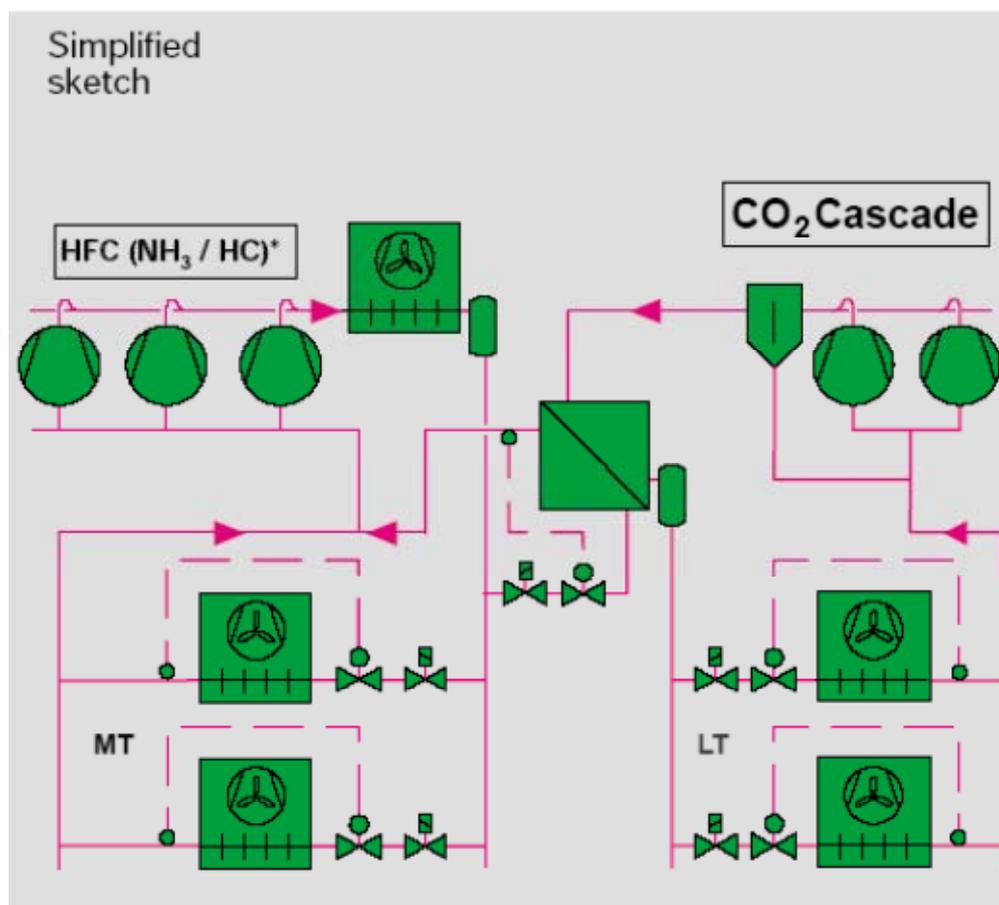


Grafico 49: Esquema de principio de instalación en cascada

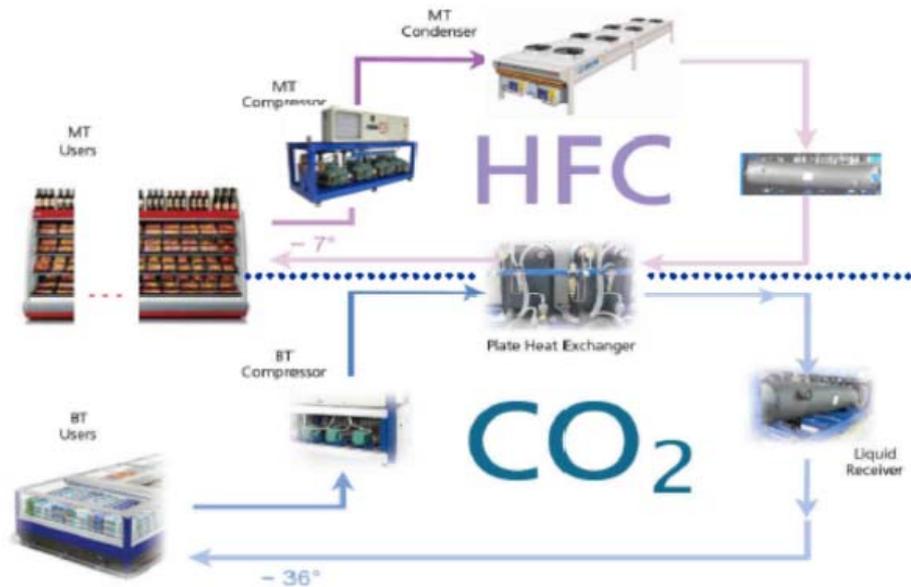


Gráfico 50: Esquema instalación en cascada

A continuación vamos a realizar el diseño de la instalación de CO<sub>2</sub> e iremos comparando los datos con los de partida con R404A.

### 3.4.1. DISEÑO DE COMPRESORES:

Partiendo de la potencia demandada en baja temperatura y buscando una simultaneidad de funcionamiento similar a la existente en la central de negativa, las hipótesis para el cálculo de los compresores serán:

POTENCIA FRIGORIFICA: 40.000-45.000 W

TEMPERATURA DE EVAPORACION: -35°C

TEMPERATURA DE CONDENSACION: -5°C

Se seleccionan compresores semi-herméticos alternativos preparados para el trabajo con CO<sub>2</sub>:

Las características principales de estos compresores son:

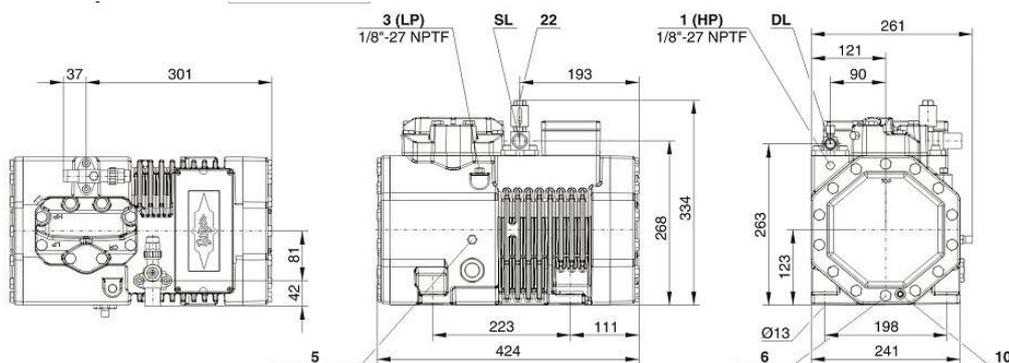
- Sistema de lubricación por bomba centrífuga.
- Amortiguador de pulsaciones integrado en descarga
- Platos de válvulas especialmente diseñados para CO<sub>2</sub>.
- Sistema de transmisión resistente al desgaste con rodamientos revestidos

multi-capa perfeccionados.

- Carga de aceite POE específico.

- Cuerpo de alta resistencia a la presión si tapa de fondo para presiones de servicio máximas de 40 bar en alta presión.

Compresor	2ESL-4K-40S
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	14,19 kW
Potencia frigorífica *	13,82 kW
Potencia en el evap.	14,19 kW
Potencia absorbida	3,41 kW
Corriente (400V)	6,36 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	17,60 kW
COP/EER	4,17
COP/EER *	4,06
Caudal másico	192,3 kg/h
Temp. Gas de descarga no enfriado	58,0 °C



Se selecciona una central con **cuatro compresores modelo 2ESL-4K-40S**, con una potencia frigorífica total de 56.760 W.



**DATOS CENTRAL NEGATIVA:**

DATOS R404A		DATOS CO2	
DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -35°C	DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -35°C
Tª CONDENSACION AGUA	+50°C	Tª CONDENSACION	-5°C
CAPACIDAD KW	11,69	CAPACIDAD KW	14,19
POTENCIA KW	12,49	POTENCIA KW	3,41
<b>COP</b>	<b>0,94</b>	<b>COP</b>	<b>4,17</b>
NECESIDAD CONDENSACION KW	24,2	NECESIDAD CONDENSACION KW	17,60
<b>DATOS POR CENTRAL</b>		<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	58,45	CAPACIDAD KW	56,76
POTENCIA KW	62,45	POTENCIA KW	13,64
<b>DATOS CONDENSACION</b>		<b>DATOS CONDENSACION</b>	
NECESIDAD CONDENSACION KW	121	NECESIDAD CONDENSACION KW	70,4

DEMANDA DE POTENCIA	
	NEGATIVA
Murales	17.535 W
Cámaras	4.090 W
<b>TOTALES</b>	<b>21.625 W</b>

POTENCIA DE CENTRALES R404A & RCO2	
	NEGATIVA
R404A	58.450 W
R407F	56.760 W

Hemos buscado una composición de central con CO2 que ofrezca una potencia frigorífica similar a la existente, para poder sacar comparativas con la existente, a pesar de penalizar en exceso la central de R134A aumentando la necesidad de condensación, se plantea esta distribución por la posibilidad de ampliación que

tiene la existente.

Con esta disponibilidad con CO<sub>2</sub> tendríamos un coeficiente de simultaneidad (c.s.) de 2,62 y, en caso de parada por avería de un compresor, dicho coeficiente pasaría a 1,97 válido todo el año y respetando la reserva de potencia.

Podemos ver el aumento del COP que ofrece el sistema con CO<sub>2</sub>, pasando de 0,94 a 4,17.

#### **Temperaturas de descarga:**

En este caso, las temperaturas de descarga no van a ser muy influyentes en la parte de CO<sub>2</sub> al no ser muy altas (58°C) pero sí es importante para la parte de R134A ya que se va a condensar con él, por tanto interesa que no sea muy elevada para no penalizar el rendimiento de su condensación.

Para ello se introduce un elemento en la instalación, GAS COOLER que refrigera los gases de descarga de CO<sub>2</sub>.

#### **Sub-enfriamiento de líquido:**

En las instalaciones de tipo cascada para CO<sub>2</sub> es muy importante la inclusión de un intercambiador de calor entre la línea de líquido y la de aspiración. Los motivos son:

- Debido a la temperatura negativa que tenemos incluso en la sección de alta del circuito de CO<sub>2</sub>, las entradas de calor en la línea de líquido pueden llegar a provocar flash-gas. El intercambiador genera un sub-enfriamiento adicional que evita este fenómeno.
- Por la alta solubilidad del refrigerante en el aceite lubricante, es necesario asegurar un recalentamiento mínimo (20K) para evitar que el aceite quede muy diluido y pierda sus propiedades lubricantes.

Los tipos de intercambiador usados preferentemente son los coaxiales.

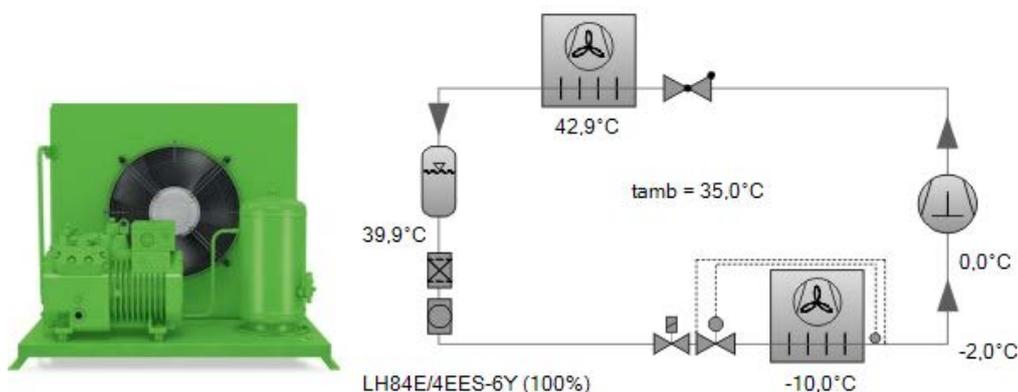
### **3.4.2. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE EMERGENCIA**

Tal y como hemos apuntado, se hace preciso disponer de una unidad condensadora independiente para asegurarnos que en caso de fallo de la central de positiva que condensa el CO<sub>2</sub>, éste no suba de presión y ocasione colapso en la instalación.

El dimensionamiento del sistema de emergencia se realiza para una potencia estimada de entre el 10-15% de la potencia frigorífica de la central de CO<sub>2</sub>, con objeto de, aprovechando la inercia de la instalación y contando con una gestión

de mantenimiento adecuado en el cuál el personal de mantenimiento no se demore en exceso en caso de avería, con la reserva del 10% de la capacidad nos aseguramos durante el tiempo necesario del mantenimiento de la presión dentro del recipiente de líquido del CO<sub>2</sub>.

Para ello el recipiente de líquido del CO<sub>2</sub> debe disponer de un serpentín por el que circule el líquido de refrigerante del sistema de emergencia, evaporándose y condensando el CO<sub>2</sub>.



Unidad modelo	<b>LH84E/4EES-6Y-40S</b>
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	6,99 kW
Potencia en el evap.	6,91 kW
Potencia absorbida *	3,09 kW
Corriente (400V)	6,11 A
Gama de tensiones	380-420V
Caudal másico	174,6 kg/h
Temp. de condensación	42,9 °C
Subenfriamiento del líquido	3,00 K
Modo de funcionamiento	Estándar

Se selecciona una unidad condensadora marca BITZER modelo LH84E con compresor semi-hermético 4EES-6Y con R134A de potencia frigorífica (-10/+45 °C) de 6.91kw en evaporador con un recalentamiento de 8K.

Notarse que esta unidad condensadora será de condensación por aire con DT 10.

### 3.4.3. DISEÑO DE CONDENSADORES/ INTERCAMBIADOR CON R134A

Como se ha dicho en el punto 3.4, en el sistema de CO<sub>2</sub> tipo cascada, el condensador de CO<sub>2</sub> es el evaporador del sistema frigorífico primario que funciona con R134A.

Por este motivo, los condensadores de CO<sub>2</sub> en estos sistemas son de los tipos:

- Multitubular.
- De placas.
- Tubo en tubo para pequeñas potencias.

En nuestro caso, dimensionaremos un intercambiador de placas, por ser de los intercambiadores que menor espacio ocupan.

Además de las presiones de trabajo necesarias es muy importante tener en cuenta la presión de colapso de los tubos si el CO<sub>2</sub> circula por fuera de ellos.

Por tanto tenemos que dimensionar un intercambiador de placas para una potencia de 70,4 W, con un DT 5K, para condensar el CO<sub>2</sub> y evaporar a su vez el R134A.

El diseño debe realizarse con un software específico que permita el cálculo de éstos dispositivos, que funcionan en modo cascada.

Los intercambiadores de placas, situados en la parte superior del depósito, pueden trabajar correctamente. El CO<sub>2</sub> vapor del depósito tenderá a permanecer en la zona alta de éste, donde podemos instalarlos intercambiadores y a medida que el fluido se condensa, éste vuelve al depósito por gravedad.

Es conocido que el rendimiento de un intercambiador de placas es siempre mucho mayor que el de un intercambiador de tubos, por eso se ha optado por utilizar intercambiadores de placas de la marca SWEPP que, además, nos ha facilitado su software de selección. (SWEPP 2015)



Intercambiador de placas **SWEP Modelo V120TH-M X 60**

Potencia de evaporación 72 kW

Dimensiones: 525 mm x 243 mm

Número de placas 250

Temperatura de evaporación (R-134a) -10 °C

Temperatura de condensación (CO2) -5 °C

Presión máxima admisible: 45 bar

#### **3.4.4. DISEÑO DE TUBERIAS**

La necesidad de tener que modificar las tuberías en la instalación existente es un factor importante a la hora de la valoración de la sustitución de un gas refrigerante por otro, debido a que el trazado de las mismas y la complejidad de su recorrido hagan de ello una labor poco rentable.

Como hemos comentado, tanto las presiones de trabajo del CO2 como la influencia que tiene la presencia de agua en la instalación, hacen pensar que es necesaria la incorporación de materiales como el acero inoxidable para la instalación por lo que sería necesaria la modificación de las líneas de baja temperatura.

El dimensionado de las tuberías en la instalación de baja temperatura viene determinado por las velocidades recomendadas por ASHRAE en las diferentes líneas. Las pérdidas de carga no se determinan ya que son muy poco significativas en cuanto al rendimiento de los compresores, siempre y cuando se respeten las velocidades máximas recomendadas.

De este modo se determinan las siguientes velocidades máximas recomendadas:

Línea de Aspiración de compresores 10 m/s

Línea de Descarga de los compresores 15 m/s

Línea de Líquido 0,6 m/s

N°	SERVICIO	POTENCIA	LIQUIDO		ASPIRACION	
			DIAMETRO	Veloc. (m/s)	DIAMETRO	Veloc (m/s)
19	C. CONGEL. GENERAL	3800	1/8"	0,61	1/4 "	10,61
20	C. CONGEL. ENVIOS	2600	1/8"	0,44	1/4 "	7,26
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	1430	1/8"	0,27	1/8"	7,88
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	870	1/8"	0,15	1/8"	4,96
32	ISLA CONGELADOS 1	2750	1/8"	0,46	1/4 "	7,68
33	ISLA CONGELADOS 2	2750	1/8"	0,46	1/4 "	7,68
34	ISLA CONGELADOS 3	2475	1/8"	0,42	1/4 "	6,90
35	ISLA CONGELADOS 4	1650	1/8"	0,28	1/8 "	9,09
36	CABINA CONGELADOS 1	1090	1/8"	0,19	1/8 "	6,06
37	ISLA CONGELADOS 5	1770	1/8"	0,28	1/8 "	9,36
38	ISLA CONGELADOS 6	1770	1/8"	0,28	1/8 "	9,36
39	CABINA CONGELADOS 2	1090	1/8"	0,19	1/8 "	6,06
40	CABINA CONGELADOS 3	1090	1/8"	0,19	1/8 "	6,06
41	VITRINA PASTELERIA CONGELADOS	1100	1/8"	0,19	1/8 "	6,07
<b>LINEAS GENERALES</b>						
L1	20+21+22+36-40	14460	1/2"	0,74	1 "	7,90
L2	32-35 + 19	13425	1/2"	0,74	1 "	7,90

Línea de descarga de compresores: Diámetro 3/4" – 13,54m/s

### 3.4.5. EVAPORADORES

La exigencia de las altas presiones con las que trabaja el CO<sub>2</sub> obliga a utilizar evaporadores que deben estar especialmente diseñados para este uso.

Los servicios de congelados se pueden clasificar en dos tipos:

Armarios de producto congelado y Cámaras de almacenamiento.

Los armarios de supermercado incorporan el aroevaporador, que deberá estar diseñado para trabajar con CO<sub>2</sub>.

Las cámaras frigoríficas utilizan aroevaporadores carrozados estándar, diseñados para CO<sub>2</sub>.

La firma GUNTHER adapta toda su gama de aroevaporadores para su uso con CO<sub>2</sub> utilizando tubos que soportan presiones de hasta 51 bar.

Los aroevaporadores para baja temperatura deben tener como mínimo un paso de aleta de 7 mm y deben incorporar resistencias para el desescarche eléctrico.



Para las cámaras de baja temperatura se utilizarán los evaporadores siguientes: (GUNTNER 2015)

	SERVICIO	MODELO	POTENCIA
19	C. CONGEL. GENERAL	CXGHN 040.2F/112	5,3 KW
20	C. CONGEL. ENVIOS	CXGDF 030.1C/17	2,4 KW
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	CXGDF 030.1B/17	1,5 KW
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	CXGDF 030.1A/17	1,0 KW

### 3.4.6. VALVULAS DE EXPANSION:

Son la única alternativa, entre todos los sistemas de expansión, que nos permite trabajar con CO<sub>2</sub>. Las válvulas de expansión utilizadas serán las AKVH de DANFOSS, que están especialmente diseñadas para trabajar con CO<sub>2</sub>. Estas válvulas no requieren ningún ajuste ya que se auto regulan. Son capaces de soportar una presión máxima de 90 bar. Además, son capaces de operar como válvula solenoide, cerrándose completamente cuando sea necesario.

Estos dispositivos requieren un transductor de presión DANFOSS AKS 32R

y una sonda de temperatura de contacto AKS 11, para lectura de la presión y la temperatura del refrigerante a la salida del evaporador (medición del recalentamiento). El control de la válvula de expansión se realiza a través de un controlador electrónico AK-CC 550A, por tanto se requerirán un controlador por servicio y válvula.

Las válvulas de expansión electrónicas seleccionadas serán de la serie AKVH de

DANFOSS, están diseñadas para trabajar con una potencia frigorífica de hasta 20 Kw, en unas condiciones de funcionamiento como las nuestras (temperatura de evaporación de -35°C y condensación de -5°C).

Cada válvula incorpora un orificio que determina la capacidad máxima que es capaz de dar. Existen hasta siete tamaños diferentes, que están numerados desde el cero hasta el seis y deben seleccionarse en función del ratio de potencia máxima.



La relación de las válvulas de expansión a instalar es la siguiente:

Nº	SERVICIO	POTENCIA	VALVULA ELECTRONICA	
			MODELO	Nº ORIFICIO
19	C. CONGEL. GENERAL	3800	AKVH- 10	3
20	C. CONGEL. ENVIOS	2600	AKVH- 10	2
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	1430	AKVH- 10	1
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	870	AKVH- 10	1
32	ISLA CONGELADOS 1	2750	AKVH- 10	2
33	ISLA CONGELADOS 2	2750	AKVH- 10	2
34	ISLA CONGELADOS 3	2475	AKVH- 10	2
35	ISLA CONGELADOS 4	1650	AKVH- 10	1
36	CABINA CONGELADOS 1	1090	AKVH- 10	1
37	ISLA CONGELADOS 5	1770	AKVH- 10	1
38	ISLA CONGELADOS 6	1770	AKVH- 10	1
39	CABINA CONGELADOS 2	1090	AKVH- 10	1
40	CABINA CONGELADOS 3	1090	AKVH- 10	1
41	VITRINA PASTELERIA CONGELADOS	1100	AKVH- 10	1

### 3.4.7. ACCESORIOS SOMETIDOS A PRESION:

En este apartado se incluyen los separadores de aceite, recipientes de líquido, separadores de aspiración, válvula de seguridad etc.

**Válvula de seguridad:**

El primer aspecto a tener en cuenta es la válvula de seguridad, y con ello la presión con la que trabaja el refrigerante.

En la siguiente tabla se muestran presiones tanto en vapor saturado como de rocío del CO<sub>2</sub>.

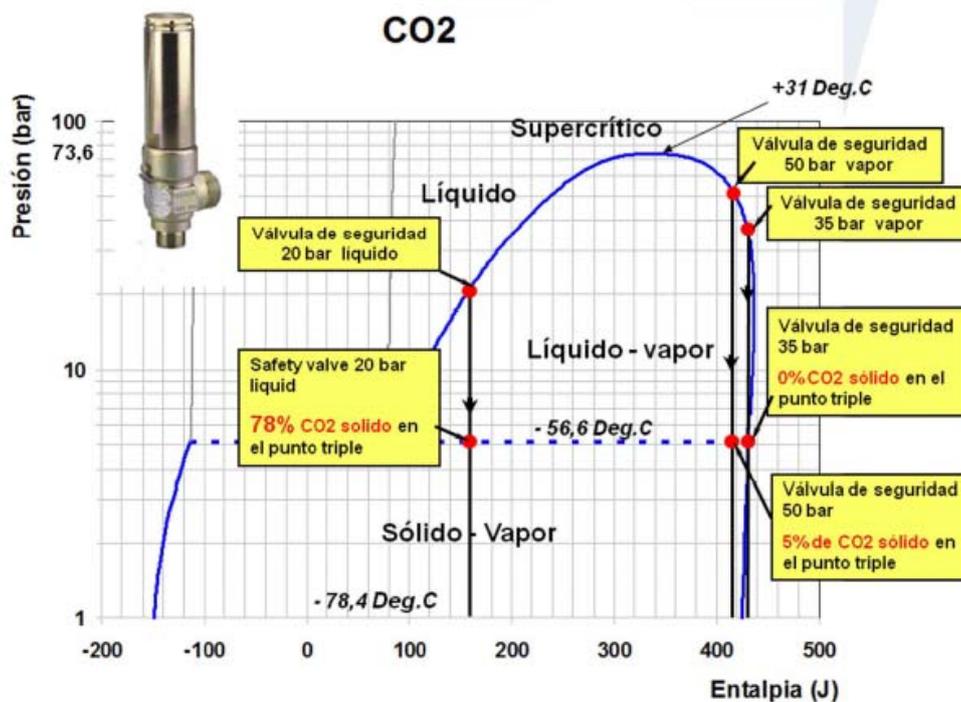


Gráfico 51: Posición de accesorios de CO<sub>2</sub>

Esta válvula está tarada a una presión de 40 bar y evacua el CO<sub>2</sub> necesario al exterior hasta que la presión se vuelve a compensar.



La válvula de seguridad a instalar es el modelo SFA 15 de DANFOSS

Recipiente de líquido:

Los recipientes de líquido de los sistemas de CO2 son comparativamente de menor volumen que en los sistemas con HFC, debido al menor caudal volumétrico que se necesita para la misma potencia.

El recipiente de líquido está diseñado para las presiones de trabajo necesarias. Se debe disponer en el recipiente de líquido de un serpentín interior para conectar la unidad condensadora accionada por alguna energía disponible en caso de emergencia, para evitar el aumento de presión del sistema en caso de fallo eléctrico.

Para ello dispondremos de un recipiente para CO2 de 50 l.

#### Accesorios de líneas:

Debido a la presión de trabajo del CO2, toda la valvulería y accesorios de líneas, como filtros, visores, válvulas reguladoras y corte, solenoides etc. deben estar preparadas para una presión de diseño de 40 bar. En este sentido, indicar que algunas válvulas disponibles con HFC y/o amoniaco son válidas para el uso en sistemas con presión de diseño de 40 bar.

Es importante verificar con el fabricante su compatibilidad con este nuevo refrigerante.

Es especialmente importante la función del filtro deshidratador, que debe ser de gran dimensión y de 3 A para asegurar una buena deshidratación del circuito, que si no se garantiza, puede provocar la formación de cristales de hielo y posteriormente, ácido carbónico.

En las líneas de líquido en las que exista doble válvula de corte, se colocará un sistema Bypass con válvula de retención para evitar que en caso de falta de demanda y cierre de válvulas de corte, la presión se eleve a valores peligrosos.

En cuanto a las válvulas solenoide de líquido, las necesarias serían las siguientes:

#### VALVULA SOLENOIDE DE LÍQUIDO:

	DENOMINACIÓN DEL LOCAL	SOLENOIDE RCO2 CON BOBINA
CAMARAS		
32	ISLA CONGELADOS 1	SVL6DSNG + EVR 2
33	ISLA CONGELADOS 2	SVL6DSNG + EVR 2
34	ISLA CONGELADOS 3	SVL6DSNG + EVR 2
35	ISLA CONGELADOS 4	SVL6DSNG + EVR 2
36	CABINA CONGELADOS 1	SVL6DSNG + EVR 2

37	ISLA CONGELADOS 5	SVL6DSNG + EVR 2
38	ISLA CONGELADOS 6	SVL6DSNG + EVR 2
39	CABINA CONGELADOS 2	SVL6DSNG + EVR 2
40	CABINA CONGELADOS 3	SVL6DSNG + EVR 2
41	VITRINA PASTELERIA CONGELADOS	SVL6DSNG + EVR 2
19	C. CONGEL. GENERAL	SVL6DSNG + EVR 2
20	C. CONGEL. ENVIOS	SVL6DSNG + EVR 2
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	SVL6DSNG + EVR 2
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	SVL6DSNG + EVR 2

### Sistema de aceite:

En cuanto a la lubricación de los compresores de baja temperatura, la principal diferencia entre este sistema respecto al anterior es la presión máxima operativa de 40 bar que deben ser capaces de soportar todos los elementos.

El tipo de aceite utilizado debe ser compatible con el fluido frigorífico CO<sub>2</sub> y viene condicionado por las indicaciones del fabricante de los compresores. En este caso se recomiendan los aceites de tipo POE (poliolester), que tienen un porcentaje de miscibilidad bajo con el CO<sub>2</sub>.

No es bueno utilizar aceites muy miscibles ya que sus propiedades lubricantes se perderían, pero tampoco es recomendable utilizar aceites completamente inmiscibles ya que interesa que exista una mínima capacidad de arrastre por parte del fluido frigorífico.



Los componentes elegidos para el circuito de control del aceite son los que ofrece el fabricante ESK SCHULTZE, específicos para CO<sub>2</sub>. Los modelos de cada elemento son los siguientes:

Separador de aceite: OS-22

Acumulador de aceite: OSA-11-OV

Filtro línea retorno de aceite con malla protectora: F-18B

Control de nivel electrónico: ERHD4-OC

### **3.4.8. RECOMENDACIONES DE USO:**

#### *Parada voluntaria de la instalación*

En caso de producirse un paro voluntario de la instalación, el sistema primario de R-134a deberá continuar en funcionamiento. Será recomendable programar el sistema para que cierre todas las válvulas solenoides de los circuitos, tanto los de media temperatura como de baja. Las líneas de baja temperatura deberán vaciarse ya que entre la válvula solenoide y los compresores, el circuito quedaría cerrado y el aumento de la temperatura del refrigerante implicaría un aumento de la presión. El vaciado de la instalación consiste en cerrar todas las válvulas solenoides y mantener los compresores de CO<sub>2</sub> en funcionamiento hasta que la presión a la aspiración alcance una cierta presión mínima; como esta presión no puede alcanzar el punto triple, debe ser superior a 5,2 bar. Este método también es conocido como pump down. Debido a que todos los servicios se encontraran inoperativos, los compresores del sistema primario solo justificarán su funcionamiento cuando el CO<sub>2</sub> del recipiente aumente su presión debido a pérdidas por falta o carencia de aislamiento, como en los evaporadores de los servicios de refrigerados, por lo tanto, podrán mantener la presión sobradamente, incluso con tan solo uno o dos compresores.

#### *Parada involuntaria de la instalación*

Cuando se produce un fallo en el suministro eléctrico, es recomendable poseer un grupo electrógeno auxiliar que sea capaz de mantener en funcionamiento los equipos mínimos, que puedan evitar las sobrepresiones.

El generador auxiliar debe ser capaz de alimentar, por lo menos, un compresor del sistema primario, el sistema de condensación y los reguladores del sistema de expansión electrónico, los controles de temperatura del recipiente y el regulador de nivel de líquido.

*Carga del CO<sub>2</sub>:*

La peculiaridad reside en la posición de su punto triple a una presión de 5,2 bar. Si se realizara la carga en fase líquida de CO<sub>2</sub> contra un sistema al que hemos realizado en vacío, inmediatamente se nos formará dentro del sistema “nieve carbónica”, en estado sólido lo cual nos impediría seguir con el proceso. Por tal motivo, debe procederse a una carga inicial del sistema con fase exclusivamente gaseosa hasta superar el punto triple (presión de refrigerante en el sistema superior a 5,2 bar).

Posteriormente puede continuarse con la carga en fase líquida. Debido a la alta presión del CO<sub>2</sub> en las botellas, siempre debe realizarse la carga a través de un manorreductor. Este hecho provoca una alta evaporación del refrigerante líquido a la salida de la botella. Por este motivo resulta muy positivo enfriar las botellas de CO<sub>2</sub> cuando se debe proceder a la carga con líquido. De esta forma se consigue:

- menor evaporación del CO<sub>2</sub> líquido.
- Menor aumento de la presión en el sistema.

Para evitar un rápido aumento de la presión en el sistema, deberá además ponerse en marcha la máquina frigorífica que realiza la condensación del CO<sub>2</sub>.

### **3.4.9. CALCULO DEL RENDIMIENTO**

En este apartado valoraremos el rendimiento de la instalación con el cambio de central de R404A a la central de CO<sub>2</sub> en régimen de negativa.

Partiendo de los datos obtenidos de la producción frigorífica de los compresores del R404A y la central diseñada para la misma potencia frigorífica con CO<sub>2</sub>, veremos el rendimiento, horas de funcionamiento y consumos eléctricos estimados de cada central para cada tipo de gas, con las consideraciones de funcionamiento explicadas en apartados anteriores.

**CALCULOS CENTRAL NEGATIVA:**

5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K		4 COMPRESORES BITZER 2ESL-4K-40/ CONDENSACION CON R134A A -5°C	
CALCULOS R404A		CALCULOS CO2	
CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION - 35°C	CONDENSACION R134A -5°C	EVAPORACION -35°C
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63
POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	11,69	POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	14,19
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,85	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,52
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	3,00	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	2,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	35,07	POTENCIA DADA POR COMPRESORES	28,38
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	14,80	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	18,29
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	12,49	CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	3,41
CONSUMO ELECTRICO kWh	554,52	CONSUMO ELECTRICO kWh	124,72
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	16.635,53	CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	3.741,63

### 3.4.10. COMPARATIVA DE AHORRO ENERGÉTICO

Lo realmente importante a la hora de realizar el cambio de gas refrigerante, además de los parámetros legislativos que hemos ido mencionando a lo largo del trabajo, es si realmente se obtendrían ahorros energéticos con el cambio, para ello vamos a realizar la comparativa, evaluando la mejora de rendimiento en base al COP y de forma porcentual.

El ahorro económico está basado en un precio de 12 c€/ kWh como precio medio de mercado eléctrico.

#### AHORRO ENERGETICO CENTRAL NEGATIVA:

5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K R404A		4 COMPRESORES BITZER 2ESL-4K-40/ CONDENSACION CON R134A A -5°C CO2	
CONSUMO ELECTRICO kWh	554,52	CONSUMO ELECTRICO kWh	124,72
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	16.635,53	CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	3.741,63
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES		<b>12.893,90 kWh/mes</b>	<b>78%</b>
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		<b>18.567,28 €/año</b>	

Como veremos a continuación, la central de CO2 penaliza la central de positiva con R134A al pasar la necesidad de condensación del CO2 a demanda de la central de R134A.

En una instalación en la que predominen los servicios de baja temperatura, un sistema basado en CO2 es muy rentable.

### 3.4.11. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar la sustitución del gas refrigerante y cambio de central.

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y

por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de CO2 del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El CO2 es un gas con PCA de 1 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico tras la reconversión del gas con los datos expuestos anteriormente de consumos para ambos refrigerantes y ambos regímenes de trabajo:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	154.726,80 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	100.572,42 kg CO <sub>2</sub> /año

La reducción de las toneladas equivalentes debidas a las posibles emisiones fugitivas del gas refrigerante, considerando un 3% de fugas, son:

GAS	PCA	KG GAS	FUGAS	EMISION Kg CO2
R404A	3784	1325	39,75	150.414
CO2	1	50	1.5	1.5
		<b>REDUCCION</b>		<b>150.412,50 Kg CO2</b>

### 3.4.12. Valoración económica de la inversión

Puesto que la central de negativa se sustituye al completo, el presupuesto de la instalación de CO2 es:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Compresor 2ESL-4K-40	Ud.	4,00	3.689,00	14.756,00
Sistema de emergencia LH84/4EES-6Y	Ud.	1,00	7.041,00	7.041,00
Intercambiador de placas SWEP V120TH-M-X-60	Ud.	1,00	4.333,00	4.333,00
Tuberías de acero ANSI				
14 líneas liquido de 1/8" a servicios	m.	1.120,00	12,36	13.843,20
2 líneas liquido de 1/2" generales	m.	160,00	17,16	2.745,60

5 líneas aspiración de 1/4" de servicios	m.	400,00	12,36	4.944,00
9 líneas aspiración de 1/4" de servicios	m.	720,00	12,36	8.899,20
2 líneas aspiración de 1" generales	m.	200,00	42,54	8.508,00
1 línea de descarga 3/4" general	m.	20,00	25,65	513,00
Evaporadores				
CXGHN 040.2F/112 - C. CONG. GENERAL	Ud.	1,00	2.076,00	2.076,00
CXGDF 030.1C/17- C. CONG ENVIOS	Ud.	1,00	693,00	693,00
CXGDF 030.1B/17- C. CONG PASTERIA	Ud.	1,00	649,00	649,00
CXGDF 030.1A/17 - C. CONG PREPARADOS	Ud.	1,00	628,00	628,00
Válvulas de expansión electrónica	Ud.	14,00	301,70	4.223,80
Válvulas solenoide	Ud.	14,00	158,40	2.217,60
Válvula de seguridad	Ud.	1,00	512,00	512,00
Recipiente de CO2 50l	Ud.	1,00	750,00	750,00
Sistema de aceite				
OS-22	Ud.	1,00	318,00	318,00
OSA-11-OV	Ud.	1,00	354,00	354,00
F-18B	Ud.	1,00	56,00	56,00
ERHD4-OC	Ud.	1,00	479,00	479,00
GAS: 50L CO2	l.	50,00	1,10	55,00
GAS COOLER	Ud.	1,00	700,00	700,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>79.294,40</b>
MONTAJE CENTRAL 30%				23.788,32
INSTALACION + ACCESORIOS 15%				11.894,16
REFRIGERANTE 2,5%				1.982,36
CUADRO ELECTRICO 25%				19.823,60
IMPREVISTOS 2,5%				1.982,36
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>138.765,20</b>

### 3.4.13. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
138.765,20	18.567,28 €	7,47 Años

### 3.5. SUSTITUCIÓN DIRECTA EN LA INSTALACION DE POSITIVA CON R134A:

En este apartado vamos a analizar cada uno de los factores descritos anteriormente aplicándolo a la instalación objeto de estudio, para valorar si en este caso sería viable en aspectos técnicos, medioambientales y económicos.

Se tratará de la central de positiva, con la consideración del aumento de la demanda de la central al tener que condensar las necesidades de la central de CO2.

#### 3.5.1. Verificación de componentes de la instalación:

##### 3.5.1.1. Compresores:

En este apartado vamos a analizar la capacidad frigorífica obtenida de los compresores existentes con el R134A con objeto de verificar que son suficientes los compresores existentes o es necesario ampliar la instalación.

Los datos de la central de positiva existente se ha descrito en el apartado de instalación existente con R404A, partiendo de la maquinaria existente, obtenemos los siguientes datos:

**DATOS CENTRAL POSITIVA:****4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

DATOS R404A		DATOS R134A	
DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -10°C	DATOS POR COMPRESOR:	EVAPORACION -10°C
Tª CONDENSACION CON AGUA	+50°C	Tª CONDENSACION AGUA	+50°C
CAPACIDAD W	48,9	CAPACIDAD KW	30,6
POTENCIA KW	25,9	POTENCIA KW	13,72
COP	1,88	COP	2,23
NECESIDAD CONDENSACION KW	75	NECESIDAD CONDENSACION KW	44,3
<b>DATOS POR CENTRAL</b>		<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	195,6	CAPACIDAD KW	122,4
POTENCIA KW	103,6	POTENCIA KW	54,88
<b>DATOS CONDENSACION</b>		<b>DATOS CONDENSACION</b>	
NECESIDAD CONDENSACION KW	300	NECESIDAD CONDENSACION KW	177,2

Podemos observar que con los 4 compresores existentes, al realizar el cambio a R134A, la capacidad frigorífica de la central no es suficiente para absorber la demanda de la instalación, por lo que se hace necesaria la ampliación de compresores.

DEMANDA DE LA INSTALACION: 169,68 KW

DEMANDA DE CONDENSACION DE CO2: 70,40 KW

DEMANDA TOTAL: 240,08 KW

Nº COMPRESORES R134A NECESARIOS: 9 COMPRESORES

Como vemos la central de positiva debe ser ampliada en cuanto a número de compresores

Optamos por colocar los mismos compresores a los existentes y no optar por compresores mayores y colocar menos compresores, para poder controlar la demanda variable de la instalación y ajustarnos a las necesidades.

Con lo que la comparativa sería:

**DATOS CENTRAL POSITIVA:**

4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y		9 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y	
<b>DATOS R404A</b>		<b>DATOS R134A</b>	
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	EVAPORACION -10°C	<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	EVAPORACION -10°C
Tª CONDENSACION CON AGUA	+50°C	Tª CONDENSACION AGUA	+50°C
CAPACIDAD W	48,9	CAPACIDAD KW	30,6
POTENCIA KW	25,9	POTENCIA KW	13,72
<b>COP</b>	<b>1,88</b>	<b>COP</b>	2,23
NECESIDAD CONDENSACION KW	75	NECESIDAD CONDENSACION KW	44,3
<b>DATOS POR CENTRAL</b>		<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	195,6	CAPACIDAD KW	275,40
POTENCIA KW	103,6	POTENCIA KW	123,48
<b>DATOS CONDENSACION</b>		<b>DATOS CONDENSACION</b>	
NECESIDAD CONDENSACION KW	300	NECESIDAD CONDENSACION KW	398,70

**3.5.1.2. Evaporadores:**

Como se ha visto en el apartado de generalidades en la sustitución del R404A por R134A, para un mismo evaporador, trabajando con R134A, tiene una menor potencia frigorífica, en nuestra instalación los datos son los siguientes:

	DENOMINACIÓN DEL LOCAL	EVAPORADORES	MODELO R404A	CAPACIDAD KW R404A	CAPACIDAD KW R134A
1	C. FRUTAS.	CUBICO AIRE	CTE-351-E4	3,63	3,303
2	C. PESCADO	CUBICO ED	CTE-63-M6 ED	3,156	2,809
3	C. RESIDUOS.	CUBICO ED	CTE-20-M6 ED	1,024	0,932
4	C. LACTEOS	CUBICO ED	CTE-96-M 6ED	4,996	4,496
5	C. CARNES	CUBICO ED	CTE-351-E4 ED	3,718	3,309
6	C. EMPACADOS	CUBICO ED	CTE-29-M6 ED	1,72	1,53
7	C. AVES	CUBICO ED	CTE-41-M6 ED	2,108	1,876
8	C.PROD.TERMIN.	SEMIPLAFON AIRE	MIC-200	1,246	1,122
9	C. QUESOS	CUBICO ED	CTE-20-M6 ED	0,961	0,865
10	C. CHARCUTERIA.	CUBICO ED	CTE-29-M6 ED	1,416	1,275
11	C. PASTELERIA.	CUBICO ED	CTE-20-M6 ED	1,273	1,133
12	C. ENVIOS	CUBICO ED	CTE-41-M6 ED	2,738	2,436
13	C CONSIGNA.	SEMIPLAFON AIRE	MIC-100	0,757	0,673
14	L. CHARCUTERIA.	PLAFON	EVS-290	2,129	1,959

15	L. CARNES.	PLAFON	MTE-23-H4	2,553	2,349
16	L. PLATOS PREP.	PLAFON	EVS-290	2,129	1,959
17	L. PICADO CARNE.	SEMIPLAFON AIRE	MIC-100	0,83	0,764
18	L. PESCADO	PLAFON	MTE-34-H4	4,478	4,12

DENOMINACION		Tª	POTENCIA FRIGORIFICA R404A	POTENCIA FRIGORIFICA CON R134A
MURALES REFRIGERADOS				
1	FRUTAS 1	2,00	2350	2115
2	FRUTAS 2	2,00	4688	4219,2
3	FRUTAS 3	2,00	4688	4219,2
4	FRUTAS 4	2,00	4102	3691,8
5	PASTELERIA	0,00	5570	5013
6	VITRINA CHARCUTERIA 1	2,00	1901	1710,9
7	VITRINA CHARCUTERIA 2	2,00	1102	991,8
8	CHARCUTERIA 1	2,00	4675	4207,5
9	CHARCUTERIA 2	2,00	6432	5788,8
10	CHARCUTERIA 3	2,00	7016	6314,4
11	CHARCUTERIA 4	2,00	2923	2630,7
12	VITRINA CARNES	0,00	2630	2367
13	CARNES 1	0,00	2765	2488,5
14	CARNES 2	0,00	8366	7529,4
15	CARNES 3	0,00	10211	9189,9
16	PATES	0,00	11140	10026
17	MOSTRADOR PESCADO	0,00	7700	6930
18	MOSTRADOR MARISCO	0,00	4000	3600
19	PESCADO	0,00	5570	5013
20	LACTEOS 1	2,00	6432	5788,8
21	LACTEOS 2	2,00	7016	6314,4
22	CABINA LACTEOS 1	2,00	1460	1314
23	CABINA LACTEOS 2	2,00	1460	1314
24	LACTEOS 3	2,00	8770	7893
25	CABINA LACTEOS 3	2,00	1460	1314
26	CABINA LACTEOS 4	2,00	1460	1314
27	VITRINA SALAZONES	0,00	1164	1047,6
28	VITRINA ENCURTIDOS	0,00	543	488,7
29	EXPOSITOR DE ZUMOS	2,00	2400	2160
30	VITRINA PLATOS PREPARADOS	2,00	1508	1357,2

31	VITRINA PASTELERIA	0,00	864	777,6
----	--------------------	------	-----	-------

Por tanto, damos por validos los evaporadores, murales y vitrinas existentes, al ser la reducción de capacidad en torno a un 10%, y basándonos en el cálculo de cargas de cada servicio, con estos equipos conseguimos dar la potencia necesaria.

#### 3.5.1.3. Condensador:

La condensación de la instalación existente es mediante agua en sistema de circuito cerrado, para ello existen unos intercambiadores de calor en la sala de máquinas de 480KW en positiva y 170 KW en negativa.

Las necesidades de condensación con R134A son de 398,70 KW, por lo que el sistema de condensación existente es válido para la reconversión.

#### 3.5.1.4. Calculo de tuberías:

La sala de máquinas, que comprende la ubicación de los compresores, los condensadores multitubulares, los recipientes de ambas centrales y las bombas de agua de condensación, se encuentra en la planta sótano -2, mientras que los servicios (cámaras y murales) se encuentran en el semisótano con una diferencia de cotas de 6m aproximadamente.

Esta diferencia de alturas las asume de forma vertical ascendente las líneas de líquido y de forma vertical descendente las aspiraciones. La línea de descarga por tanto tiene su recorrido en la propia sala de máquinas, siendo la línea de agua de condensación la que asume la altura geométrica hasta los aero enfriadores situados en cubierta.

En lo referente a la línea de descarga, puesto que la central de R134A ha aumentado considerablemente su potencia al incorporar la necesidad de condensación de la central de CO<sub>2</sub>, la línea de descarga hasta el intercambiador multitubular ha de ser redimensionada.

En el caso de las aspiraciones, ya que a pesar de la aspiración asume una diferencia de cotas, siendo a nuestro favor al ser en tramo descendente, haremos la comprobación.

#### LINEA DE LÍQUIDO:

Para la central de positiva, existen cuatro líneas de líquido generales, de 1 3/8" de sección que dan servicio de forma zonificada a los servicios, para

esta sección los datos de cálculo de las líneas serian:

Positiva (-10/+50°C)	1 3/8"			
	R404A		R134A	
Velocidad	1 m/s	pasa a	0,60 m/s	OK
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,004 K/m	pasa a	0,003 K/m	OK
Perdida de carga en presión	0,021 bar/m	pasa a	0.01 bar/m	OK

Consideramos válidas las líneas de líquido existentes.

#### LINEA DE ASPIRACION:

Para la central de positiva, existen cuatro líneas de aspiración generales, de 2 1/8" de sección que dan servicio de forma zonificada a los servicios, para esta sección los datos de cálculo de las líneas serian:

Positiva (-10/+50°C)	2 1/8 "			Sustitución a 2 5/8"
	R404A		R134A	R134A
Velocidad	12,61 m/s	pasa a	19,94 m/s	12,93 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,028 K/m	pasa a	0,067 K/m	0,021 K/m
Perdida de carga en presión	0,398 bar/m	pasa a	0,476 bar/m	0,165 bar/m

Como apuntábamos, hay que ampliar las líneas de aspiración.

#### LINEA DE DESCARGA:

Hay que dimensionar la línea de descarga puesto que hay un aumento considerable de potencia en la central de R134A al incorporar la demanda de la condensación del CO2.

La tubería necesaria para la descarga de la central de R134A es:

Positiva (-10/+50°C)	R134A
	2 5/8"
Velocidad	12,52 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	0,023 K/m
Perdida de carga en presión	0,736 bar

La instalación existente posee una línea de descarga de 2 5/8", por tanto no es necesario modificar la línea de descarga.

### 3.5.1.5. Calculo de accesorios:

En este apartado se van a analizar los accesorios como.

- Válvulas de expansión: es preciso modificar todos los elementos termostáticos y orificios. Los modelos por servicio serán:

	DENOMINACIÓN DEL LOCAL	CAPACIDAD KW R134A	SOLENOIDE R134A CON BOBINA	EXPANSION R134A ELEMENTO TERMOSTATICO TEN2
CAMARAS				
				NUMERO DE ORIFICIO
1	C. FRUTAS.	3,63	EVO100 - 1/4"S	N02
2	C. PESCADO	3,16	EVO100 - 1/4"S	N02
3	C. RESIDUOS.	1,02	EVO100 - 1/4"S	N00
4	C. LACTEOS	5,00	EVO101 - 1/4"S	N03
5	C. CARNES	3,72	EVO100 - 1/4"S	N02
6	C. EMPACADOS	1,72	EVO100 - 1/4"S	N00
7	C. AVES	2,11	EVO100 - 1/4"S	N01
8	C.PROD.TERMIN.	1,25	EVO100 - 1/4"S	N00
9	C. QUESOS	0,96	EVO100 - 1/4"S	N00
10	C. CHARCUTERIA.	1,42	EVO100 - 1/4"S	N00
11	C. PASTELERIA.	1,27	EVO100 - 1/4"S	N00
12	C. ENVIOS	2,74	EVO100 - 1/4"S	N01
13	C CONSIGNA.	0,76	EVO100 - 1/4"S	N00
14	L. CHARCUTERIA.	2,13	EVO100 - 1/4"S	N01
15	L. CARNES.	2,55	EVO100 - 1/4"S	N01
16	L. PLATOS PREP.	2,13	EVO100 - 1/4"S	N01

17	L. PICADO CARNE.	0,83	EVO100 - 1/4"S	N00
18	L. PESCADO	4,48	EVO100 - 1/4"S	N03
<b>MURALES</b>				<b>TEN2</b>
1	FRUTAS 1	2,35	EVO100 - 1/4"S	N02
2	FRUTAS 2	4,69	EVO101 - 1/4"S	N03
3	FRUTAS 3	4,69	EVO101 - 1/4"S	N03
4	FRUTAS 4	4,10	EVO100 - 1/4"S	N03
5	PASTELERIA	5,57	EVO101 - 1/4"S	N03
6	VITRINA CHARCUTERIA 1	1,90	EVO100 - 1/4"S	N01
7	VITRINA CHARCUTERIA 2	1,10	EVO100 - 1/4"S	N00
8	CHARCUTERIA 1	4,68	EVO100 - 1/4"S	N03
9	CHARCUTERIA 2	6,43	EVO101 - 1/4"S	N04
10	CHARCUTERIA 3	7,02	EVO101 - 1/4"S	N04
11	CHARCUTERIA 4	2,92	EVO100 - 1/4"S	N02
12	VITRINA CARNES	2,63	EVO100 - 1/4"S	N02
13	CARNES 1	2,77	EVO100 - 1/4"S	N02
14	CARNES 2	8,37	EVO101 - 1/4"S	N04
15	CARNES 3	10,21	EVO101 - 1/4"S	N05
16	PATES	11,14	EVO101 - 1/4"S	N05
17	MOSTRADOR PESCADO	7,70	EVO101 - 1/4"S	N04
18	MOSTRADOR MARISCO	4,00	EVO100 - 1/4"S	N03
19	PESCADO	5,57	EVO101 - 1/4"S	N03
20	LACTEOS 1	6,43	EVO101 - 1/4"S	N03
21	LACTEOS 2	7,02	EVO101 - 1/4"S	N04
22	CABINA LACTEOS 1	1,46	EVO100 - 1/4"S	N01
23	CABINA LACTEOS 2	1,46	EVO100 - 1/4"S	N01
24	LACTEOS 3	8,77	EVO101 - 1/4"S	N05
25	CABINA LACTEOS 3	1,46	EVO100 - 1/4"S	N01
26	CABINA LACTEOS 4	1,46	EVO100 - 1/4"S	N01
27	VITRINA SALAZONES	1,16	EVO100 - 1/4"S	N01
28	VITRINA ENCURTIDOS	0,54	EVO100 - 1/4"S	N00
29	EXPOSITOR DE ZUMOS	2,40	EVO100 - 1/4"S	N02
30	VITRINA PLATOS PREPARADOS	1,51	EVO100 - 1/4"S	N01
31	VITRINA PASTELERIA	0,86	EVO100 - 1/4"S	N00

- Recipientes de líquido:

Puesto que la potencia de la central de positiva se ha visto incrementada debido a la condensación del CO<sub>2</sub>, calcularemos la necesidad de refrigerante para este nuevo servicio.

La capacidad efectiva del intercambiador de placas es de 0,075 m<sup>3</sup>.

La cantidad de refrigerante necesaria para la condensación del CO<sub>2</sub> es por tanto (siendo la densidad del R134a a -10°C en vapor de

1.325kg/m<sup>3</sup>) de 99,4 kg.

El volumen del recipiente necesario seria de 82 litros (con densidad en líquido de 1.206kg/m<sup>3</sup>).

Tenemos un recipiente de 750 litros, necesitamos un recipiente de 830 litros.

Optamos por la sustitución del recipiente por uno de 962 litros de la marca Torrecilla modelo RLV-1000 provisto de 3 visores de líquido y doble válvula de seguridad.

- Separador de aceite: Es preciso modificar el separador de aceite puesto que para R134A el mismo equipo tiene un menos rendimiento.  
El separador seleccionado se trata de un Separador de alta eficiencia marca ESK SCHULTZE modelo BOS2-80/67 F de 273x1222 mm con filtros coalescentes.
- Separador de aspiración: ídem al separador de aceite.  
Puesto que existen cuatro líneas de aspiración, se selecciona un separador por aspiración, marca HENRY modelo S-7721 de 264 x 540 mm de dimensiones provisto de intercambiador interior.
- Válvulas solenoide: las válvulas solenoides necesarias para la instalación con R134A y las que son susceptibles de la sustitución son las siguientes:

	DENOMINACIÓN DEL LOCAL	CAPACIDAD KW R134A	SOLENOIDE R134A CON BOBINA
CAMARAS			
1	C. FRUTAS.	3,63	EVO100 - 1/4"S
2	C. PESCADO	3,16	EVO100 - 1/4"S
3	C. RESIDUOS.	1,02	EVO100 - 1/4"S
4	C. LACTEOS	5,00	EVO101 - 1/4"S
5	C. CARNES	3,72	EVO100 - 1/4"S
6	C. EMPACADOS	1,72	EVO100 - 1/4"S
7	C. AVES	2,11	EVO100 - 1/4"S
8	C.PROD.TERMIN.	1,25	EVO100 - 1/4"S
9	C. QUESOS	0,96	EVO100 - 1/4"S
10	C. CHARCUTERIA.	1,42	EVO100 - 1/4"S
11	C. PASTELERIA.	1,27	EVO100 - 1/4"S
12	C. ENVIOS	2,74	EVO100 - 1/4"S
13	C CONSIGNA.	0,76	EVO100 - 1/4"S
14	L. CHARCUTERIA.	2,13	EVO100 - 1/4"S

15	L. CARNES.	2,55	EVO100 - 1/4"S
16	L. PLATOS PREP.	2,13	EVO100 - 1/4"S
17	L. PICADO CARNE.	0,83	EVO100 - 1/4"S
18	L. PESCADO	4,48	EVO100 - 1/4"S
<b>MURALES</b>			
1	FRUTAS 1	2,35	EVO100 - 1/4"S
2	FRUTAS 2	4,69	EVO101 - 1/4"S
3	FRUTAS 3	4,69	EVO101 - 1/4"S
4	FRUTAS 4	4,10	EVO100 - 1/4"S
5	PASTELERIA	5,57	EVO101 - 1/4"S
6	VITRINA CHARCUTERIA 1	1,90	EVO100 - 1/4"S
7	VITRINA CHARCUTERIA 2	1,10	EVO100 - 1/4"S
8	CHARCUTERIA 1	4,68	EVO100 - 1/4"S
9	CHARCUTERIA 2	6,43	EVO101 - 1/4"S
10	CHARCUTERIA 3	7,02	EVO101 - 1/4"S
11	CHARCUTERIA 4	2,92	EVO100 - 1/4"S
12	VITRINA CARNES	2,63	EVO100 - 1/4"S
13	CARNES 1	2,77	EVO100 - 1/4"S
14	CARNES 2	8,37	EVO101 - 1/4"S
15	CARNES 3	10,21	EVO101 - 1/4"S
16	PATES	11,14	EVO101 - 1/4"S
17	MOSTRADOR PESCADO	7,70	EVO101 - 1/4"S
18	MOSTRADOR MARISCO	4,00	EVO100 - 1/4"S
19	PESCADO	5,57	EVO101 - 1/4"S
20	LACTEOS 1	6,43	EVO101 - 1/4"S
21	LACTEOS 2	7,02	EVO101 - 1/4"S
22	CABINA LACTEOS 1	1,46	EVO100 - 1/4"S
23	CABINA LACTEOS 2	1,46	EVO100 - 1/4"S
24	LACTEOS 3	8,77	EVO101 - 1/4"S
25	CABINA LACTEOS 3	1,46	EVO100 - 1/4"S
26	CABINA LACTEOS 4	1,46	EVO100 - 1/4"S
27	VITRINA SALAZONES	1,16	EVO100 - 1/4"S
28	VITRINA ENCURTIDOS	0,54	EVO100 - 1/4"S
29	EXPOSITOR DE ZUMOS	2,40	EVO100 - 1/4"S
30	VITRINA PLATOS PREPARADOS	1,51	EVO100 - 1/4"S
31	VITRINA PASTELERIA	0,86	EVO100 - 1/4"S

### 3.5.2. CALCULO DEL RENDIMIENTO

En este apartado valoraremos el rendimiento de la instalación con el cambio de gas refrigerante a R134A en régimen de positiva con las modificaciones necesarias y explicadas anteriormente.

Partiendo de los datos obtenidos de la producción frigorífica de los compresores con cada uno de los gases, veremos el rendimiento, horas de funcionamiento y consumos eléctricos estimados de cada central para cada tipo de gas, considerando los sistemas mencionados y temperaturas tanto de condensación como de evaporación a las existentes.

## CALCULOS CENTRAL POSITIVA:

4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K		9 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y / CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K	
CALCULOS R404A		CALCULOS R134A	
CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION - 10°C	CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION - 10°C
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	216,61
POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	48,90	POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	30,60
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,47	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	7,08
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,66	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	9,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	227,87	POTENCIA DADA POR COMPRESORES	275,40
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	5.198,62
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,87	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	18,88
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,90	CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	13,72
CONSUMO ELECTRICO Kwh	2.156,86	CONSUMO ELECTRICO Kwh	2.330,89
CONSUMO ELECTRICO Kwh/MES	64.705,89	CONSUMO ELECTRICO Kwh/MES	69.926,59

### 3.5.3. COMPARATIVA DE AHORRO ENERGÉTICO

Lo realmente importante a la hora de realizar el cambio de gas refrigerante, además de los parámetros legislativos que hemos ido mencionando a lo largo del trabajo, es si realmente se obtendrían ahorros energéticos con el cambio, para ello vamos a realizar la comparativa, evaluando la mejora de rendimiento en base al COP y de forma porcentual.

El ahorro económico está basado en un precio de 12 c€/ kWh como precio medio de mercado eléctrico.

#### AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA:

4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y		9 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y	
R404A		R134A	
CONSUMO ELECTRICO kWh	2.156,86	CONSUMO ELECTRICO kWh	2.330,89
CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	64.705,89	CONSUMO ELECTRICO kWh /MES	69.926,59
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES		- 5.220,70 kWh/mes	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		-7.517,81 €/año	
		-8 %	

Una central de R134A por sí misma es más eficiente que una central de R404A para un régimen de temperaturas de media temperatura, pero en este caso al ser un sistema en cascada, la central de R134A asume la carga de condensación de CO<sub>2</sub>, por lo que se incrementa la necesidad frigorífica de la central, consumiendo de forma separada y a priori, más que la existente.

En el siguiente apartado se hará el estudio de la instalación completa, incluyendo el ahorro obtenido con el CO<sub>2</sub> y asumiendo la penalización en R134A.

### 3.5.4. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar la sustitución del gas refrigerante.

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y

por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de CO<sub>2</sub> del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El R134A es un gas con PCA de 1300 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico tras la reconversión del gas con los datos expuestos anteriormente de consumos para ambos refrigerantes y ambos regímenes de trabajo:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	-62.648,40 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	<b>-40.721,46 kg CO<sub>2</sub>/año</b>

La reducción de las toneladas equivalentes debidas a las posibles emisiones fugitivas del gas refrigerante, considerando un 3% de fugas, son:

GAS	PCA	KG GAS	FUGAS	EMISION Kg CO2
R404A	3784	1325	39,75	150.414
R134A	1300	900	27,00	35.100
		<b>REDUCCION</b>		<b>115.314 Kg CO2</b>

### 3.5.5. Valoración económica de la inversión

Las modificaciones necesarias para la realización de la sustitución del refrigerante, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Compresor 6HE-28Y	Ud.	4,00	9.283,00	37.132,00
Válvulas de expansión	Ud.			
Elementos termostáticos TEN2	Ud.	49,00	106,00	5.194,00
Tuberías de cobre ANSI				
2 líneas aspiración de 2 5/8" de servicios	m.	200,00	66,00	13.200,00
Válvulas solenoide	m.	20,00	70	1.400,00
Recipiente de líquido RLV-1000 +válvula de seguridad		1,00	10.862,00	10.862,00
Separador aceite ESK BOS280/67 F	Ud.	1,00	3.289,00	3.289,00
Separador aspiración HENRY S-7721	Ud.	1,00	964,00	964,00
GAS: R134a 780 L (900kg)	Ud.	900,00	12,00	10.800,00
<b>TOTAL MATERIALES SUSTITUCION DIRECTA</b>				<b>82.841,00</b>
MANO DE OBRA (30%)				24.852,30
ACCESORIOS (15%)				12.426,15
IMPREVISTOS (2,5%)				2.071,03
MODIFICACION DE CUADRO DE CENTRAL (20%)				16.568,20
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>138.758,68</b>

#### POSIBILIDAD DE FUGAS ANUALES:

Otro aspecto a considerar en la valoración económica es la posibilidad de fugas en la instalación, factor importante por la existencia del impuesto sobre los gases refrigerantes.

Según la estimación del 3% de fugas que puede darse de forma estadística en las instalaciones el coste en comparación con el R404A sería de:

GAS	KG FUGAS ANUAL	COSTE GAS CON IMPUESTO 2016	IMPORTE
R404A	39,75 kg	87,68 €	3.485,28 €
R134A	27,00 kg	38,00 €	1.026 €

NOTA: Debido al alto PCA del R404A y la tasa de fabricación impuesta a los fabricantes la tendencia del precio del R404A es al alza, por lo que se esperan un incremento considerable del precio de adquisición del R404A.

### 3.5.6. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
138.758,68	-7.517,81 €	0 Años

## 3.6. SUSTITUCIÓN Y MEJORA CON CONDENSACIÓN FLOTANTE:

### 3.6.1. Descripción del sistema

En este apartado vamos a considerar la posibilidad de mejorar de forma eficiente la instalación una vez realizada la sustitución del refrigerante de R404A a R134A, adaptando la instalación para el funcionamiento de la condensación flotante en la central de positiva que es la que condensa con el sistema de condensación por agua existente.

La condensación consiste en dejar fluctuar libremente la condensación, en función de la temperatura ambiente.

La potencia frigorífica del compresor, y por tanto, del circuito frigorífico, depende, básicamente de dos temperaturas: la de evaporación y la de condensación. Cuando la temperatura de condensación baja, la potencia frigorífica aumenta. Cuando la temperatura de evaporación sube, también lo hace la potencia frigorífica.

En esta instalación se tiene regulada la condensación en 50°C debido a que el sistema empleado es mediante condensación por agua en sistema cerrado, al tener que asumir los saltos térmicos del intercambiador multitubular que condensa el gas refrigerante y el salto térmico de los aerofriadores que

refrigeran el agua de condensación, la temperatura de consigna de condensación es mayor a la que normalmente se usa en condensación por aire (en torno a 45°C, dependiendo de la zona climática y el salto térmico seleccionado del condensador, se suele trabajar con DT de 10K).

Si conseguimos bajar la temperatura de condensación manteniendo la de evaporación, obtendremos una mejora sustancial en el rendimiento del equipo.

La regulación y control de la condensación se realiza por medio de un equipo de control electrónico que a través de un transductor de alta presión envía una señal a una válvula de tres vías que impulsa agua hacia los condensadores multitubulares ó by – pasea los mismos. Independientemente de ello por medio de variadores de frecuencia ubicados en el sub-cuadro de aeroenfriadores se actúa sobre las revoluciones de los ventiladores de los mismos para conseguir la temperatura de agua adecuada al funcionamiento de la instalación en cada momento.

En el estudio de la condensación flotante de esta instalación, partimos de la temperatura de condensación que será la ambiente más el salto térmico, que le consideramos de 15°C al tratarse de condensación con agua.

Para determinar la temperatura de condensación en cada mes del año partiremos de las medias de cada mes, facilitadas por el Instituto Nacional de Meteorología para la ubicación del edificio. A esa cifra le sumaremos 15 y obtendremos la temperatura media de condensación en cada mes del año. Los datos concretos son:

### 3.6.2. Estudio del diseño

Partiendo de la ampliación necesaria en la instalación existente para la incorporación del sistema en cascada R134A+ CO<sub>2</sub>, y considerando las modificaciones apuntadas en apartado anterior, para la mejora con condensación flotante se hace necesario la incorporación del sistema de control descrito y los variadores de frecuencia en el cuadro.

### 3.6.3. Calculo del rendimiento

A continuación vamos a detallar los datos obtenidos con condensación flotante para cada régimen de trabajo con el gas R134A:

**DATOS CENTRAL REFRIGERADOS: 9 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y // EVAPORACION -10°C**

<b>DATOS R134A</b>							
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>							
Tª CONDENSACION	20	25	30	35	40	45	50
CAPACIDAD W	47325	44676	41951	39164	36332	33468	47325
POTENCIA KW	9,57	10,48	11,31	12,04	12,7	13,26	9,57
COP	4,94	4,26	3,71	3,25	2,86	2,52	4,94
<b>DATOS POR CENTRAL</b>							
CAPACIDAD KW	425,925	402,084	377,559	352,476	326,988	301,212	425,925
POTENCIA KW	86,13	94,32	101,79	108,36	114,3	119,34	86,13

<b>DATOS R404A</b>	
<b>DATOS POR COMPRESOR:</b>	
Tª CONDENSACION AGUA	50
CAPACIDAD KW	48,9
POTENCIA KW	25,9
COP	1,98
<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
CAPACIDAD KW	195,6
POTENCIA KW	103,6

Podemos observar como aumenta la potencia frigorífica y disminuye la potencia absorbida a medida que se disminuye la temperatura de condensación, resultando unos COP's realmente altos, esto es la base de justificación de la mejora eficiente de la instalación mediante condensación flotante.

### Comparativa de ahorro energético

A continuación vamos a desarrollar los cálculos mes a mes de cada central, con las hipótesis descritas y veremos el ahorro energético estimado anual:

DATOS CENTRAL REFRIGERADOS: 9 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y // EVAPORACION -10°C												
CALCULOS CONDENSACION FLOTANTE R134A												
MES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Tª MEDIA EXTERIOR	5,00	6,60	10,00	12,70	15,80	25,00	35,00	35,00	19,80	14,00	9,00	5,60
Tª CONDENSACION CON DT15	20,00	20,00	25,00	30,00	30,00	40,00	45,00	45,00	40,00	30,00	25,00	20,00
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL CALCULADA	216,61	216,61	216,61	216,61	216,61	216,61	216,61	216,61	216,61	216,61	216,61	216,61
POTENCIA FRIGORIFICA A Tª DE CONDENSACION	47,33	47,33	44,68	41,95	41,95	36,33	33,47	33,47	36,33	41,95	44,68	47,33
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	4,58	4,58	4,85	5,16	5,16	5,96	6,47	6,47	5,96	5,16	4,85	4,58
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	6,00	6,00	6,33	6,66	6,66	7,66	8,33	8,33	7,66	6,66	6,33	6,00
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	283,95	283,95	282,80	279,39	279,39	278,30	278,79	278,79	278,30	279,39	282,80	283,95
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	5.198,62	5.198,62	5.198,62	5.198,62	5.198,62	5.198,62	5.198,62	5.198,62	5.198,62	5.198,62	5.198,62	5.198,62
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	18,31	18,31	18,38	18,61	18,61	18,68	18,65	18,65	18,68	18,61	18,38	18,31
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	9,57	9,57	10,48	11,31	11,31	12,70	13,26	13,26	12,70	11,31	10,48	9,57
CONSUMO ELECTRICO KWh	1.051,26	1.051,26	1.219,48	1.401,55	1.401,55	1.817,20	2.059,69	2.059,69	1.817,20	1.401,55	1.219,48	1.051,26
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	31.537	31.537	36.584	42.046	42.04,	54.516	61.790	61.790	54.516	42.046,	36.584,	31.537,

<b>CALCULOS R404A - AGUA</b>	
<b>CONDENSACION AGUA +50°C</b>	
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68
POTENCIA FRIGORIFICA A T <sup>a</sup> DE CONDENSACION	48,90
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,47
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,66
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	227,87
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,87
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,90
CONSUMO ELECTRICO KWh	2.156,86
CONSUMO ELECTRICO KWh/MES	64.705,89

<b>ANUAL R404A</b>
776.470,69

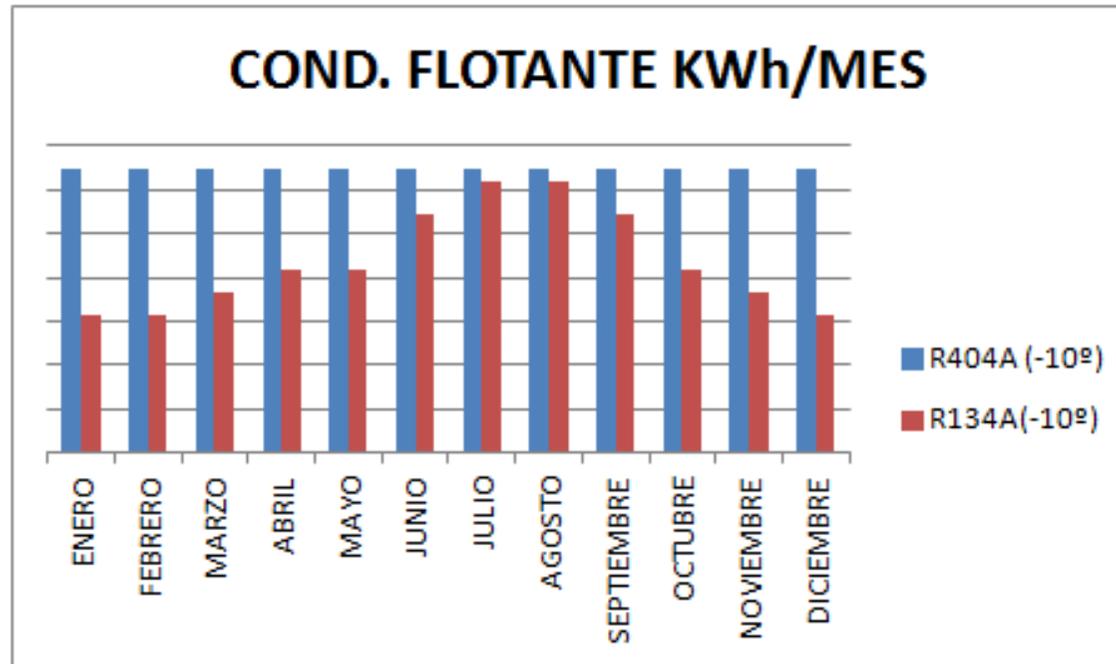


Grafico 52: Condensación flotante R404A &amp; R134a positiva

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA:  
CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K**

4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y		9 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y	
R404A		R134A	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	776.470,69	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	526.535,27
AHORRO ESTIMADO kWh/AÑO // COMPRESORES		<b>249.935,41 kWh/AÑO</b>	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		<b>29.932,25 €/AÑO</b>	
		<b>32%</b>	

### 3.6.4. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar la incorporación del sistema de condensación flotante en la central de positiva tras la sustitución del gas refrigerante.

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

- por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y
- por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de CO<sub>2</sub> del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

El R134A es un gas con PCA de 1300 frente al R404A de PCA 3784.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico tras la incorporación del sistema:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	249.935,41 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	162.458,02 kg CO <sub>2</sub> /año

### 3.6.5. Valoración económica de la inversión

Las modificaciones necesarias para la incorporación del sistema de condensación flotante tras la sustitución del refrigerante, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Control de condensación flotante	Ud.	1,00	1.911,00	1.911,00
Variadores de frecuencia en aroenfriadores	Ud.	24,00	375,27	9.006,48
Válvulas de tres vías motorizadas para agua	Ud.	4,00	886,00	3.544,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>14.461,48</b>
SUSTITUCION DE GAS	Ud.	1,00	138.758,68	138.758,68

<b>TOTAL MATERIALES DIRECTA + FLOTANTE</b>	<b>Ud.</b>			<b>153.220,16</b>
MANO DE OBRA (30%)				4.338,44
ACCESORIOS (15%)				2.169,22
IMPREVISTOS (2,5%)				361,54
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>160.089,36</b>

### 3.6.6. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
160.089,36	29.992,25 €	5,34 Años

### 3.7. AHORRO GLOBAL INSTALACION EN CASCADA R134A + CO2:

#### 3.7.1. Comparativa de ahorro energético

En los apartados anteriores hemos visto las centrales por separado para evaluar las diferencias de cada sistema.

En este apartado vamos a valorar el rendimiento del conjunto para estimar la posible mejora de la sustitución del tipo de sistema y considerando la incorporación del sistema de condensación flotante para el R134A.

Notar, que la central de negativa no es posible la incorporación del sistema de condensación flotante, pues la condensación se realiza mediante un intercambiador de placas con R134A. Las variaciones de necesidad de condensación del CO<sub>2</sub>, las asume la central de R134A. Ésta al ser una central multi-compresor con reducciones de capacidad es capaz de regularse de forma eficiente. Este hecho se considera en los cálculos.

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL POSITIVA: R134A EN CASCADA - EVAPORACION A -10°C  
CONDENSACION AGUA +50°C DE 480KW DT 3K CON CONTROL DE CONDENSACION FLOTANTE**

<b>4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y</b>		<b>9 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y</b>	
<b>R404A</b>		<b>R134A</b>	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	776.470,69	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	526.535,27
AHORRO ESTIMADO kWh/AÑO // COMPRESORES		<b>249.935,41 kWh/AÑO</b>	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		<b>29.992,25 €/AÑO</b>	
		<b>32%</b>	

**AHORRO ENERGETICO CENTRAL NEGATIVA:**

<b>5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K</b>		<b>4 COMPRESORES 2ESL-4K-40 / CONDENSACION -5°C CON R134A</b>	
<b>R404A</b>		<b>C02</b>	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	199.626,31	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	44.899,53
AHORRO ESTIMADO kWh/MES // COMPRESORES		<b>124.726,78 kWh/AÑO</b>	
AHORRO ESTIMADO €/AÑO // COMPRESORES		<b>18.567,21 €/AÑO</b>	
		<b>78%</b>	

**AHORRO TOTAL ESTIMADO**

<b>KWh/AÑO</b>	<b>374.662,19</b>
<b>€/AÑO</b>	<b>48.559,46</b>

### 3.7.2. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar las modificaciones vistas anteriormente (sustitución del gas en positiva, cambio de central de negativa e incorporación de sistema de condensación flotante en la central de positiva).

Como se ha comentado inicialmente, la contribución al efecto invernadero tiene dos vertientes:

por una parte la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y por otro lado, la consideración de las toneladas equivalente de CO<sub>2</sub> del propio gas refrigerante, puesto que el índice GWP (acrónimo del inglés Global-warming potential- GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono.

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	374.662,19 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	243.530,42 kg CO <sub>2</sub> /año

### 3.7.3. Valoración económica de la inversión

Las actuaciones a realizar, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Central CO2	Ud.	1,00	138.765,20	138.765,20
Sustitución de gas r134a	Ud.	1,00	138.758,68	138.758,68
Condensación flotante positiva	Ud.	1,00	160.089,36	160.089,36
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>437.613,23 €</b>

### 3.7.4. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
437.613,23 €	48.559,46 €	<b>10,81 Años</b>

---



# OTRAS MEDIDAS DE AHORRO ENERGETICO

---

OTRAS MEDIDAS DE AHORRO ENERGETICO:

## 1. SUSTITUCIÓN Y ANÁLISIS DE CAMBIO DE CONDENSACIÓN POR AGUA VS CONDENSACIÓN POR AIRE:

### 1.1. Descripción del sistema

La instalación existente consta de un sistema de condensación por agua en circuito cerrado (evitando así los riesgos de legionelosis ([BOE-A-2003-14408](#))) compuesto de forma simplificada por un intercambiador multitubular para la condensación del gas refrigerante para cada central y dos aero enfriadores en cubierta para la refrigeración del agua de condensación.

Vamos a valorar la opción de sustituir el sistema de condensación por agua existente, a una condensación por aire.

La condensación por aire consiste en condensar directamente el gas refrigerante con el aire exterior mediante un intercambiador, normalmente, de ventiladores axiales.

La condensación por aire, presenta la ventaja en este caso de poder condensar a 45°C, partiendo de la temperatura media local para Talavera de la Reina, por lo que a priori, al reducir la temperatura de consigna de condensación, esto supondría un aumento de la eficiencia de los compresores.

Pero el sistema de condensación por aire presenta ciertos inconvenientes que intentaremos detallar.

En primer lugar, veremos la diferencia entre el agua y el aire como diferentes fluidos en base a sus propiedades.

La capacidad del intercambio de calor entre el agua y el aire se basa en su diferencia de calor específico. El agua tiene un calor específico de 4,18 J/g°C, mientras que en el aire (a t° ambiente y presión atmosférica) es de 1,012 J/g°C, por tanto por cada °C (para una misma cantidad de fluido), el agua es

aproximadamente 4 veces más efectivo. Este hecho se traduce directamente en el tamaño del condensador del gas refrigerante, que será mucho más grande para el caso de condensación por aire que por agua.

Otro factor importante es que condensando por agua, debido a su inercia, la condensación es más estable, siendo menos vulnerable a cambios de temperatura instantáneos.

En cuanto a la influencia en la instalación, condensar por agua nos permite no tener gas refrigerante hasta la cubierta, siendo el agua el fluido que hace ese recorrido, por lo que se reducen las posibilidades de fugas en ese tramo.

Por contra, al ser un sistema hidráulico y ascendente, debemos disponer de bombas de impulsión duplicadas, desde la sala de máquinas hasta la cubierta donde se encuentran los aero enfriadores. Estas bombas de impulsión desaparecerían en una condensación por aire, y con ellas su gasto eléctrico.

Cabe destacar que al condensar a temperatura inferior, la necesidad de condensación aumenta debido al aumento de la capacidad frigorífica del compresor, por lo que además de ser superior por el cambio a aire, la potencia calorífica a disipar también es superior.

### 1.2. Estudio del diseño

Tal y como hemos descrito, la condensación por agua necesita:

Intercambiador multitubular para la condensación del gas refrigerante.

Bombas gemelas de impulsión de agua

Red hidráulica y valvulería

Aero enfriadores

La condensación por aire precisa de:

Intercambiador por aire para la condensación del gas refrigerante

Línea de descarga hasta condensador

Vamos a hacer un diseño de maquinaria y accesorios necesarios para la condensación por aire para comparar los resultados con la condensación por agua existente.

Calculo de Maquinaria necesaria,

Se trata de dimensionar un condensador por aire por cada central (optamos por descarga separada para igualar las prestaciones a lo existente).

Calcularemos la necesidad de condensación para una temperatura de condensación de 45°C para el R404A, dimensionaremos la maquinaria necesaria y veremos si sería suficiente para el cambio de refrigerante a R407F para valorar si con la sustitución además habría que ampliar la condensación.

Partiendo de las necesidades de condensación por central para el R404A, la maquinaria necesaria será de:

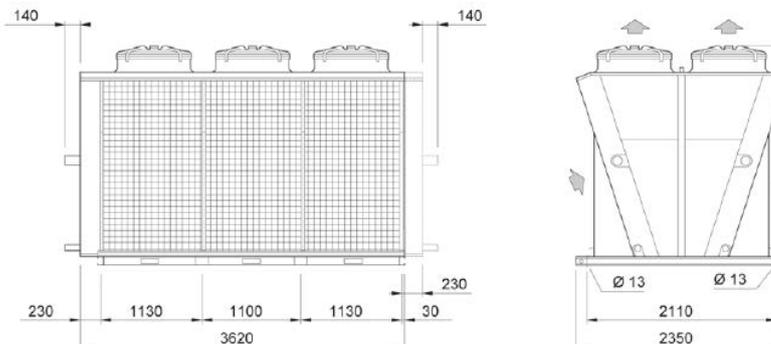
<b>DATOS CENTRAL POSITIVA:</b>	
4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y	
CONDENSACION AIRE +45°C DT10K	
<b>DATOS R404A</b>	
<b>DATOS COMPRESOR:</b>	<b>POR EVAPORACION -10°C</b>
NECESIDAD CONDENSACION KW	79,9
<b>DATOS POR CENTRAL</b>	
NECESIDAD CONDENSACION KW	319,6
<b>CONDENSADOR SELECCIONDO</b>	
ECO LUVATA VCE 806B4-D	

Características del condensador seleccionado: [\(SCELTE 32 2015\)](#)

<b>CONDENSADOR ECO LUVATA VCE 806B4-D</b>	
<b>CAPACIDAD</b>	347,58 KW
DT	10
VENTILADORES	6 X 800 mm
CAUDAL	117.600 M <sup>3</sup> /h
CONSUMO TOTAL	12 KW

Modelo Seleccionado: 1 x VCE 806B4-D

Capacidad	kW	347,575		
DT	°C	10,0	Hot Gas	°C
Tot.Caud.Aire	m3/h	117600	Pres. son. tot. 10 mt.	dB(/



Peso	kg	1850,000		
Superficie externa	m2	1519,00	Superficie interna	m2
Conexión entrada		2 x 70 mm	Conexión salida	
Paso aletas	mm	2.1	Capacidad circuito	dm3
Ventilador	n.	6	Diámetro	mm
Caudal aire	m3/h	117600	Potencia sonora	dB(A)
Conexión	Delta		Velocidad de rotación	r.p.m.
Alimentación	V	Standard	Número de polos	n.
Consumo Total	A	24	Clase de eficiencia	
Potencia nominal	Watt	12000	Potencia absorbida	Watt

**DATOS CENTRAL NEGATIVA:**

5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y  
CONDENSACION AIRE +45°C DT 10 K

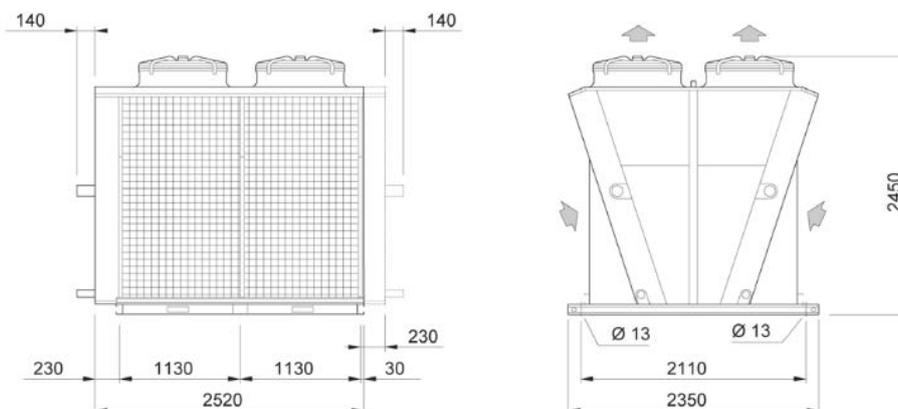
DATOS R404A	
DATOS COMPRESOR:	POR EVAPORACION -35°C
T <sup>a</sup> CONDENSACION AGUA	+50°C
NECESIDAD CONDENSACION KW	26,3
DATOS POR CENTRAL	
NECESIDAD CONDENSACION KW	131,5
CONDENSADOR SELECCIONDO	
ECO LUVATA VCE 804D3-D	

Características del condensador seleccionado: (SCELTE 32 2015)

CONDENSADOR ECO LUVATA VCE 804D3-D	
CAPACIDAD	119,86 KW
DT	10
VENTILADORES	4 X 800 mm
CAUDAL	37.800 M <sup>3</sup> /h
CONSUMO TOTAL	5,76 KW

Modelo Seleccionado: 1 x VCE 804D3-D

Capacidad	kW	119,858			
DT	°C	10,0	Hot Gas	°C	80,0
Tot.Caud.Aire	m <sup>3</sup> /h	37800	Pres. son. tot. 10 mt.	dB(A)	38



Peso	kg	1170,000			
Superficie externa	m <sup>2</sup>	760,00	Superficie interna	m <sup>2</sup>	44,79
Conexión entrada		2 x 54 mm	Conexión salida		2 x 42 mm
Paso aletas	mm	2.1	Capacidad circuito	dm <sup>3</sup>	102,00
Ventilador	n.	4	Diámetro	mm	800
Caudal aire	m <sup>3</sup> /h	37800	Potencia sonora	dB(A)	71
Conexión	Delta		Velocidad de rotación	r.p.m.	440
Alimentación	V	Standard	Número de polos	n.	12
Consumo Total	A	4,8	Clase de eficiencia		B
Potencia nominal	Watt	1480	Potencia absorbida	Watt	1440

### NECESIDADES DE CONDENSACION CON R407F

POSITIVA	318,4 KW
----------	----------

POSITIVA CON -7°C	358 KW
<b>CONDENSADOR SELECCIONADO</b>	
ECO LUVATA VCE 806B4-D - 347,58 KW	
NEGATIVA	104 KW
<b>CONDENSADOR SELECCIONADO</b>	
ECO LUVATA VCE 804D3-D – 119,86 KW	

Comprobamos que esta maquinaria para condensación por aire sería válida para las alternativas de mejora, a pesar de que la necesidad de condensación evaporando a -7°C en la central de positiva es algo superior a la capacidad del condensador, puesto que se ha seleccionado para un DT de 10K, trabajando con evaporación a -7°C pasaría a ser de 10,3K, incremento despreciable.

#### Calculo línea de descarga.

Al cambio a condensación por aire, la línea de descarga, que parte de la salida de los compresores, tiene que llegar hasta la cubierta donde se albergan los condensadores axiales.

Actualmente esta tubería es hidráulica, de 6" de diámetro.

Se trata de dimensionar la línea frigorífica necesaria tanto para la central de positiva como la de negativa.

Para el cálculo se consideran las necesidades de condensación descritas para R407F y una medición de 200m de línea frigorífica

POSITIVA (-10/+45°C) R407F	Tubería de cobre ANSI soldada
Diámetro	2 5/8"
Velocidad	9,53 m/s
Perdida de carga en temperatura equivalente	2,1 K
Perdida de carga en presión	1,15 bar

NEGATIVA (-35/+45°C) R407F	Tubería de cobre ANSI soldada
Diámetro	2 1/8"
Velocidad	6,80 m/s
Perdida de carga en	1,3 K

temperatura equivalente	
Perdida de carga en presión	0,714 bar

### Calculo de accesorios

Puesto que los accesorios a contemplar en este cambio serían los de la línea de descarga, únicamente habría que valorar el separador de aceite de cada central.

Los separadores de aceite diseñados para la instalación existente con R404A en condensación por agua tienen capacidad suficiente para la instalación en condensación por aire, por lo que los separadores de aceite existentes son válidos.

No sería necesaria la incorporación de ningún elemento adicional a la instalación.

En caso de la incorporación del sistema de condensación flotante, serían necesarios los presostatos de alta de condensación, los variadores de frecuencia de los ventiladores y el sistema de control de condensación automático, al igual que en el caso del agua.

### 1.3. Calculo del rendimiento

Para evaluar las diferencias de rendimiento de la condensación por aire, se van a tratar únicamente las diferencias de consumo de los elementos de la parte correspondiente a la condensación, sin tener en cuenta la mejora de rendimiento de compresores al condensar unos grados por debajo.

Por tanto, eliminando las bombas de impulsión de agua y los Aero enfriadores existentes y colocando condensadores axiales para la condensación del gas refrigerante obtenemos:

DATOS MAQUINARIA	
CONDENSACION POR AGUA	POTENCIA
Bombas de impulsión 22 Kw /Ud	22 kw
Aeroenfriadores 12 ventiladores cada uno	11 kw
CONDENSACION POR AIRE	POTENCIA
Condensador positiva	12kw
Condensador negativa	5.96 kw

**CALCULOS CENTRAL POSITIVA:  
4 COMPRESORES BITZER 6HE-28Y**

<b>CALCULOS R404A</b>	
CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION -10°C
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68
POTENCIA FRIGORÍFICA A T <sup>a</sup> DE CONDENSACIÓN MARCADA	48,90
N° COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	3,47
N° COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	4,66
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	227,87
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	17,87
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	25,90
<b>CONSUMO ELECTRICO CONDENSACION KWh/MES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>

<b>CALCULOS R407F</b>	
CONDENSACION AIRE +45°C	EVAPORACION -10°C
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	169,68
POTENCIA FRIGORÍFICA A T <sup>a</sup> DE CONDENSACIÓN MARCADA	59,80
N° COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	2,84
N° COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	3,66
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	218,87
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	4.072,22
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	18,61
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	24,40
<b>CONSUMO ELECTRICO CONDENSACION KWh/MES</b>	<b>6.480</b>

**CALCULOS CENTRAL NEGATIVA:**

## 5 COMPRESORES BITZER 4FE-28Y/ CONDENSACION AGUA +50°C DE 170 KW DT 3K

CALCULOS R404A		CALCULOS R407F	
CONDENSACION AGUA +50°C	EVAPORACION -35°C	CONDENSACION AIRE +45°C	EVAPORACION -35°C <b>CON CIC</b>
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ HORA TOTAL EXISTENTE	21,63
POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	11,69	POTENCIA FRIGORÍFICA A Tª DE CONDENSACIÓN MARCADA	12,26
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,85	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO TEORICO	1,76
Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	3,00	Nº COMPRESORES FUNCIONANDO REAL	2,50
POTENCIA DADA POR COMPRESORES	35,07	POTENCIA DADA POR COMPRESORES	30,65
POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00	POT. FRIGORIFICA REQUERIDA/ DIA	519,00
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	14,80	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	16,93
CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	12,49	CONSUMO ELECTRICO w/h POR COMPRESOR	11,08
CONSUMO ELECTRICO CONDENSACION KWh/MES	<b>OBSERVACION ES</b>	CONSUMO ELECTRICO CONDENSACION KWh/MES	3.196,80

El consumo eléctrico de condensación de la instalación con R404A ha de calcularse de forma diferente, ya que la descarga hidráulica la realiza de forma común, bombeando hasta los Aero enfriadores el total del agua caliente proveniente de los dos intercambiadores multitubulares.

Por tanto, considerando un régimen de funcionamiento medio de 18h (datos medios según cálculos), para un consumo de 22kw por bomba en su punto de trabajo y un consumo de 11kw de los ventiladores de los Aero enfriadores:

CONSUMO ELECTRICO CONDENSACION			
R404A – AGUA + 50°C		R407F – AIRE +45°C	
KWh/AÑO	213.840	KWh/AÑO	116.121,6

Vemos que energéticamente hablando, la condensación por aire en comparación con el sistema existente de condensación por agua, es más eficiente.

Esto ocurre por un diseño de la instalación existente poco eficiente, se podría llegar a condensar con agua a +45°C debido a que el último salto térmico lo absorbe el agua y no el gas refrigerante y con ello los compresores.

#### 1.4. Comparativa de ahorro energético

AHORRO ENERGETICO - CONDENSACION POR AIRE:			
R404A- AGUA		R407F -AIRE	
CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	213.840	CONSUMO ELECTRICO kWh /AÑO	116.121
AHORRO ESTIMADO kWh/AÑO //		97.719 kWh/AÑO	
COMPRESORES			
AHORRO ESTIMADO €/AÑO //		11.726,28 €/AÑO	
COMPRESORES			

#### 1.5. Valoración de mejora medioambiental

En este apartado vamos a considerar las mejoras ambientales que obtenemos al realizar el cambio a condensación por aire.

En este caso solo tendremos en cuenta la contribución al efecto invernadero por la emisión de dióxido de carbono por el consumo eléctrico y

Vamos a calcular la reducción de emisiones debidas al consumo eléctrico:

AHORRO CONSUMO ELECTRICO	97.719,00 kWh/ año
REDUCCION EMISIONES CO2	63.517,35 kg CO <sub>2</sub> /año

### 1.6. Valoración económica de la inversión

Las actuaciones a realizar, valoradas económicamente son:

CONCEPTO	SI	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Condensación Positiva VCE806B4-D	Ud.	1,00	12.100,00	12.100,00
Condensación Negativa VCE804D3-D	Ud.	1,00	8.500,00	8.500,00
Línea de descarga				
Positiva 2 5/8"	m.	200,00	66,00	13.200,00
Negativa 2 1/8"	m.	200,00	40,92	8.184,00
TOTAL MATERIALES				41.984,00
MANO DE OBRA 30%	Ud.			12.595,20
INSTALACION + ACCESORIOS 15%	Ud.			6.297,60
IMPREVISTOS 2,5%	Ud.			1.049,60
<b>TOTAL PARTIDAS</b>				<b>61.926,40 €</b>

### 1.7. Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de la inversión de la inversión se obtiene contrastando el coste de la inversión frente al ahorro económico obtenido tras la operación.

COSTE INVERSION	AHORRO ECONOMICO	PERIODO DE RETORNO
61.926,40 €	11.726,28 €	5,28 Años

## 2. DESESCARCHES POR GAS CALIENTE

Varios métodos se utilizan comúnmente para eliminar la escarcha (hielo) acumulada en los evaporadores que funcionan por debajo de cero grados como son mediante:

- Agua
- Eléctrico
- **Gas caliente.**

El desescarche por gas caliente consiste básicamente en que el evaporador se convierte en un condensador. Durante el proceso de descongelación por gas caliente a alta presión desde el lado de descarga del compresor, se introduce gas en el evaporador de forma controlada, donde se condensa de nuevo a su estado líquido. Su eficacia se basa en que emplea el calor latente del refrigerante que ya teníamos caliente, sin tener que emplear otra fuente de energía exterior para el desescarche.

Para realizar el desescarche por gas caliente, es necesario que algún compresor esté en funcionamiento para poder producir el gas caliente, lo cual obliga a tener ciertos servicios también en funcionamiento. En muchos casos es necesario forzar la producción frigorífica en ciertos servicios para asegurar el funcionamiento mínimo de capacidad en los compresores y producir el gas caliente necesario para el desescarche. Debido a esta causa, sólo se puede realizar el desescarche en un número de servicios de forma que como máximo solo se debe desescarchar entre un 20% -30% del total de la instalación.

Aunque hay varios sistemas de desescarche por gas caliente ( a dos, o un tubo) por lo general, el líquido condensado es se envía directamente a otros evaporadores.

El desescarche por gas caliente al igual que ofrece la ventaja de prescindir de las resistencias eléctricas (aumento del consumo energético), también tiene sus inconvenientes como son:

- No debe emplearse en sistemas en los que únicamente haya un servicio puesto que se fuerza al arranque del compresor para generar los gases calientes, penalizando la eficiencia energética global del sistema, teniendo que realizar ajustes en la instalación para poder hacer la inversión del ciclo.
- En sistemas con CO<sub>2</sub> subcrítico no puede utilizarse debido a las diferencias de presiones en el evaporador.
- Dependiendo del sistema de desescarche por gas caliente, si no está bien controlado, puede provocar una problemática en la línea de líquido (si el sistema es a un tubo, ya que al entrar el líquido condensado procedente del desescarche, en los periodos de final de

desescarche es posible que no todo el gas se haya condensando entrando gas en la línea de líquido para otros servicios (efecto flash gas en las válvulas de expansión, pérdida de rendimiento en el evaporador al entrar menor cantidad de líquido...)

Por otra parte, la frecuencia de los deshielos y la cantidad de escarcha acumulada también afectan la eficiencia de descongelación, es decir, más hielo acumulado directamente tiende a aumentar la eficiencia de deshielo

En nuestro caso tratamos de un desescarche por gas caliente en sistema de expansión directa con centrales de compresores.

### **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

En estas instalaciones, debido a sus características se puede sacar el rendimiento máximo a este tipo de desescarche. En ellas se utiliza el calor del gas de descarga (latente y/o sensible) o el calor sensible del líquido para fundir el hielo de la instalación.

El principio básico del funcionamiento de estos sistemas es la desviación de parte del refrigerante a alta temperatura del gas de descarga, del gas caliente del recipiente o del líquido del recipiente a los evaporadores en los cuales se quiere realizar el desescarche.

El gas o líquido entran en el evaporador, se enfrían, condensan y/o sub-enfrían, y a través de una válvula de retención, salen de nuevo a la línea de líquido, al recipiente, o a la entrada del condensador. Para que el fluido pueda circular por el evaporador y volver a la línea de líquido es necesario crear una diferencia de presión durante el desescarche en la línea principal (vapor o líquido). Esta diferencia de presión  $\Delta P$  se sitúa entre 1 y 2 bar, siendo uno de los puntos más críticos en el desescarche por gas caliente. Conviene recordar que la válvula generadora de la diferencia de presión entre 1 y 2 bar, está en una línea de vapor o líquido por la cual pasa fluido, durante el funcionamiento normal y durante el desescarche. Esto nos indica que la válvula en el proceso normal generará una pérdida de presión superior a 0,2 bar, y durante el desescarche una pérdida de presión entorno a 1,5 bar. Esto significa que si la válvula generadora de esta diferencia de presión está ubicada en la línea de líquido, nos puede aparecer vapor (flash gas) durante el desescarche y quizás también durante el funcionamiento normal. Para evitar la formación de flash gas se recomienda colocar dicha válvula en la línea de vapor antes del condensador o colocar un sub-enfriador de líquido antes de la válvula.

### **AHORRO ENERGETICO:**

En nuestro caso, todos los servicios que trabajen a temperaturas por debajo de 4° C están provistos de desescarche eléctrico, al incorporar el sistema de desescarche por gas caliente, con los componentes que hemos ido describiendo, y considerando en media temperatura un desescarche de 30 min cada seis horas de trabajo y cada 4 horas en congelados, el ahorro energético estimado es de:

	LOCAL	EVAPORADORES	Tª	DESECARCHE ELECTRICO W
1	C. FRUTAS.	CUBICO AIRE	4/6	0
2	C. PESCADO	CUBICO ED	0/2	1800
3	C. RESIDUOS.	CUBICO ED	4/6	750
4	C. LACTEOS	CUBICO ED	2/4	2700
5	C. CARNES	CUBICO ED	0/2	1750
6	C. EMPACADOS	CUBICO ED	2/4	750
7	C. AVES	CUBICO ED	0/2	1275
8	C.PROD.TERMIN.	SEMIPLAFON AIRE	2/4	0
9	C. QUESOS	CUBICO ED	2/4	750
10	C. CHARCUTERIA.	CUBICO ED	2/4	750
11	C. PASTELERIA.	CUBICO ED	0/2	750
12	C. ENVIOS	CUBICO ED	2/4	1275
13	C CONSIGNA.	SEMIPLAFON AIRE	2/4	0
14	L. CHARCUTERIA.	PLAFON	10/12	0
15	L. CARNES.	PLAFON	10/12	0
16	L. PLATOS PREP.	PLAFON	10/12	0
17	L. PICADO CARNE.	SEMIPLAFON AIRE	10/12	0
18	L. PESCADO	PLAFON	10/12	0
<b>TOTAL RESISTENCIAS CAMARAS REFRIGERADOS</b>				<b>12.550 W</b>
19	C. CONGEL. GENERAL	CUBICO ED	-20/-22	1750
20	C. CONGEL. ENVIOS	CUBICO ED	-20/-22	750
21	C. CONGEL. PASTELERIA.	CUBICO ED	-20/-22	750
22	C. CONGEL. PLATOS PREP	SEMIPLAFON AIRE	-20/-22	650
<b>TOTAL RESISTENCIAS CAMARAS CONGELADOS</b>				<b>3.900 W</b>

#### CAMARAS REFRIGERADOS

$12.550 \text{ w} \times 0.5\text{h/día} \times 3 \text{ d/día} = 18.825 \text{ w/día} = 564.750 \text{ w/mes} = 564 \text{ kWh/mes.} = 6.777 \text{ kWh/año} (813,24\text{€})$

#### CAMARAS CONGELADOS

$3900 \text{ w} \times 0.5\text{h/día} \times 6 \text{ d/día} = 11.700 \text{ w/día} = 351.000 \text{ w/mes} = 351 \text{ kWh/mes.} = 4.212 \text{ kWh/año} (505,44 \text{ €})$

**MURALES REFRIGERADOS**

$31.000 \text{ w} \times 0.5\text{h/día} \times 3 \text{ d/día} = 46.500 \text{ wh/día} = 1.395 \text{ kWh/mes} = 16.740 \text{ kWh/año} (2.008,80 \text{ €})$

**MURALES CONGELADOS**

$15.000 \text{ w} \times 0.5\text{h/día} \times 6 \text{ d/día} = 45.000 \text{ wh/día} = 1.350 \text{ kWh/mes} = 16.200 \text{ kWh/año} (1.944 \text{ €})$

**TOTAL: 43.929 KWH/ AÑO // 5.271,48 €**

### **3. APROVECHAMIENTO DEL CALOR RESIDUAL PARA CLIMATIZACION / ACS**

Una alternativa para el aprovechamiento de la energía residual sería la utilización del calor de condensación para el sistema de climatización y agua caliente sanitaria del edificio. Así, para la recuperación de energía para Agua Caliente Sanitaria, se puede disponer del aprovechamiento de la energía residual, procedente de la compresión del refrigerante en la central frigorífica de temperatura positiva.

La aportación de energía por esta recuperación, para calentamiento de A.C.S. no pretendería sustituir la necesaria para su disposición, sino más bien un apoyo cuya magnitud dependerá de la época y del funcionamiento de la Central de Temperatura Positiva.

La principal fuente de energía vendría dada por una fuente eléctrica ajena a la instalación frigorífica, que aseguraría la disposición tanto de la temperatura necesaria como del cumplimiento de las disposiciones para control de la legionelosis.

- Los principales componentes del sistema serían:

Intercambiador multitubular en serie con el condensador y entre éste y el separador de aceite. con  $6 \text{ K } \Delta t$ .

3 válvulas para formar “bypass” en la línea de compresión, que permita independizar el anterior elemento en caso de avería.

En la descarga general de la central de temperatura positiva, un intercambiador refrigerante/agua, tipo multitubular, de cabezales desmontables para aprovechamiento de energía que podría ir incorporado en el conjunto de la central frigorífica, dentro de la sala de máquinas.

Este intercambiador debe disponer de un “bypass” de válvulas manuales en la línea de compresión, para independizarlo en caso necesario sin por ello afectar al funcionamiento de la Central Frigorífica.

Puesto que las necesidades de condensación existentes para R404A son de 300 kW para la central de positiva y 121 kW para la central de negativa, con el intercambiador para el aprovechamiento del calor de condensación, se podría usar esa potencia para el calentamiento del agua de uso para ACS. Al no disponer de los datos de necesidades de ACS y climatización del edificio no se puede estimar el porcentaje de ahorro que se obtendría, sin embargo puede observarse que es una medida de eficiencia energética muy interesante con relativamente poca inversión en modificaciones.

#### **4. DESCRIPCION DE EVAPORACION FLOTANTE**

La evaporación flotante consiste en ajustar la presión de evaporación de compresores en función de la demanda frigorífica de cada servicio. Conocer las fluctuaciones de demandas de los servicios es muy complejo, puesto que habría que conocer tanto las presiones de evaporación y recalentamientos de evaporador, así como el servicio más desfavorable para no limitar su punto de consigna al subir las temperaturas de evaporación de la central.

Al igual que se comentó en la condensación flotante, la potencia frigorífica del compresor, y por tanto, del circuito frigorífico, depende, básicamente de dos temperaturas: la de evaporación y la de condensación. Cuando la temperatura de condensación baja, la potencia frigorífica aumenta. Cuando la temperatura de evaporación sube, también lo hace la potencia frigorífica.

En esta instalación se tiene regulada la evaporación en  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  en central de positiva y  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  en negativa, vamos a ver cómo afectaría poder evaporar más alto. (Se considera la temperatura de condensación de proyecto:  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

<b>POSITIVA R404A - 6HE-28Y</b>	<b>COP 1.88 (100%)</b>	<b>COP 2.04 (108%)</b>	<b>COP 2.15 (114%)</b>
<b>Tª EVAPORACION</b>	<b><math>-10\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>	<b><math>-7\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>	<b><math>-5\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>
<b>NEGATIVA R404A - 4FE-28Y</b>	<b>COP 0.94 (100%)</b>	<b>COP 1.02 (108%)</b>	<b>COP 1.14 (121%)</b>
<b>Tº EVAPORACION</b>	<b><math>-35\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>	<b><math>-32\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>	<b><math>-28\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>

Si conseguimos subir la temperatura de evaporación, obtendremos una mejora sustancial en el rendimiento del equipo, aproximadamente en torno a un 3% de aumento de COP por cada  $^{\circ}\text{C}$  que se eleva la evaporación.

La regulación y control de la evaporación flotante es complejo, teniendo que disponer de válvulas de expansión termostáticas por cada servicio y un autómatas que los gestione, y ajuste los recalentamientos y presiones de evaporación por servicio.

---



# FUTURO CERCANO

---

## FUTURO CERCANO:

### DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS POSIBLES DE GASES REFRIGERANTES EN UN FUTURO CERCANO

Hemos visto a lo largo del trabajo los inconvenientes por lo que está pasando el sector de la refrigeración industrial, tanto a nivel técnico como a nivel legislativo, encontrar una solución que cumpla con todos los criterios por lo que hasta la fecha se basaba el diseño de una instalación, se hace actualmente una labor casi imposible.

A modo resumen, podemos mostrar una tabla con los posibles gases refrigerantes que están actualmente en uso y su futuro cercano para reconversiones.

APLICACIÓN	USO	EXISTENTES	PCA (4° R)	POCO CONOCIDOS	RECIENTES	PCA (4° R)	OBSERVACIONES DE DATOS CONOCIDOS		DESCONOCIDOS ACTUALMENTE	FUTURO CERCANO	PCA (4° R)	OBSERVACIONES
					HFC/HFO		VENTAJAS	INCONVENIENTES		HFO/HFC		
					A1					A2		
ALTA Y MEDIA T°	NUEVA Y EXISTENTE	R-134A	1430	R513A (XP-10)	631	-	-	R1234 yf	4	INFLMABLES - LIMITACIONES DE USO POR NORMATIVA		
		R-450A (N-13)	601	R450A (N-13)	601	BAJO PCA	MENOR COP	R1234 ze	7			
		EXISTENTE	R-404A	3922	R449A (XP-40)	1397	MENOR PCA / COP SIMILAR	SIN HOMOLOGACIONES DE FABRICANTES	DR-7	246	DESCONOCIDO	
			R-507A	3985	R448A (N-40)	1386	MENOR PCA / COP SIMILAR		L-40	aprox 300	DESCONOCIDO	
			R-407F	1825	R442A	1888	-	-				
		NUEVA Y EXISTENTE	R-404A	3922	R407A	2107	-	-	DR-7	246	DESCONOCIDO	
	R507A		3985	R449A (XP-40)	1397	MENOR PCA / MEJOR COP	SIN HOMOLOGACIONES DE FABRICANTES	L-40	aprox 300	DESCONOCIDO		
				R448A (N-40)	1386	MENOR PCA / MEJOR COP						
				R-407F	1825	MENOR PCA / COP SIMILAR	ENFRIAMIENTOS ADICIONALES E INYECCION DE LIQUIDO					
				R407A	2107	-	-					

		OBSERVACIONES			
APLICACIÓN	ALTA Y MEDIA Tª	INST. NUEVA	R134A	- Menor impuesto de todos los HFC. - Reconversión futura a HFO 1234yf / ze posible sin cambios en la instalación. - COP ventajoso.	
			R1234-yf/ze	- No sujetos al impuesto (PAO < 150) - Instalación similar a R-134a (más yf que ze) - Ligeramente inflamables (A2L) - COP ventajoso	
			R407F/N-40/XP-40	- Impuesto medio/alto. - Deslizamiento elevado. - COP ventajoso.	
			CO2 TRANSCRITICO	- No sujeto al impuesto (PAO < 150) - Nueva tecnología instalación PS=120 bar - COP perjudicado Tamb>18°C.	
			HFC/HFO (R450A)	- N-13 (-12%) / XP-10 (igual R-134a) - GWP 600	
		INST. EXISTENTE/ RECONVERSIÓN DE R404A	R407F/N-40/XP-40	- Impuesto Medio / Alto pero reducción - Deslizamiento elevado (6,4 K) - Mejor Pot. Frig - Mejor COP	
			HFC/HFO	- Analizar cada caso. - Sin información disponible.	
			CO2 SUBCRITICO /	- No sujeto al impuesto (PAO < 150) - Tecnología similar actual. - COP ventajoso en sistema híbrido con	
			CO2 TRANSCRITICO	- No sujeto al impuesto (PAO < 150) - Nueva tecnología instalación PS=120 bar - COP perjudicado Tamb>18°C.	
			R407F	- Impuesto medio/alto. - Deslizamiento elevado. - COP ventajoso. - Atención temperaturas descarga elevadas: enfriamiento adicional compresores	
		INST. NUEVA	BAJA CARGA DE GAS	- Menor riesgo fugas - Sistemas herméticos - Reducción pago impuesto	
			HFC/HFO	- N-40 / XP-40 - GWP 1300-1400	
			INST. EXISTENTE/ RECONVERSIÓN DE R404A	R407F	- Impuesto Medio / Alto pero reducción - Deslizamiento elevado (6,4 K) - Menor Pot. Frig (-5%) - Mejor COP - Atención a la temperatura de descarga.
				HFC/HFO	- Buenos COP y Pot. Frig. - Inflamables - ¿? Evolución normativa - Posible muebles frio incorporado carga inferior a 200 gr

Todo esto nos hace pensar que el impacto de las obligaciones a las que están sometidas las instalaciones frigoríficas hará que se tengan que modificar las

tecnologías de la refrigeración, cabe pensar que la tendencia va a ser, a priori y a falta de un largo camino de investigación por parte de los fabricantes de gases refrigerantes, la siguiente:

**Tipología de nueva instalación media temperatura:**

- Expansión directa con refrigerantes bajo PCA: a medida que se vayan introduciendo nuevos gases, las alternativas serán más amplias.
- Uso de fluido secundario como el agua glicolada, con enfriadoras trabajando con:
  - R-134a/N-13/XP-10/R-1234yf/ze
  - NH3
  - Hidrocarburos
- Uso del CO2 bombeado con generador de frío mediante enfriadora de CO2
- Instalaciones con baja carga de refrigerante: Para limitar la posibilidad de fugas, descentralizar los sistemas.
- retorno a unidades condensadoras/ multi-circuitos.
- Instalaciones con baja carga de refrigerante: condensadas por agua tipo REFLESS
- Instalación de NH3 bombeado. Excluido en el sector alimentario al ser tóxico.
- CO2 transcrito: En España será de poca aplicación por las temperaturas medias exteriores, además de ser una instalación que trabaja a muy altas presiones.

**Tipología de nueva instalación sólo baja temperatura:**

- Expansión directa con refrigerantes bajo PCA: a medida que se vayan introduciendo nuevos gases, las alternativas serán más amplias.
- Uso de fluido secundario como el agua glicolada, con enfriadoras trabajando con:
  - R-134a/N-13/XP-10/R-1234yf/ze
  - NH3
  - Hidrocarburos
- Instalaciones con baja carga de refrigerante: retorno a unidades

condensadoras/ multi-circuitos.

- Instalaciones con baja carga de refrigerante: condensadas por agua tipo REFLESS

- Instalación de NH3 bombeado

- Instalaciones con HC (propano/propileno): baja carga

**Tipología de nueva instalación media + baja temperatura:**

- Sistema en casaca con central de Alta temperatura en R-134 y Baja con CO2 en régimen subcrítico

- Alta Enfriadoras de glicol con:

- R-134a/N-13/XP-10/R-1234yf/ze

- NH3

- Hidrocarburos

- Baja con CO2 subcrítico (condensado por refrigerante o por glicol)

- Enfriadora de CO2: bombeado en alta y subcrítico en baja

- Alta R-134a y baja unidades REFLESS en cascada

- Booster NH3

- Booster CO2: transcrito en alta y subcrítico en baja

Como podemos ver, las tecnologías que se prevén que pueden irse introduciendo en el mercado son muy diferentes a las usadas hasta la actualidad, donde se basaban en la tecnología de la compresión simple mediante expansión directa, amoniaco bombeado o inundado y alguna instalación de CO2.



---



# CONCLUSIONES

---

CONCLUSIONES:

## 1. ANALISIS DE LA RECONVERSION DE R404A:

### 1.1. Datos de los sustitutos del R404A

NOMBRE	PCA	F-GAS	GLIDE	COMPOSICION	PRECIO COMPRA GAS (€)	PRECIO IMPUESTO 2016	PRECIO TOTAL (€) (2016)	TIPO DE MEZCLA
R404A	3784	NO	0.7	R-125 (44%) R143A (52%) R134a (4 %)	12,00	75,68	87,68	AZEOTROPICA (**)
R407F	1705	OK (*)	6.4	R-32 (30%) R125 (30%) R134a (40%)	22,00	34,10	56,10	ZEOTROPICA
R449A	1300	OK	4.3	HFC-32 (24.3%) HFC-125 (24.7%) HFC-R134a (25.3%) HFO 1234yf (25.7%)	35,00	26,15	61,15	ZEOTROPICA
R134A	1300	OK	0	PURO	12,00	26,00	38,00	
CO2	1	OK	0	PURO	1,10	0,00	1,10	
R450A	546	OK	0.6	R134a (42%) HFO R1234ze (58%)	44,00	10,92	54,92	AZEOTROPICA (**)

(\*) Prohibido su incorporación en nuevas centrales frigoríficas multicompresor compactas con capacidad >40 KW para uso comercial, que contengan HFC con GWP>150, excepto circuitos primarios de refrigerantes en cascada que podrán emplearse gases con PCA<1500.

(\*\*) No se trata de mezcla azeotrópica pura, puesto que existe un deslizamiento, pero al ser muy pequeño se puede considerar despreciable.

Hemos comentado al inicio del trabajo que los costes de adquisición de los gases es un factor que actualmente se está teniendo muy en cuenta debido al impuesto medioambiental que los grava (BOE-312-2013), si representamos gráficamente su coste actual, vemos como en el caso del R404A su coste es muy elevado, siendo el R134A la opción más económica, y también la,

previsiblemente, la más estable dentro del mercado gasista. Los gases R407F y R449A se verán influenciados con el paso del tiempo por una variedad de variables que encarecerán su costo de adquisición. (AEFYT)

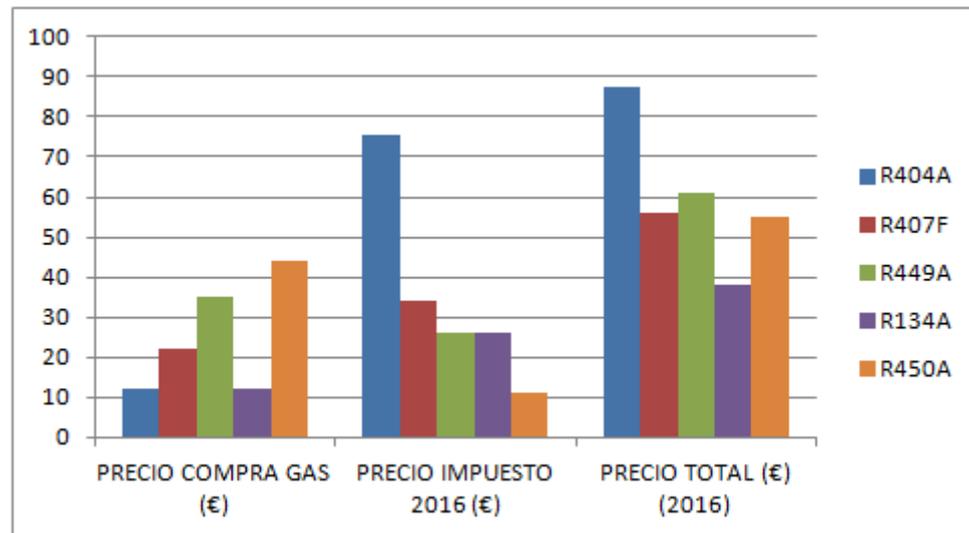


Grafico 53: Comparativa de Precios adquisición de gases

## 1.2. Tablas resumen sustitución del R404A

### 1.2.1. Características:

GAS	GLIDE	ACEITE	CAMBIO DE ACEITE	CAMBIO LINEA DE LIQUIDO	CAMBIO LINEA ASPIRACION	CAMBIO LINEA DESCARGA	CAMBIO / RETIMBRADO RECIPIENTE	TARADO VALVULA SEGURIDAD	PRESION (bar)	CAMBIO VALVULA EXPANSION	CAMBIO MAQUINARIA
R404A	0.7	POE							23.11		
R407F	6.4	POE	NO	SI (*)	NO	NO	RETIMBRADO	SI	24.31	SI	NO NECESARIOS ENFRIAMIENTOS ADICIONALES
R449A	4.3	POE	NO	SI (**)	NO	NO	RETIMBRADO	SI	23.49	SI (**)	NO
R134A	0	POE	NO	NO	SI	NO (***)	CAMBIO	SI	13.20	SI	SI
CO2	0	POE	NO	SI	SI	SI	CAMBIO	SI	30 (-5°C)	SI	SI - COMPELTO
R450A	0.6	POE	NO								

(\*) Como se comenta en el apartado 1.3.5 “Observaciones al presupuesto”, la línea de líquido podría no ser precisa su sustitución.

(\*\*) En la actualidad los datos para calculo con R449A son bastante escasos, por lo que se han propuesto estimaciones, es posible que no fuese necesario su modificación.

(\*\*\*) Tal y como se explica en el apartado 3.5.1.4, en este caso tras el cálculo de la línea de descarga necesaria, no es necesario su sustitución, aunque habrá casos en los que sea preciso, por lo que se recomienda su cálculo individualizado por instalación.

**1.2.2. Rendimientos:**

		R404A	R407F	R449A	R134A	CO2
POT. FRIGORIFICA EN COMPRESOR	POSITIVA (-10°C / +50°C)	100%	111%	104%	63%	
	NEGATIVA (-35°C / +50°C)	100%	85%	97%		
POT. FRIGORIFICA EN EVAPORADOR	POSITIVA (-10°C / +50°C)	4,70%	3,14%	3,35%	3,27%	
	NEGATIVA (-35°C / +50°C)	5,05%	3,02%	3,36%		
CONDENSACION	POSITIVA (-10°C / +50°C)	100%	106%	101%	118%	
	NEGATIVA (-35°C / +50°C)	100%	86%	94%		
COP	POSITIVA (-10°C / +50°C)	100%	113%	109%	119%	
	NEGATIVA (-35°C / +50°C)	100%	97%	106%		444%
CAUDAL MASICO	POSITIVA (-10°C / +50°C)	100%	72%	76%	46%	
	NEGATIVA (-35°C / +50°C)	100%	51%	67%		
Tª DESCARGA	POSITIVA (-10°C / +50°C)	100%	126%	120%	104%	
	NEGATIVA (-35°C / +50°C)	100%	CIC	134%		

Podemos observar que no hay un sustituto que sea el “óptimo” para los dos regímenes de trabajo, y que cumpla los criterios de bajas temperaturas de descarga, alto COP y a la vez baja necesidad de condensación, compaginado con el cumplimiento medio-ambiental y económico.

A continuación se hará ilustración grafica de los resultados que siempre se reflejan, visualmente, mejor los resultados.

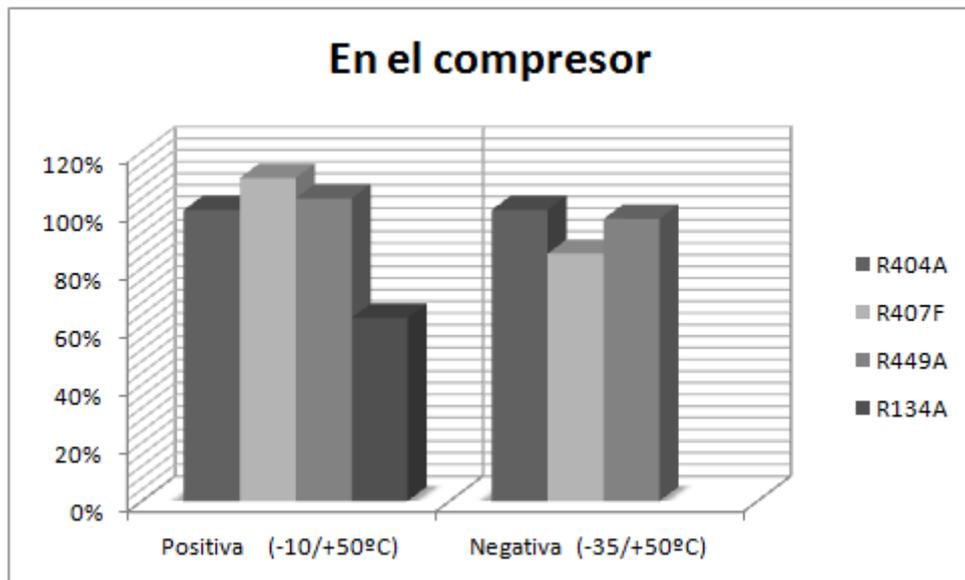


Grafico 54: Comparativa de potencias frigoríficas en el compresor

Candidato: A priori no se podría decidir entre R407F y R449A, habría que considerar otro parámetro para decidir.

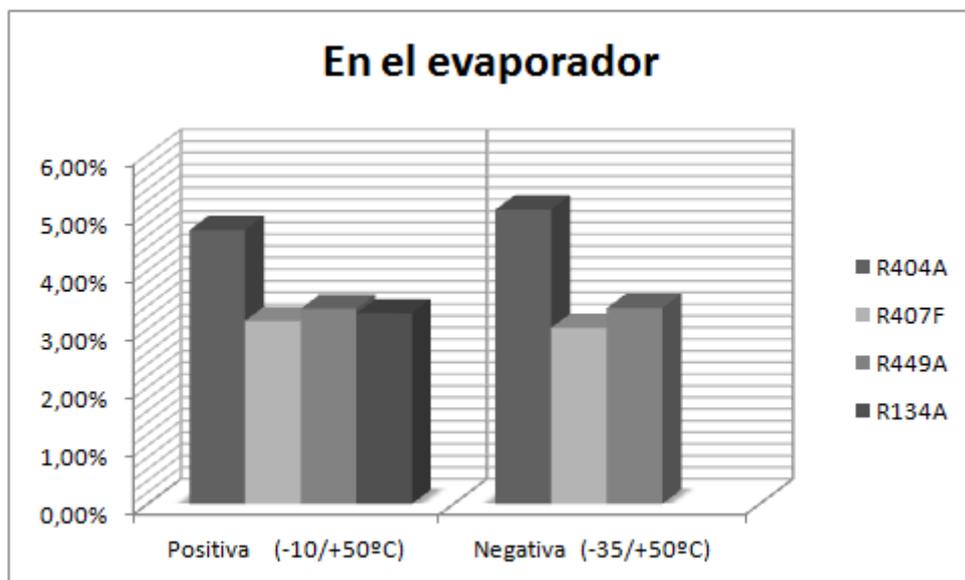


Grafico 55: Comparativa de potencias frigoríficas en el evaporador

Candidato: El R407F es el que menor pérdida de rendimiento tiene en el evaporador.

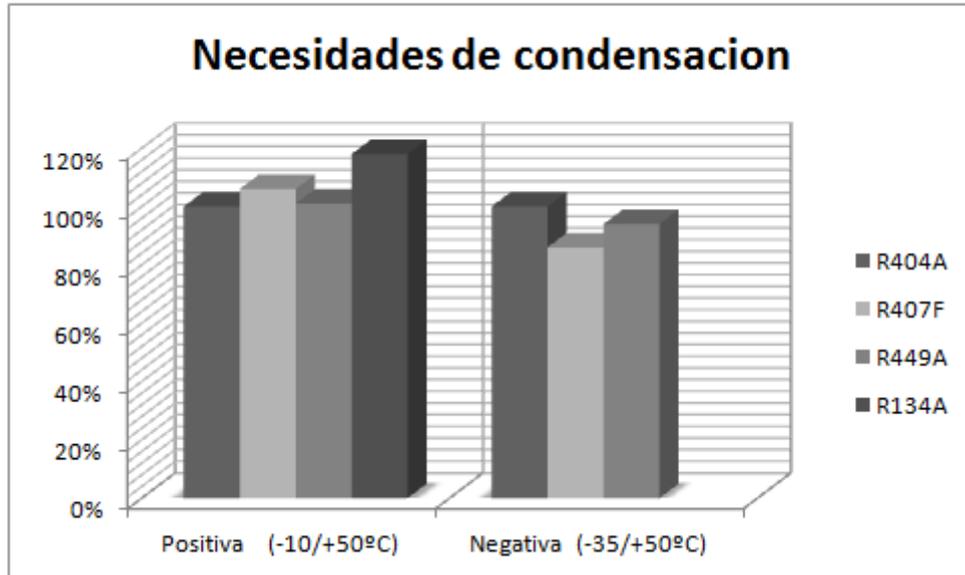


Grafico 56: Comparativa de necesidades de condensación

Candidato: A priori no se podría decidir entre R407F y R449A, habría que considerar otro parámetro para decidir.

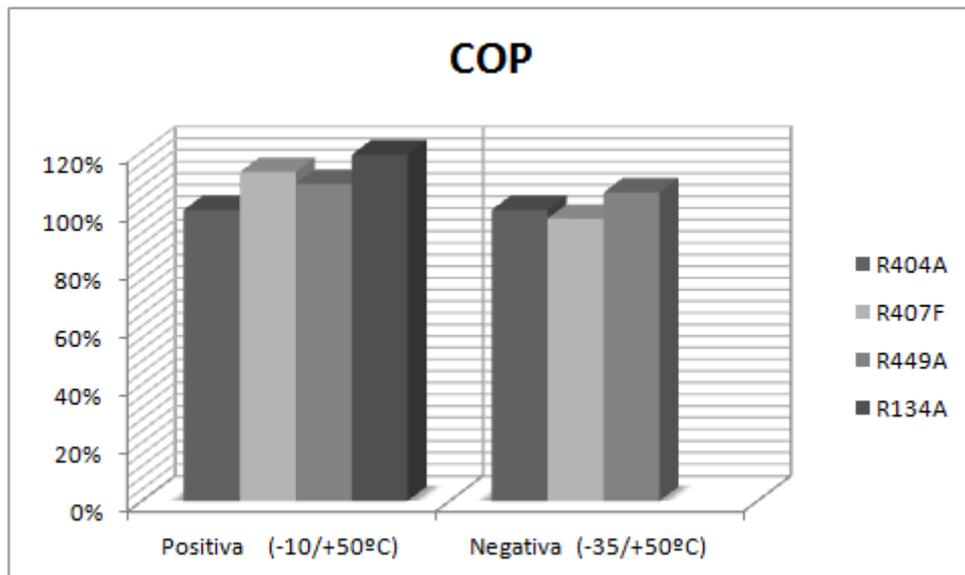


Grafico 57: Comparativa de COP

Candidato: El R134a es el de mayor COP con diferencia.

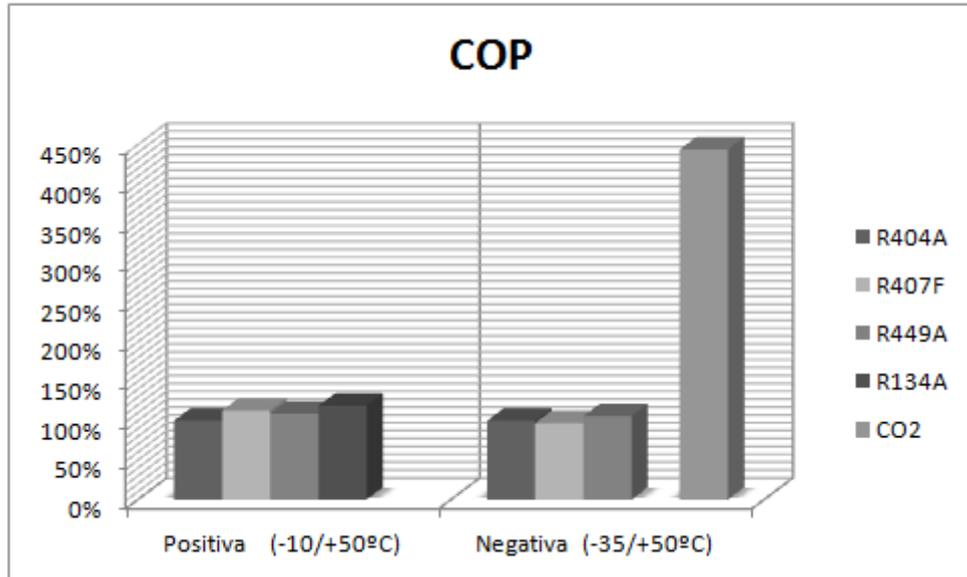


Grafico 58: Comparativa de COP con CO2

Candidato: El sistema con CO2 es el de mayor COP con diferencia.

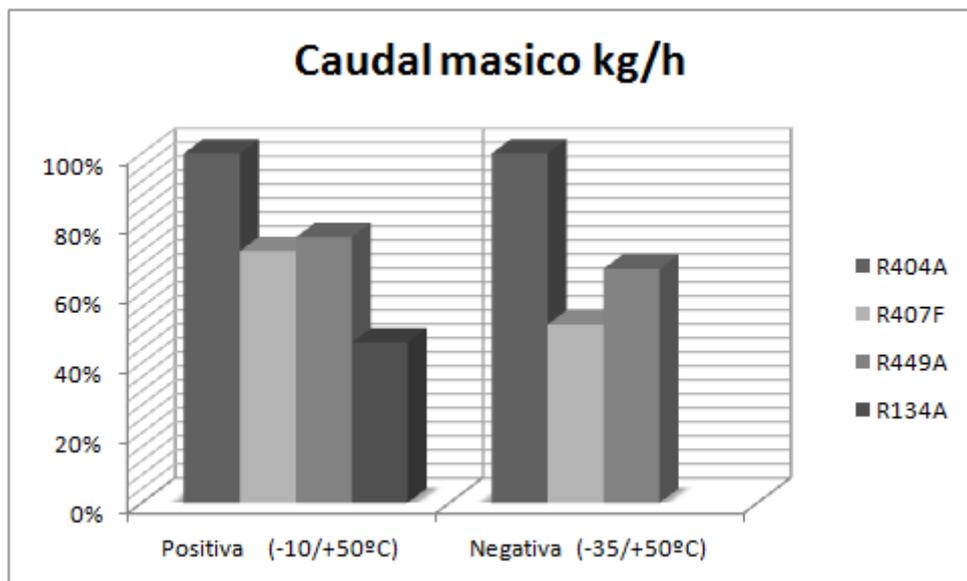


Grafico 59: Comparativa de caudal másico

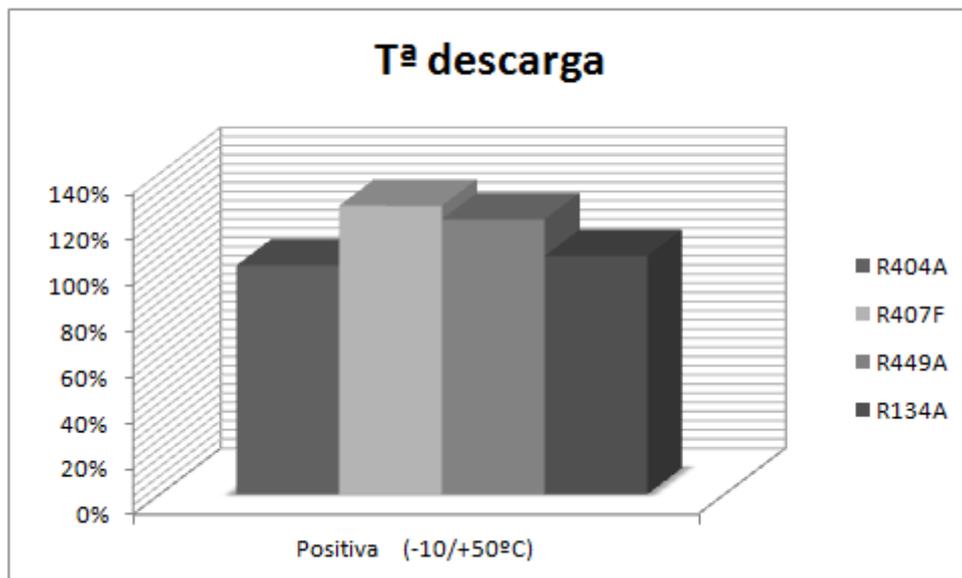


Grafico 60: Comparativa de temperaturas de descarga

### 1.2.3. Comparativas ahorro energético de mejoras propuestas:

DIRECTA	R407F	R449A	R134A + CO2
POSITIVA (-10°C / +50°C)	12%	3%	-8%
NEGATIVA (-35°C / +50°C)	-2%	6%	78%
AHORRO GLOBAL €/ AÑO	10.189,24	4.351,79	11.049,41
CONDENSACION FLOTANTE	R407F	R449A	R134A + CO2
POSITIVA (-10°C / +50°C)	47%	45%	32%
NEGATIVA (-35°C / +50°C)	42%	45%	0%
AHORRO GLOBAL €/ AÑO	53.435,82	52.347,45	48.559,46
EVAPORACION -7°C	R407F	R449A	R134A + CO2
POSITIVA (-10°C / +50°C)	18%	16%	-
COND . FLOTANTE + EVAP -7°C	R407F	R449A	R134A + CO2
POSITIVA (-10°C / +50°C)	51%	49%	-
NEGATIVA (-35°C / +50°C)	42%	45%	-
AHORRO GLOBAL €/ AÑO	57.610,24	56.721,44	-

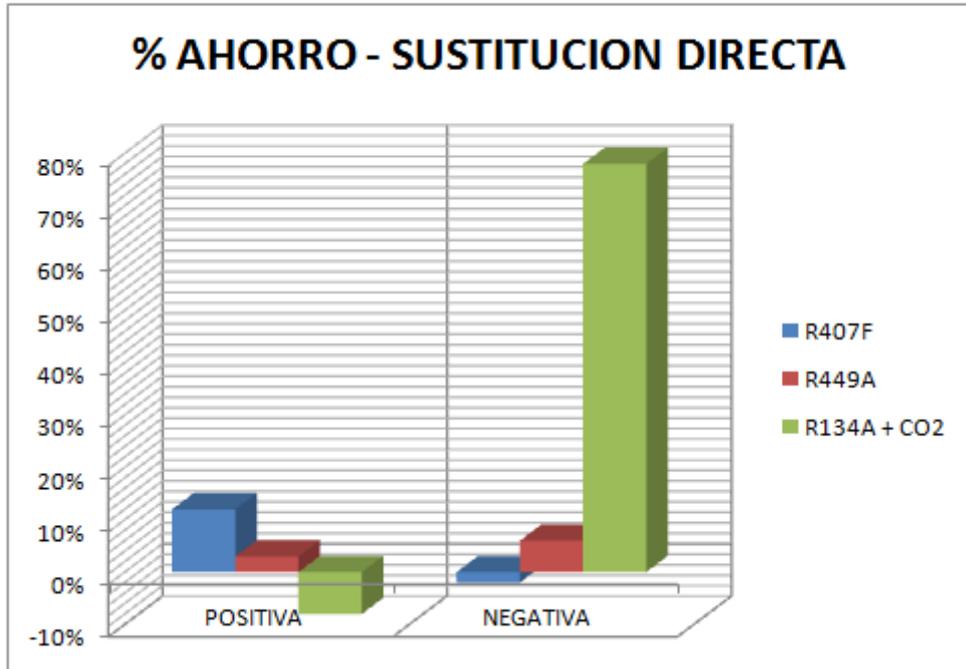


Grafico 61: Comparativa de ahorros energéticos en sustitución directa

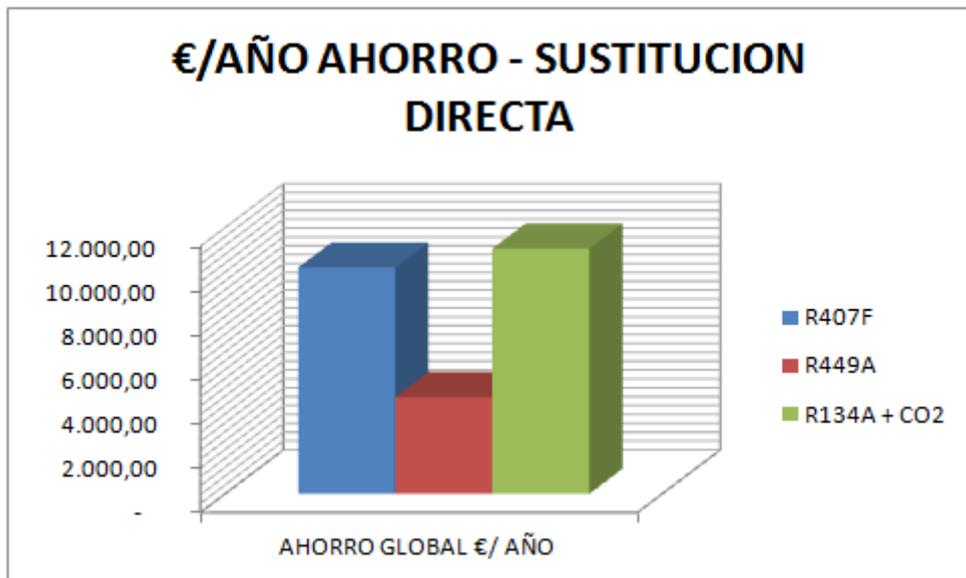


Grafico 62: Comparativa de ahorros económico en sustitución directa

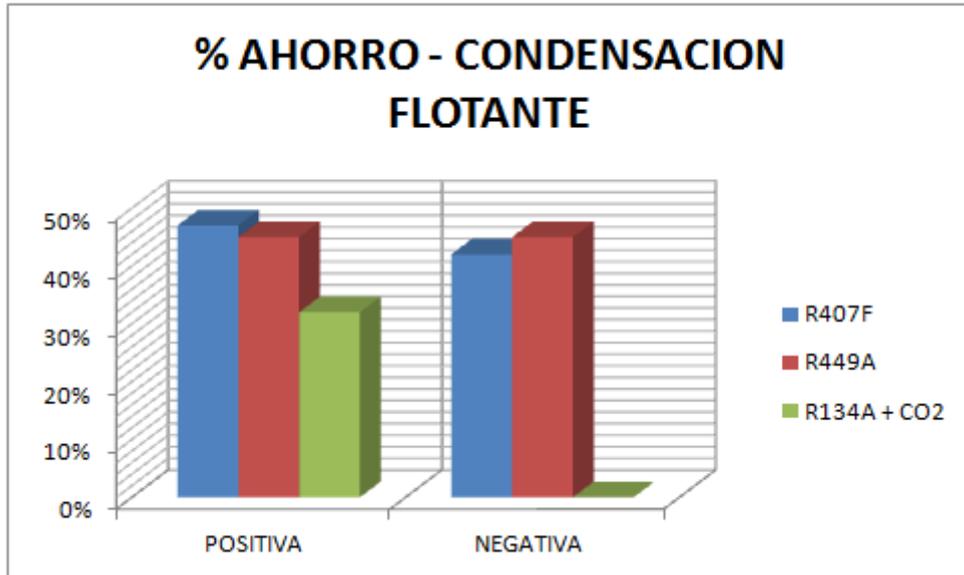


Gráfico 63: Comparativa de ahorro energético en condensación flotante

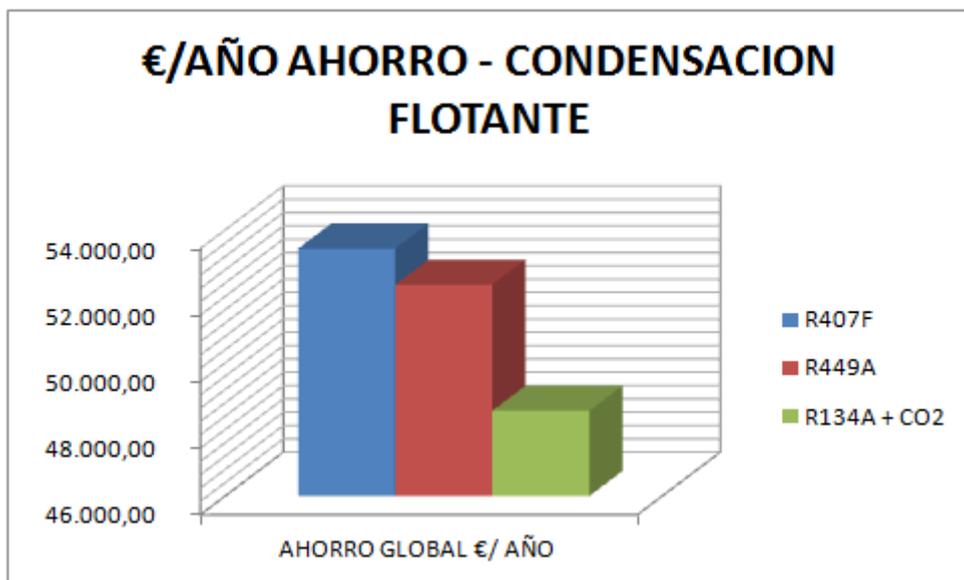


Gráfico 64: Comparativa de ahorro económico en condensación flotante

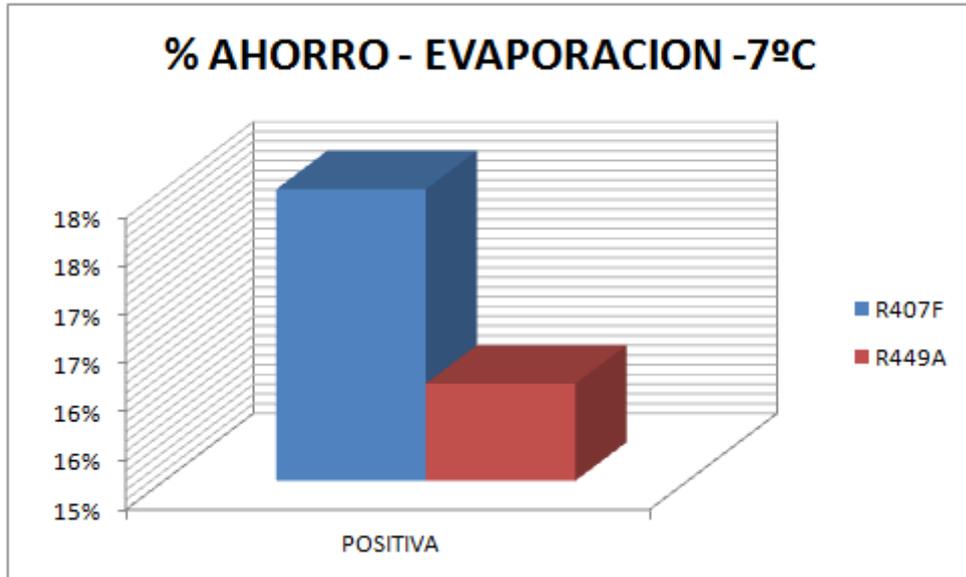


Grafico 65: Comparativa de ahorro energético en evaporación con -7°C

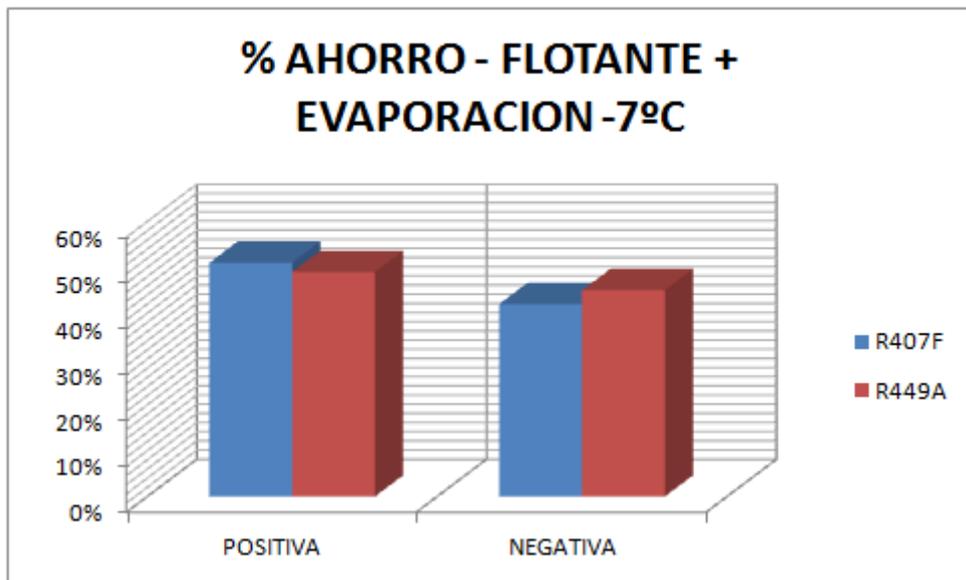


Grafico 66: Comparativa de ahorro energético en evaporación con -7°C y flotante

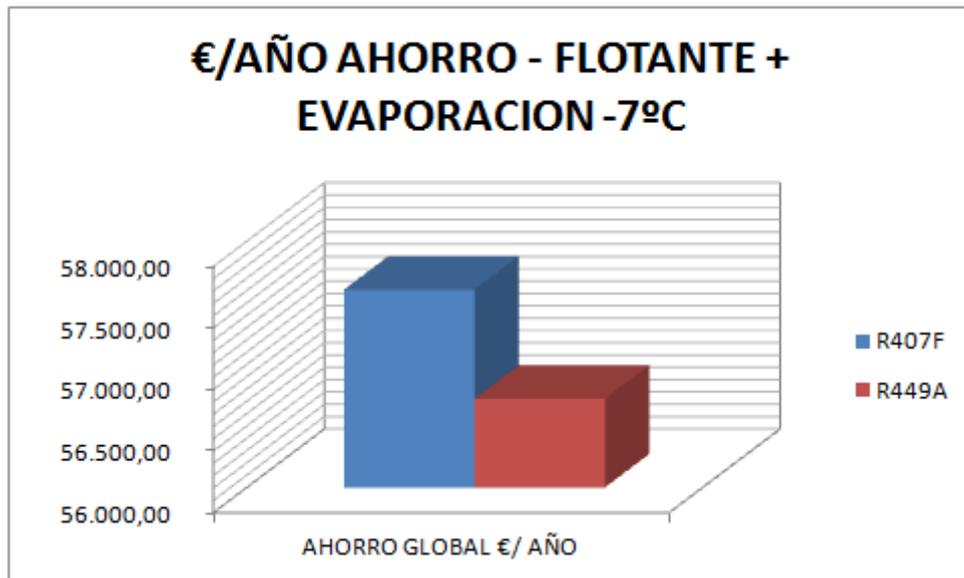


Grafico 67: Comparativa de ahorro económico en evaporación con -7°C y flotante

#### 1.2.4. Comparativas mejora medioambiental:

TEWI	FUGAS	CONSUMO	TOTAL	REDUCCION TN CO2	
R404A	2.820.263,00	13.295.935,00	18.623.097,00		100%
R407F	1.339.091,00	12.475.198,00	15.004.592,00	3.618,51	81%
R449A	1.041.117,00	12.459.184,00	14.425.738,00	4.197,36	77%
R134A	658.125,00	9.887.275,00	11.130.400,00	7.492,70	60%

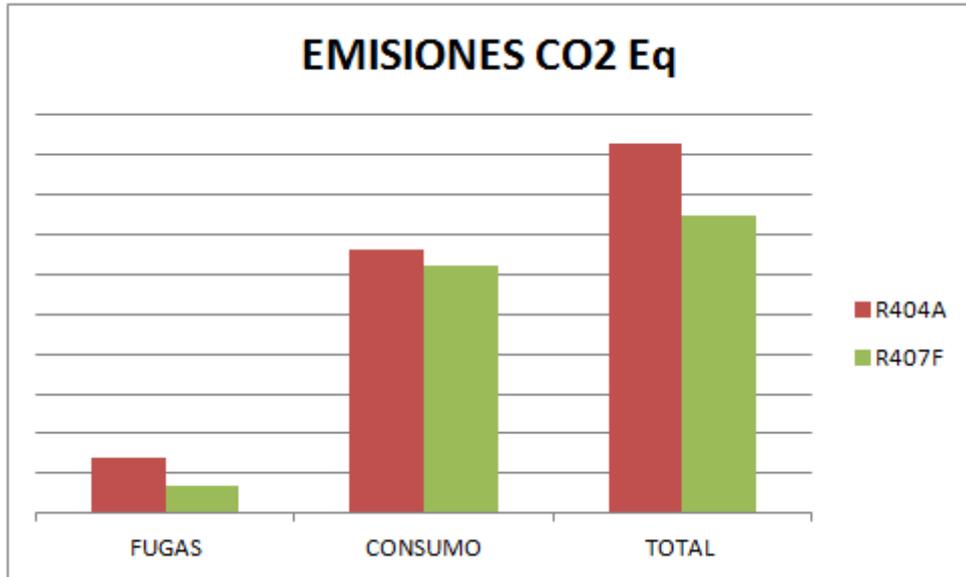


Grafico 68: Comparativa de emisiones de CO2 R407F

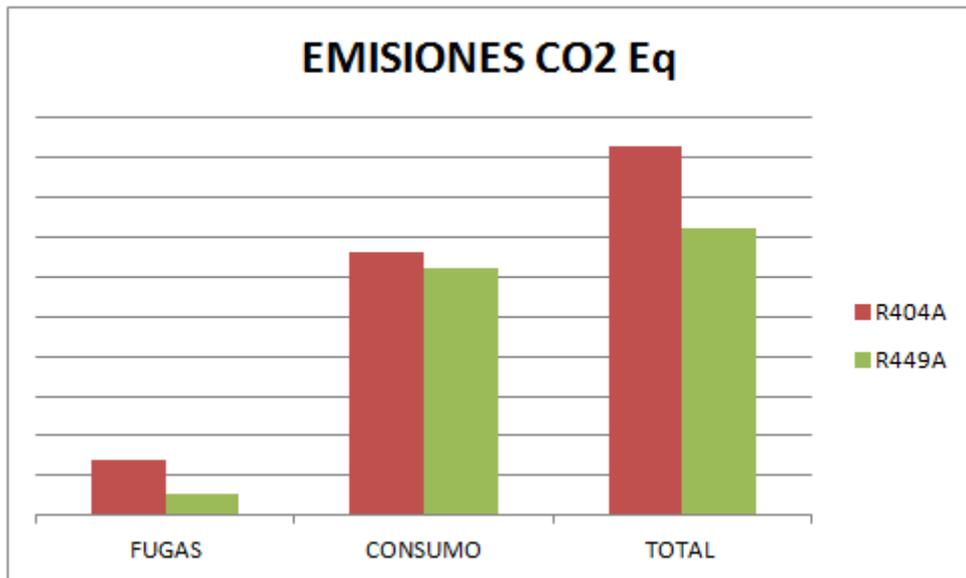


Grafico 69: Comparativa de emisiones de CO2 R449A

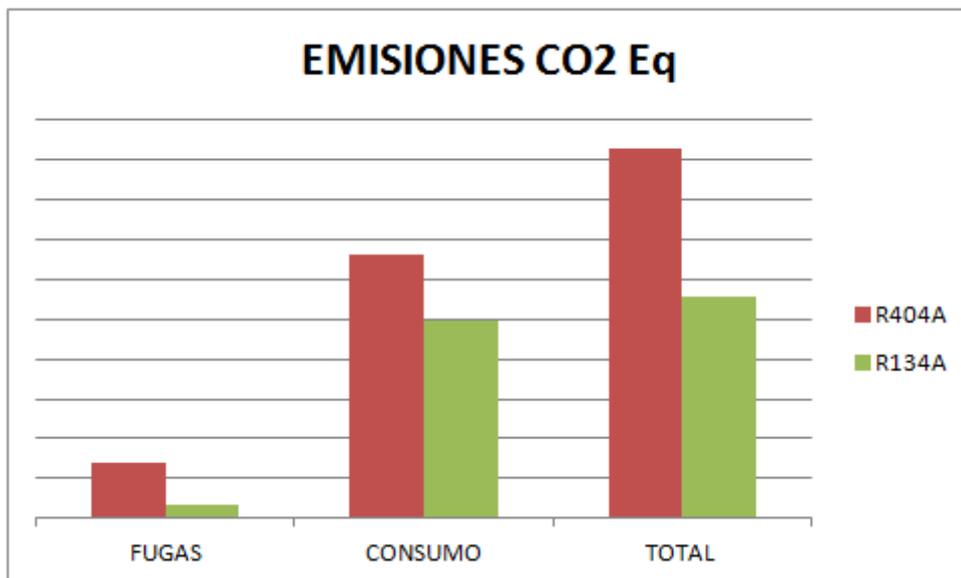


Grafico 70: Comparativa de emisiones de CO2 R134A

1.2.4.1. *Resumen económico:*

SISTEMA	OPERACIÓN	PARTIDA UNITARIA	PRESUPUESTO	AHORRO	PERIODO DE RETORNO	TnCO2 NO EMITIDAS	PRESUPUESTO	PERIODO DE RETORNO	TnCO2 NO EMITIDAS-
R407F	SUSTITUCION DIRECTA	77.232,77	77.232,77	10.189,84	7,58	55,2	42%	159%	57%
	<b>CONDENSACION FLOTANTE (*)</b>	24.149,41	<b>101.382,18</b>	<b>53.435,82</b>	<b>1,90</b>	<b>289,4</b>	<b>56%</b>	<b>60%</b>	<b>93%</b>
	EVAPORACION -7°C	3.923,50	81.156,27	17.057,52	4,76	96,3	44%	150%	31%
	<b>FLOTANTE + EVAPORACION -7°C</b>		<b>105.305,68</b>	<b>57.610,24</b>	<b>1,83</b>	<b>312,1</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
R449A	SUSTITUCION DIRECTA	78.645,65	78.465,65	4.351,79	18,03	2,0	43%	322%	2%
	<b>CONDENSACION FLOTANTE</b>	24.149,41	<b>102.615,06</b>	<b>52.347,45</b>	<b>1,96</b>	<b>283,5</b>	<b>56%</b>	<b>60%</b>	<b>92%</b>
	EVAPORACION -7°C	3.125,50	81.591,15	14.554,67	5,61	78,8	44%	173%	26%
	<b>FLOTANTE + EVAPORACION -7°C</b>		<b>105.740,56</b>	<b>56.721,44</b>	<b>1,86</b>	<b>307,2</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
R134A+CO2	CENTRAL CO2	138.765,20	138.765,20	18.567,28	7,47	100,6	32%	140%	62%
	SUSTITUCION DIRECTA R134A	138.785,68	138.758,68	7.517,81	22,15	-40,7	32%	-205%	-17%
	CONDENSACION FLOTANTE R134A	21.330,68	160.089,36	29.992,25	5,34	162,5	37%	49%	67%
	<b>DIRECTA R134A + CO2 + FLOTANTE</b>		<b>298.854,56</b>	<b>48.559,46</b>	<b>7,39</b>	<b>243,5</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
CONDENSACION	CONDENSACION AIRE		61.926,40	11.726,28	5,28	63,5			

(\*) La disminución del periodo de retorno es menor que la disminución correspondiente de inversión por lo que es menos rentable

Grafico 71: Resumen económico

## 2. O ELECCION DEL SISTEMA OPTIMO:

Los factores a tener en cuenta a la hora de tomar la decisión de reconversión de un gas se pueden ver representados en el siguiente gráfico:



Puesto que estamos ante un problema de diversas alternativas bajo las cuales dependen una variedad de criterios, se va a considerar la opción de usar una técnica de toma de decisión multicriterio de las existentes en la actualidad.

(AHP) Los principales métodos de decisión multicriterio discretos son:

- Ponderación lineal (scoring).
- Utilidad multiatributo (MAUT).
- Relaciones de sobreclasificación.
- Análisis jerárquico (AHP).

Optamos por utilizar el método de análisis jerárquico, al ser uno de los métodos más visuales de inicio, cuyo proceso se basa en los juicios de valores del tomador de la decisión.

El trabajo está dirigido a la presentación de propuestas o alternativas para la mejora y remodelación de una instalación en el que el tomador de la decisión es el promotor de la instalación de referencia, por lo que a pesar de exponer en el presente trabajo una solución al problema de toma de decisión, cabe mencionar que el método, al basarse principalmente en la emisión de juicios de valores, la decisión propuesta puede no coincidir con los juicios que

establecería el promotor, siendo incluso el promotor el que pudiese establecer criterios diferentes a los de estudio.

Para desarrollar el método de análisis jerárquico, con la escala de valores emitidas por el redactor del presente trabajo, comenzaremos con la definición del árbol de jerarquías y definiendo los criterios y alternativas consideradas:

**PROBLEMA:** Mejora y remodelación de instalación frigorífica de un hipermercado.

**CRITERIOS:**

Marcar los criterios que definen el problema es una de las fases críticas a sopesar por el tomador de la decisión. Para la resolución de este método, propongo establecer los cuatro criterios que pueden ser decisivos para la elección del gas refrigerante. Es importante destacar que el promotor del hipermercado considere oportuno establecer criterios diferentes a los tomados, por lo que el análisis habría que repetirse para esos criterios e incluso en coincidencia de criterios, la emisión del juicio de valores puede ser diferente.

Los juicios de valor establecidos en el presente método se basan en la búsqueda de una solución técnica, viable económicamente y sostenible medioambientalmente.

**Criterio 1: Coste del gas**

- Debido a la ley de la oferta y la demanda, el mercado de los gases está en continuo cambio y se prevén cambios en el precio del gas, tal y como se ha mencionado en el apartado de CONCLUSIONES 1.1 Datos de los sustitutos del R404A (grafico 53). Este criterio es importante para la explotación del edificio.

**Criterio 2: Periodo de retorno**

- Este criterio engloba la inversión a realizar con el ahorro económico obtenido de la mejora de eficiencia energética del global de cada alternativa, cuantificándose en el grafico 71: Resumen económico.

**Criterio 3: PCA (Potencial de Calentamiento Atmosférico)**

- Este criterio engloba el ratio de PCA de cada gas refrigerante e intrínsecamente el aumento de la tasa del impuesto medioambiental (el impuesto medioambiental que soportan los gases se calcula a razón de  $0,02\text{€} \cdot \text{PCA}$  (€/kg)). Por lo que a mayor

PCA, mayor impuesto, mayor contaminación ambiental. Este parámetro también es importante para el cumplimiento de la F-GAS (DOUE-L150/195-2014) por la limitación de uso de gases con  $PCA > 2500$  como es el caso del R404A.

#### Criterio 4: COP (Coeficiente de rendimiento)

- Este criterio marca la eficiencia energética del global de la mejora de la instalación, importante durante la explotación de la actividad y representativo en el ahorro económico global de la inversión.

#### ALTERNATIVAS:

##### Alternativa 1: R407 F

- Se trata de la reconversión del gas refrigerante existente R404-A por el gas R407F, con la inclusión del sistema de condensación flotante y aumentando la temperatura de trabajo en evaporación a  $-7^{\circ}\text{C}$  para la central de positiva.

##### Alternativa 2: R449 A

- Se trata de la reconversión del gas refrigerante existente R404-A por el gas R449A, con la inclusión del sistema de condensación flotante y aumentando la temperatura de trabajo en evaporación a  $-7^{\circ}\text{C}$  para la central de positiva.

##### Alternativa 3: R134 A + CO2

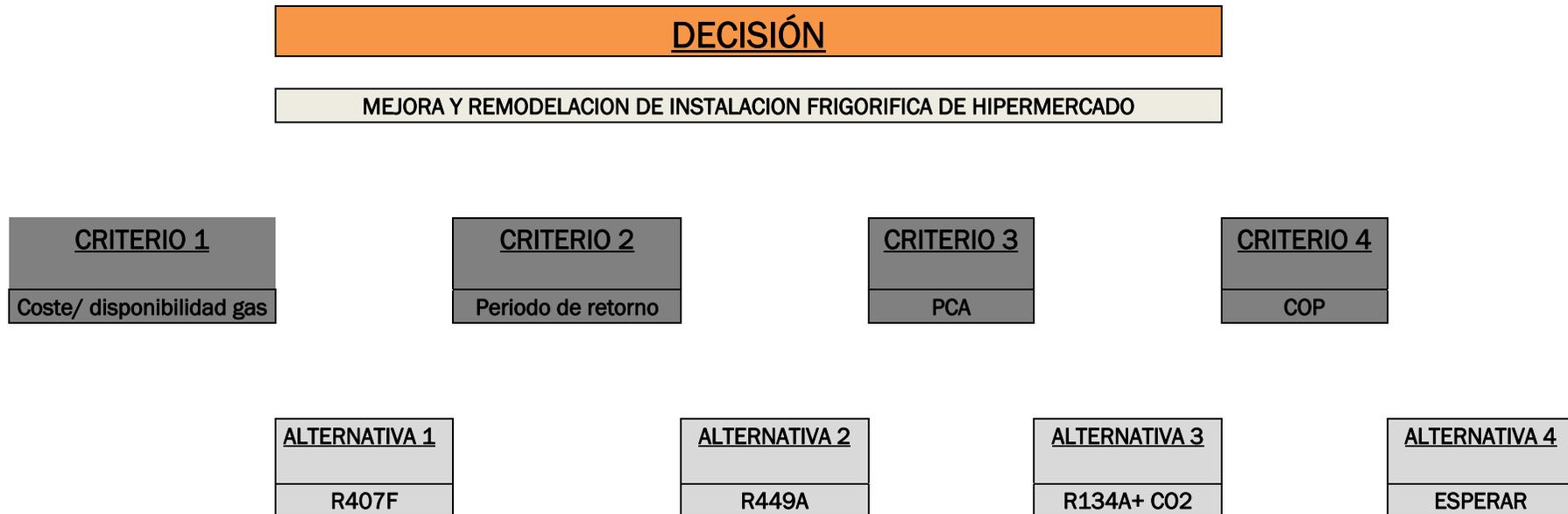
- Se trata de la reconversión del gas refrigerante existente R404-A por el gas R134A, con la inclusión del sistema de condensación flotante y aumentando la temperatura de trabajo en evaporación a  $-7^{\circ}\text{C}$  para la central de positiva y la sustitución de la central de negativa a CO2.

##### Alternativa 4: ESPERAR

- Como se ha mencionado el apartado FUTURO CERCANO, se espera que en los próximos años vayan apareciendo gases con unas características que los hagan ser soluciones a la problemática actual. Dentro de este grupo de gases estarían los HFO como el R1234ze/yg, el DR-7 o el L-40. De estos gases, en la actualidad

únicamente se conocen su esperado potencial de calentamiento atmosférico (PCA), y se estima que su coste de adquirente será alto por el funcionamiento del mercado, pero no son conocidos los datos de rendimientos y modificaciones que serían necesarias realizar en las instalaciones.

## Árbol de Jerarquías (AHP)



A modo de dar unas pautas resumen de las alternativas, antes de pasar a la emisión de los juicios de valores, y la construcción de las matrices pareadas y normalizadas, podemos puntualizar varias cosas:

- R134a+CO<sub>2</sub>, en sistema en cascada es el HFC de menor ratio medioambiental (PCA) y buena eficiencia energética pero la inversión tiene un alto periodo de retorno, más incluso que la vida útil propia de la instalación.  
El sistema en cascada de CO<sub>2</sub> se hace mucho más interesante cuando predominan los servicios de negativa, cosa que en nuestro edificio, la carga de congelados tan solo supone el 23% de la potencia frigorífica.
- Tanto el R407F como el R449A tienen características de eficiencia energética y medioambientales similares.

Como en todas las etapas de transición, puesto que todas las normativas comentadas, están sometidas a constantes revisiones y los fabricantes gasistas introduciendo nuevas alternativas, la decisión inmediata de la reconversión del gas se hace verdaderamente compleja.

Siguiendo el método de resolución del proceso analítico jerárquico, y una vez elaborado el árbol de jerarquías, construimos las matrices pareadas para criterios y alternativas, obteniendo el vector de prioridad.

Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

n = 4 CRITERIOS	Matriz de comparación por pares (A)				Matriz Normalizada (N)				Vector prioridad (w)	
		Coste gas	Periodo de retorno	PCA	COP	Coste gas	Periodo de retorno	PCA	COP	
	Coste gas	1	1/5	1/2	0	0,0769	0,0278	0,1667	0,0085	0,0700
	Periodo de retorno	5	1	1/2	1/4	0,3846	0,1389	0,1667	0,1102	0,2001
	PCA	2	2	1	1	0,1538	0,2778	0,3333	0,4407	0,3014
	COP	5	4	1	1	0,3846	0,5556	0,3333	0,4407	0,4285
	13,00	7,20	3,00	2,27	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

n = 4 ALTERNATIVA	<b>CRITERIO: Coste gas</b>									
		R407F	R449A	R134A	ESPERAR					
	R407F	1	2	1/4	2	0,17	0,31	0,14	0,18	0,1998
	R449A	1/2	1	1/3	2	0,08	0,15	0,19	0,18	0,1524
	R134A	4	3	1	6	0,67	0,46	0,57	0,55	0,5613
	ESPERAR	1/2	1/2	1/6	1	0,08	0,08	0,10	0,09	0,0866
	6,00	6,50	1,75	11,00	0,92	0,92	0,90	0,91	1,00	

ALTERNATIVA	<b>CRITERIO: Periodo de retorno</b>									
		R407F	R449A	R134A	ESPERAR					
	R407F	1	1	8	1	0,32	0,32	0,44	0,25	0,3336
	R449A	1	1	8	1	0,32	0,32	0,44	0,25	0,3336
	R134A	1/8	1/8	1	1	0,04	0,04	0,06	0,25	0,0964

	ESPERAR	1	1	1	1	0,32	0,32	0,06	0,25	0,2364
		3,13	3,13	18,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**CRITERIO: PCA**

ALTERNATIVA		<b>R407F</b>	<b>R449A</b>	<b>R134A</b>	<b>ESPERAR</b>	<b>R407F</b>	<b>R449A</b>	<b>R134A</b>		
	R407F	1	1/6	1/6	1/6	0,05	0,04	0,04	0,08	0,0524
	R449A	6	1	1	1/2	0,32	0,24	0,24	0,23	0,2566
	R134A	6	1	1	1/2	0,32	0,24	0,24	0,23	0,2566
	ESPERAR	6	2	2	1	0,32	0,48	0,48	0,46	0,4343
		19,00	4,17	4,17	2,17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

ESPERAR

**CRITERIO: COP**

ALTERNATIVA		<b>R407F</b>	<b>R449A</b>	<b>R134A</b>	<b>ESPERAR</b>	<b>R407F</b>	<b>R449A</b>	<b>R134A</b>		
	R407F	1	1/2	4	1	0,24	0,18	0,44	0,25	0,2766
	R449A	2	1	3	1	0,47	0,35	0,33	0,25	0,3517
	R134A	1/4	1/3	1	1	0,06	0,12	0,11	0,25	0,1344
	ESPERAR	1	1	1	1	0,24	0,35	0,11	0,25	0,2373
		4,25	2,83	9,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

R449A

Podemos ver, con el juicio de valores establecido, que el criterio de prioridad es el COP, seguido por el PCA.

Así mismo, para el criterio de Coste de gas, se optaría por el R134A, para el criterio de periodo de retorno, el R407F/R449A, para el criterio 3 de PCA, optaríamos por esperar nuevas soluciones, y por último el criterio de eficiencia se inclinaría por el R449A.

Antes de dar una solución a la decisión, hay que valorar la consistencia de los juicios emitidos:

Análisis de Consistencia

CRITERIOS			máx.	CI	CR=CI/RI	
	Coste gas	0,2689	3,8439	4,1204	0,0401	4,51%
	Periodo de retorno	0,8077	4,0369			
	PCA	1,2700	4,2137			
	COP	1,8801	4,3872			
	4,23					

**CRITERIO: Coste gas**

ALTERNATIVAS			4,0980	0,0327	3,67%	
	R407F	0,8180				4,0950
	R449A	0,6125				4,0201
	R134A	2,3370				4,1638
	ESPERAR	0,3562				4,1132
	4,12					

**CRITERIO: Periodo de retorno**

ALTERNATIVAS			4,6470	0,2157	24,23%	
	R407F	1,6747				5,0200
	R449A	1,6747				5,0200
	R134A	0,4162				4,3177
	ESPERAR	1,0000				4,2303
	4,7656					

**CRITERIO: PCA**

ALTERNATIVAS			4,0610	0,0203	2,28%	
	R407F	0,2103				4,0147
	R449A	1,0448				4,0710
	R134A	1,0448				4,0710
	ESPERAR	1,7752				4,0872
	4,0751					

**CRITERIO: COP**

ALTERNATIVAS			4,2995	0,0998	11,22%	
	R407F	1,2273				4,4380
	R449A	1,5453				4,3937
	R134A	0,5581				4,1527
	ESPERAR	1,0000				4,2134
	4,33					

Se considera que la consistencia del tomador de decisiones es válida cuando el CR <10%. Vemos como el juicio de valores emitidos es aceptable para todos los criterios teniendo una desviación para el criterio de periodo de retorno.

Por último, valoración final para la toma de decisiones cuantifica los resultados:

<u>Matriz de prioridades</u>				
<u>Alternativas</u>	<u>Criterios</u>			
	<u>Coste gas</u>	<u>Periodo de retorno</u>	<u>PCA</u>	<u>COP</u>
R407F	0,20	0,33	0,05	0,28
R449A	0,15	0,33	0,26	0,35
R134A	0,56	0,10	0,26	0,13
ESPERAR	0,09	0,24	0,43	0,24
<u>Vector Prioridad</u>	0,07	0,20	0,30	0,43

<u>Vector Prioridad</u> <u>Alternativa</u>	<u>DECISION</u>
0,22	
0,31	R449A
0,19	
0,29	ESPERAR

Como parte de la ingeniería, y con la emisión de los juicios descritos, se optaría por la incorporación del R449A.

El resultado del método tiene una justificación técnica sostenible y aceptable, al ser un gas que no requiere de ningún elemento modificadorio en la instalación, que con la mínima inversión posible, tiene un periodo de retorno viable dejando abierta la posibilidad, sin penalizar modificando la instalación, y quedando a la espera de que en los próximos 3 o 4 años las alternativas sean más amplias y la tecnología más sofisticada.



---



# BIBLIOGRAFIA

---

(AHP) A. Berumen, Sergio y Llamazares Redondo, Francisco (2007): “LA UTILIDAD DE LOS MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO (COMO EL AHP) EN UN ENTORNO DE COMPETITIVIDAD CRECIENTE”. Grupo de Investigación Competitividad y Desarrollo Local en la Economía Global, auspiciado por la Fundación Grupo Santander. (<http://www.scielo.org.co/pdf/cadm/v20n34/v20n34a04.pdf>)

(AEFYT) Jornada informativa sobre el impuesto de gases fluorados impartido por AEFYT impartida en Madrid el 07/02/2015 con la colaboración del Ministerio de Hacienda y Administraciones publicas

(AEMA-2013) Informe de la AEMA: Seguimiento del progreso hacia Kioto y los objetivos de 2020 en Europa ([http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Informe\\_de\\_la\\_AEMA\\_-\\_Seguimiento\\_del\\_progreso\\_hacia\\_Kioto\\_y\\_los\\_objetivos\\_de\\_2020\\_en\\_Europa\\_tcm7-312900.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Informe_de_la_AEMA_-_Seguimiento_del_progreso_hacia_Kioto_y_los_objetivos_de_2020_en_Europa_tcm7-312900.pdf))

(BITZER 2015) Programa de selección de compresores: BITZER software: ([https://www.bitzer.de/service/software/software\\_1/index-3.jsp](https://www.bitzer.de/service/software/software_1/index-3.jsp) 20/03/2015)

(BITZER) Información técnica de Bitzer (<http://www.bitzer.com.mx>)

(BOE-101-1981) Real Decreto 754/1981, de 13 de marzo publicado en el BOE núm. 101, de 28 de abril de 1981 (BOE-A-1981-9569)

(BOE-10-1999) Orden de 23 de diciembre de 1998 publicado en el BOE núm. 10, de 12 de enero de 1999.

(BOE-105-2012).Resolución de 16 de abril de 2012, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa (B.O.E. Nº 105 publicado el 02/5/12).

(BOE-112-1979) Orden de 4 de abril de 1979 publicado en el BOE núm. 112, de 10 de mayo de 1979 (BOE-A-1979-12162).

(BOE-114-1996) Orden de 24 de abril de 1996 publicado en el BOE núm. 114, de 10 de mayo de 1996 (BOE-A-1996-10408).

- (BOE-154-2010) Real Decreto 795/2010, de 16 de junio, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan. (B.O.E. Nº 154 publicado el 25/06/2010)
- (BOE-180-1983) Orden de 21 de julio de 1983 publicado en el BOE núm. 180, de 29 de julio de 1983 (BOE-A-1983-20908).
- (BOE-180-2011) Corrección de errores del Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias (B.O.E. Nº 180 publicado el 28/7/11)
- (BOE-240-2014) Resolución de 18 de septiembre de 2014, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa (B.O.E. Nº 240 publicado el 03/10/14)
- (BOE-251-1980) Orden de 30 de septiembre de 1980 publicado en el BOE núm. 251, de 18 de octubre de 1980 (BOE-A-1980-22625)
- (BOE-276-1992) Orden de 4 de noviembre de 1992 publicado en el BOE núm. 276, de 17 de noviembre de 1992 (BOE-A-1992-25305)
- (BOE-288-1994) Orden de 23 de noviembre de 1994 publicado en el BOE núm. 288, de 2 de diciembre de 1994, (BOE-A-1994-26809).
- (BOE-291-1977) Real Decreto 3099/1977, de 8 de septiembre publicado en el BOE núm. 291, de 6 de diciembre de 1977 (BOE-A-1977-29224)
- (BOE-291-1987) Orden de 19 de noviembre de 1987 publicado en el BOE núm. 291, de 5 de diciembre de 1987 (BOE-A-1987-27145).
- (BOE-29-1978) Orden de 24 de enero de 1978 que aprueba las Instrucciones técnicas complementarias de RD 3099/1977 publicado en el BOE núm. 29, de 3 de febrero de 1978, (BOE-A-1978-3508)
- (BOE-293-2001) Orden de 29 de noviembre de 2001 publicado en el BOE-A-2001-22983 el 07/12/2001.
- (BOE-301-2002) Orden CTE/3190/2002, de 5 de diciembre publicado en el BOE-A-2002-24532 del 17/12/2002.
- (BOE-312-2013) Real Decreto 1042/2013, de 27 de diciembre, Reglamento del Impuesto sobre los Gases Fluorados de Efecto Invernadero (BOE Nº 312 publicado el 30 de diciembre de 2013)

- (BOE-57-1979) Real Decreto 394/1979, de 2 de febrero publicado en el BOE-A-1979-6979 el 07/03/1979.
- (BOE-57-2011) Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- (BOE-60-1997) Orden de 26 de febrero de 1997 publicado en el BOE núm. 60, de 11 de marzo de 1997.
- (BOE-68-2012). Resolución de 1 de marzo de 2012, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa (B.O.E. Nº 68 publicado el 20/3/12).
- (BOE-80-2014).Resolución de 11 de marzo de 2014, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa. (B.O.E. Nº 80 publicado el 02/4/14.).
- (BOE-A-1985-2644) Real Decreto 168/1985 de 6 de febrero. Condiciones Generales de Almacenamiento Frigorífico de Alimentos y Productos Alimentarios publicado en el BOE número 39 el 14 de febrero de 1985.
- (BOE-A-2002-18099) Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión publicado en el BOE núm. 224, de 18 de septiembre de 2002.
- (BOE-A-2003-14408) Real Decreto 865/2003 de 4 de julio para prevención y control de la legionelosis publicado en el BOE número 171 el 18 de julio de 2003.
- (BOE-A-2007-15820) Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios publicado en el BOE núm. 207, de 29 de agosto de 2007.
- (BOE-A-2009-1964) Real decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias publicado en el BOE número 31 el 05 de febrero de 2009.
- (COOLSELECTOR 2 2015) Programa de selección de valvulería DANFOSS (coolselector2) (<http://www.danfoss.com> 20/03/2015)
- (COSTAN) Información técnica distribuidor COSTAN de vitrinas, expositores y murales frigoríficos (<http://www.eptarefrigeration.com/es/products>)

- (DOCE-L244/1-2000) Reglamento (CE) nº 2037/2000 del parlamento europeo y del consejo de 29 de junio de 2000 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono publicado en el diario oficial de las comunidades europeas
- (DOCE-L333/1-1994) La exigencia por parte del Reglamento (CE) 3093/94 (DOCE – L333/1-1994) de adopción de medidas preventivas contra escapes de sustancias que agotan la capa de ozono.
- (DOUE-L150/195-2014) Reglamento (UE) Nº 517/2014 sobre gases fluorados de efecto invernadero publicado el 20 de mayo de 2014 en el Diario Oficial de la Unión Europea y que deroga el anterior Reglamento (CE) Nº 842/2006.
- (DOUE-L161/1-2006) Reglamento (CE) Nº 842/2006 del parlamento europeo y del consejo de 17 de mayo de 2006 sobre gases fluorados de efecto invernadero publicado en el diario oficial de la unión europea.
- (DOUE-L286/1-2009) La Unión Europea publicó el Reglamento (CE) nº 1005/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de septiembre de 2009 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono, de aplicación a partir del día 1 de enero del 2010.
- (GUIA TEC.) Guía técnica de aplicación del reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias  
(<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Paginas/IndexDocumentosReconocidos.aspx>)
- (GUNTNER 2015) Programa de selección de maquinaria de GUNTHER  
(<http://www.guentner.com.mx/experiencia/product-calculator/software-gpc/> 20/03/2015)
- (IPCC) El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático  
([https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/es/spmsb.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/es/spmsb.html))
- (J.T. HONEYWELL) Jornadas técnicas impartidas por Honeywell  
(<http://www.honeywell-refrigerants.com/europe>)
- (J.T. PECOMARK) Jornadas técnicas de Pecomark (<http://www.pecomark.com>)
- (KIMIKAL) Publicaciones técnicas del distribuidor Kimikal ([www.kimikal.es](http://www.kimikal.es))

(KIOTO) Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (<http://www.cambioclimatico.org/sites/default/files/kpspan.pdf>)

(MONTREAL) Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de Ozono Publicado en el año 2000 por la Secretaría del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ([http://www.cambioclimatico.org/sites/default/files/protocolo\\_de\\_montreal.pdf](http://www.cambioclimatico.org/sites/default/files/protocolo_de_montreal.pdf))

(PUBLICACIONES) Publicaciones técnicas de las empresas Danfoss, Castell y Pecomark. (<http://www.danfoss.com>; <http://www.pecomark.com>; <http://www.castel.it>)

(SCELTE32 2015) Programa de selección de intercambiadores marca ECO LUVATA- Software SCELTE 32 (<http://www.luvata.com> 20/03/2015)

(SWEP 2015) Programa de selección de maquinaria de SWEP (<http://www.swep.es/es/Pages/default.aspx> 20/03/2015)



---



---

ANEXOS:

**.1 PROBLEMÁTICA EN INSTALACIONES FRIGORIFICAS**

Las instalaciones frigoríficas en la actualidad están sometidas a unas restricciones severas derivadas del cambio en el marco legislativo a nivel nacional empujado por la legislación europea. (Anexo 2: CAMBIO LEGISLATIVO EN LAS INSTALACIONES FRIGORÍFICAS)

Estos factores legislativos son:

- Compromiso nacional de cumplimiento de protocolo de Kioto (KIOTO)
- Impuesto nacional sobre los gases de efecto invernadero (BOE-312-2013)
- Actualización del Reglamento (UE) N° 517/2014 sobre gases fluorados de efecto invernadero (nuevo F-GAS) (DOUE-L150/195-2014)
- Actualización de la normativa nacional que regula la seguridad en plantas frigoríficas (RD 138/2011) (BOE-57-2011)

Debido al conjunto de estos factores, se está viviendo en el sector de la refrigeración un episodio de gran incertidumbre.

Vamos a ver en qué afecta cada uno de los factores descritos:

**Compromiso de cumplimiento de protocolo de Kioto**

(KIOTO) La Unión Europea y sus Estados Miembros asumieron, en el ámbito del primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto (2008-2012), la obligación de reducir las emisiones en un 8% respecto al año base (1990/1995).

En el caso de España, este reparto supone la obligación de que la media de emisiones netas de gases de efecto invernadero en el período 2008-2012 no superase el 15% del nivel de emisiones del año base (1990/1995).

(AEMA-2013) En 2008, las emisiones de CO<sub>2</sub> en la economía española excedieron en un 20,9% estos límites, por lo que España ha tenido que enfrentarse a un coste económico por la compra derechos de emisión. España lleva gastados entre 2008 y 2012 más de 800 millones de euros en

comprar derechos de emisión. Supone un 13%, cuando la media de los países europeos es del 1,9%. España, por tanto, deberá comprar “cantidades significativas” de derechos de emisión.

### Impuesto nacional sobre los gases de efecto invernadero

(BOE-312-2013) Desde Enero del pasado año 2014, España es el único país de toda Europa que grava el impuesto de los gases fluorados, una tasa llevada a cabo por el Ministerio regulado según el Real Decreto 1042/2013, de 27 de diciembre, Reglamento del Impuesto sobre los Gases Fluorados de Efecto Invernadero

Se trata de una tarifa que irá aumentando con el paso de los años comenzando con el 33% del impuesto total en 2014, el 66% en 2015, hasta la finalización del ciclo del impuesto en Enero de 2016 al cual hay que añadir la cifra del IVA (21% actual).

Los gases refrigerantes usados en el trabajo y su gravamen son:

GAS	PCA	IMPUESTO 2014	IMPUESTO 2015	IMPUESTO 2016
R404A	3784	24,97	49,95	75,68
R407F	1705	11,25	22,51	34,10
R449A	1307	8,63	17,26	26,15
R134A	1300	8,58	17,16	26,00
R450A	546	3,60	7,21	10,92
R448A	1300	8,58	17,16	26,00

**Actualización del Reglamento (UE) N° 517/2014 sobre gases fluorados de efecto invernadero (nuevo F-GAS). (DOUE-L150/195-2014)**

#### ❖ PROHIBICIONES DE USO DE GFEI.

La F-Gas, establece varias fechas a partir de las que el uso de ciertos HFC, en función de su PCA, quedará prohibido tanto para la incorporación en equipos nuevos, como para su uso en el mantenimiento.

Ya a partir del pasado 01 de enero de 2015, el uso de HFC con PCA igual o superior a 150, quedó prohibido para la incorporación en frigoríficos y congeladores domésticos.

El 01 de enero de 2020 quedará también prohibida su incorporación en sistemas de aire acondicionado portátiles, y a 01 de enero de 2022, la prohibición se hará extensible a frigoríficos y congeladores de uso comercial, y sistemas centralizados de refrigeración múltiples, para uso comercial, y con una capacidad igual o superior a 40 kW, que contengan GFEI, o cuyo funcionamiento dependa de éstos, salvo en circuitos refrigerantes primarios de los sistemas en cascada: en estos casos podrá utilizarse HFC con PCA<1.500.

Será en 2020, cuando la prohibición del uso de ciertos HFC comience a afectar al mantenimiento de instalaciones, quedando prohibidos desde entonces, aquellos con PCA igual o superior a 2.500, en gran parte de los equipos con una carga igual o superior a 40Tn de CO<sub>2</sub> (equivalente a 10,4 Kg de R404A).

Cuadro resumen con las principales fechas clave.

PROHIBICION USO GFEI		
	EN EQUIPOS NUEVOS	EN MANTENIMIENTO
01/01/2015	HFC con PCA>150 (TODOS)	Frigoríficos y congeladores domésticos
01/01/2020	HFC con PCA>150 (TODOS)	Sistemas de aire acondicionado portátiles (sistemas cerrados herméticamente que puede cambiarse de ubicación)
	HFC con PCA>2500 (R404A)	Frigoríficos y congeladores para uso comercial (sistemas cerrados herméticamente)
		Equipos fijos de refrigeración que contengan HFC o cuyo funcionamiento dependa de ellos Excepciones: Equipos destinados a refrigerar a temperatura por debajo de -50°C
01/01/2022	HFC con PCA>150 (TODOS)	Frigoríficos y congeladores para uso comercial (sistemas cerrados herméticamente)
		Sistemas centralizados de refrigeración múltiples, para uso comercial, y con una capacidad $\geq$ 40kW, que contengan GFEI, o cuyo funcionamiento dependa de ellos Excepciones: <u>En circuitos refrigerantes primarios de los sistemas en cascada: en estos casos podrá utilizarse HFC con PCA&lt;1.500 (EXCEPTO R134A Y R450A)</u>
01/01/2025	HFC con PCA>750 (TODOS SALVO R450A)	Equipos partidos con una sola unidad interior que contengan menos de 3Kg de GFEI, o cuyo funcionamiento dependa de ellos
01/01/2030	HFC con PCA>2500 (R404A)	<b>Prohibido su uso para el mantenimiento o reparación de equipos existentes</b>
	HFC reciclados con PCA>2500 (R404A)	Prohibido su uso para el mantenimiento o reparación de equipos existentes Excepciones: <b>Podrá usarse en el mantenimiento o reparación a condición que haya sido recuperado del propio equipo a mantener o reparar.</b>

#### ❖ REDUCCIÓN DE LA CANTIDAD DE HIDROFLUOROCARBUIROS COMERCIALIZADOS.

Los productores e importadores tendrán derecho a comercializar en la Unión cada año una cantidad máxima establecida para el año en cuestión. Por su parte, los productores e importadores velarán por que la cantidad de HFC que cada uno de ellos comercialice no exceda de la cuota que le haya sido asignada

Esta parte es importante destacar, ya que a pesar de que, por ejemplo, el R404A aun pueda usarse en equipos nuevos hasta 2020 y mantenimientos hasta 2030, es previsible que puesto que a los fabricantes y comercializadores les penaliza poner en el mercado este gas al tener un PCA muy alto (“agotarían su tasa para vender otros gases con menor PCA) nos encontremos con problemas para encontrar este gas en el mercado. Otro punto que penaliza al R404A.

#### **Actualización de la normativa nacional que regula la seguridad de plantas frigoríficas (RD 138/2011)**

(BOE-57-2011) La entrada en vigor del reglamento, supuso también un impacto en el sector, al ser una instalación que no había sufrido modificaciones reglamentarias desde 1977, el anterior reglamento ya estaba muy asentado e interiorizado en los profesionales del frío, esto tiene la vertiente positiva de que ha hecho tener que volver a pensar a la hora de diseñar una instalación.

Los cambios que nos pueden afectar a la hora de redactar el presente trabajo, y que van acorde con lo comentado hasta el momento:

- En relación con la eficiencia energética

Uno de los aspectos más novedosos del Reglamento es la aplicación en el diseño de las instalaciones de criterios de eficiencia energética, tanto en los sistemas frigoríficos como en los cerramientos de cámaras, salas o procesos refrigerados.

- En relación con la clasificación de refrigerantes

El nuevo reglamento establece una clasificación de los refrigerantes que tiene en cuenta no solo la toxicidad sino el grado de inflamabilidad de cada uno distinguiendo tres grupos según los siguientes criterios:

	Baja Toxicidad	Alta toxicidad
<b>Altamente inflamable</b>	A3	B3
<b>Ligeramente inflamable</b>	A2	B2
<b>No inflamable</b>	A1	B1

La clasificación de grados de seguridad en función de los criterios anteriores queda de la siguiente forma:

Grupo L1 de alta seguridad:	A1
Grupo L2 de media seguridad	A2, B1, B2
Grupo L3 de baja seguridad	A3, B3

La nueva clasificación implica que algunos refrigerantes, como el R-22, considerados anteriormente como de alta seguridad son clasificados con el nuevo reglamento como de Media seguridad (A2) debido a su inflamabilidad.

Esta introducción de clasificación de refrigerantes, restringe el uso de los refrigerantes según el uso y tipo de local a refrigerar.

Así, los nuevos refrigerantes, que parecen la apuesta del futuro, los HFO como el R-1234yf y el R-1234ze, están clasificados como L2, por lo que las limitaciones de uso son determinantes a la hora de poder usarlos. Por ejemplo, estos tipos de refrigerantes no podrán ser usados en climatización para atender al bienestar de las personas, por lo que se limita su uso al campo industrial y únicamente si es en sistemas sellados herméticamente con una limitación de carga que varía de 2.5 kg a 50 kg en locales de categoría D y cumpliendo ciertos requisitos de seguridad en el edificio (salidas de emergencia, limitación de densidad de ocupación) ((BOE-57-2011) IF-04 Apéndice 1, tabla A), por lo que en instalaciones como las de un hipermercado sería inviable su instalación en expansión directa, teniendo que recurrir a otras tecnologías como usar fluidos secundarios para evitar la existencia de gases por las zonas habitables. Este tipo de tecnología penaliza la eficiencia al tener un salto térmico de intercambiadores que tiene que asumir la central frigorífica.

**OBSERVACIONES:**

- ❖ El nuevo reglamento europeo (UE) N o 517/2014 (DOUE-L150/195-2014) sobre los gases fluorados de efecto invernadero considera el PCA a lo largo de 100 años y basado en el cuarto informe de evaluación adoptado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), sin embargo el Reglamento de instalaciones frigoríficas y el Reglamento del Impuesto sobre los Gases Fluorados de Efecto Invernadero que usa las cifras relativas al PCA publicadas en el Tercer Informe de Evaluación adoptado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, de 2001, por lo que el valor de los PCA no es estático y dependiendo del tema de referencia tendrán un valor u otro. (El PCA puede ser calculado para periodos de 20, 100 o 500 años, siendo 100 años el valor más frecuente)
- ❖ Por otro lado, cabe destacar que cuando hablamos de gases de efecto invernadero (GEI) nos referimos a CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq), que incluye los seis gases de efecto invernadero recogidos en el Protocolo de Kioto:
  - Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

Dentro del grupo de gases de efecto invernadero (GEI) previstos en el Protocolo de Kioto se encuentran, entre otros, tres grupos de gases fluorados: los hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) i el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

- Los HFC son el grupo más común de gases fluorados. Se utilizan en varios sectores y aplicaciones como por ejemplo refrigerantes, en equipos fijos de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor, agentes sopladores para espumas, productos extintores, propulsores de aerosoles y disolventes. –
- Los PFC se utilizan generalmente en el sector de la electrónica y en la industria cosmética y farmacéutica, y en menor medida también en el sector de la refrigeración como sustitutos del CFC. En el pasado, los PFC se han utilizado también como productos extintores y aún pueden encontrarse en antiguos sistemas de protección contra incendios. –
- El SF<sub>6</sub> se utiliza principalmente como gas aislante y en equipos de conmutación de alta tensión y como gas protector en la producción de magnesio y aluminio.

Uno de los sectores más afectados por estas imposiciones reglamentarias es el sector de la refrigeración a pesar de que los GEI se utilizan en gran

número de campos, sin embargo, vamos a ver lo que realmente “penaliza” el sector de la refrigeración en la emisión de GEI.

El porcentaje de emisiones de GFEI debido al sector de la refrigeración:

(IPCC)([https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/es/spm\\_sb.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/es/spm_sb.html))

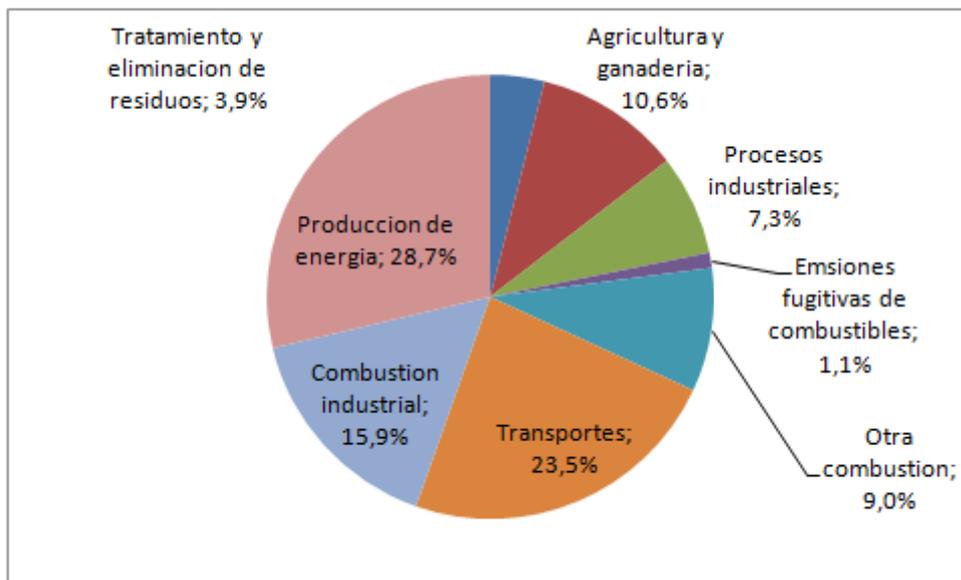


Gráfico 71: Porcentajes de emisión de GEI por sectores

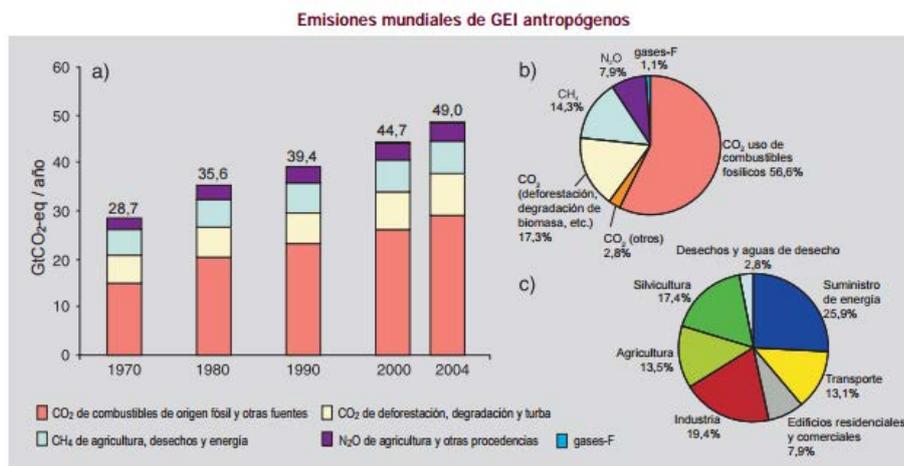


Figura 2.1. a) Emisiones mundiales anuales de GEI antropogénicos entre 1970 y 2004.<sup>5</sup> b) Parte proporcional de diferentes GEI antropogénicos en las emisiones totales en el año 2004, en términos de CO<sub>2</sub>-eq. c) Parte proporcional de diversos sectores en las emisiones totales de GEI antropogénicos en 2004, en términos de CO<sub>2</sub>-eq. (En silvicultura se incluye la deforestación.) (GIII Figuras RT.1a, RT.1b, RT.2b)

Gráfico 72: Porcentajes de emisión de GEI mundiales

Vemos que el impacto de la emisión de GFEI que emite el sector de la refrigeración es escasamente un 1,1%.

## .2 CAMBIO LEGISLATIVO EN LAS INSTALACIONES FRIGORÍFICAS

Se comienza con la regulación de las instalaciones frigoríficas con el reglamento que data del año 1.977 (BOE-291-1977), un año más tarde se publican sus Instrucciones técnicas complementarias (BOE-29-1978), el cual va siendo modificado y ampliado en sucesivos años mediante las ordenes correspondientes (BOE-A-1978-3508), (BOE-57-1979), (BOE-112-1979), (BOE-251-1980), (BOE-101-1981), (BOE-180-1983) , ya en el año 1987 se comienza a limitar el uso del R-22, en principio en pistas de patinaje, (BOE-291-1987), (BOE-276-1992), en 1995 se introduce la urgencia de usar nuevos refrigerantes por la prohibición de fabricación de CFC en 1995 y limitación de alguno HCFC's debido al protocolo de Montreal (MONTREAL), continúan publicándose ordenes que modifican apartados del Real Decreto (BOE-291-1977), (BOE-276-1992), (BOE-288-1994) (BOE-114-1996).

En 1994, la exigencia por parte del Reglamento (CE) 3093/94 (DOCE-L333/1-1994) de adopción de medidas preventivas contra escapes de sustancias que agotan la capa de ozono, los acuerdos internacionales proclives a limitar emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero, hacen aconsejable modificar los criterios aplicables en la prueba de estanqueidad de los circuitos frigoríficos, procurando evitar, en lo posible, las fugas incontroladas de estos refrigerantes. (BOE-114-1996)

En 1997 (BOE -60-1997) se modifica la carga máxima de refrigerante del grupo primero por equipo, utilizando sistemas de refrigeración directos-, de los valores correspondientes a los refrigerantes R-403B, R-404A, R-407A, R-407B, R-407C, R-408A y R-409A.

En 1999 (BOE-10-1999) surge la aparición de nuevos refrigerantes alternativos, cuyas características han sido debidamente contrastadas por los organismos internacionales. Para autorizar su uso se hace precisa la inclusión de los mismos en las correspondientes tablas de las ITCs, ya que éstas tienen carácter restringido y deben ser modificadas expresamente. A partir de 2001 Se incorporan nuevos refrigerantes (BOE-293-2001) (BOE-301-2002)

En 1987, el Protocolo de Montreal (MONTREAL) establece el control y eliminación final de las emisiones de CFCs y halones, habiéndose añadido más sustancias (HCFCs, bromuro de metilo) por medio de sucesivas enmiendas. España y la Unión Europea son partes del Protocolo y de todas sus enmiendas.

En 1997 (KIOTO), la Unión Europea y sus Estados Miembros asumieron, en el ámbito del primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto (2008-2012), la obligación de reducir dichas emisiones en un 8% respecto al año base (1990/1995). Este compromiso se asumió de forma conjunta y, de acuerdo con el artículo 4 del Protocolo de Kioto, se realizó un reparto interno entre los Estados Miembros, por lo que los compromisos asumidos por cada Estado Miembro varían en función de una serie de parámetros de referencia. En el caso de España, este reparto supone la obligación de que la media de emisiones netas de gases de efecto invernadero en el período 2008-2012 no supere el 15% del nivel de emisiones del año base (1990/1995).

En el periodo 2013-2020, la Unión Europea ha comunicado su intención de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto al año 1990, en línea con el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático. En la actualidad (marzo de 2014) la UE se encuentra inmersa en el proceso de negociación de la ratificación de las enmiendas del Protocolo de Kioto.

Tres años después de que la Convención fuese aprobada, el IPCC (IPCC) publicaba su Segundo Informe de Evaluación. Dicho informe concluía que el clima ya había comenzado a cambiar a causa de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En respuesta a este informe, en 1997 los gobiernos acordaron incorporar una adición a la Convención conocida con el nombre de Protocolo de Kioto (KIOTO), que cuenta con medidas más enérgicas, en particular, compromisos jurídicamente vinculantes de reducción o limitación de emisiones. El Protocolo de Kioto, que entró en vigor en febrero de 2005, establece, por primera vez, objetivos de reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero para los principales países desarrollados y economías en transición, con un calendario de cumplimiento. Las emisiones de gases de efecto invernadero de los países industrializados deberían reducirse al menos un 5% por debajo de los niveles de 1990 en el período 2008-2012, conocido como primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto.

Es por tanto que en el año 2000 aparece el reglamento del parlamento europeo y del consejo de 29 de junio de 2000 (DOCE-L244/1-2000) Reglamento (CE) nº 2037/2000 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono publicado en el diario oficial de las comunidades europeas

En el año 2006 se publica el Reglamento (CE) Nº 842/2006 del parlamento europeo y del consejo de 17 de mayo de 2006 (DOUE-L161/1-2006) sobre gases fluorados de efecto invernadero publicado en el diario oficial de la unión europea.

En 2009, (DOUE-L286/1-2009) La Unión Europea publicó el Reglamento (CE) nº 1005/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono, de aplicación a partir del día 1 de enero del 2010. Este Reglamento sustituye al Reglamento (CE) nº 2037/2000, y adapta el régimen comunitario a los avances técnicos y a los cambios introducidos en el Protocolo de Montreal (MONTREAL) relativo a dichas sustancias. Así, este reglamento mantiene las prohibiciones de producción y comercialización general de estas sustancias. Regula asimismo el comercio y las condiciones de exportación o importación.

En 2010 (B.O.E. -154-2010) se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan.

Y ya en 2011 se publica el nuevo reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias. (BOE-57-2011) debido a la antigüedad del anterior reglamento y la necesidad urgente de una remodelación de las seguridades con las apariciones de nuevos sistemas y fluidos.

Este reglamento se va ampliando con Ordenes y Reales Decretos que corrigen errores y modifican apartados, además de ir incluyendo nuevos gases refrigerantes (B.O.E. -180-2011) Corrección de errores, (B.O.E. -68-2012)., (B.O.E.- 105-2012) (B.O.E.-80-2014), (B.O.E.-240-2014) por los que se amplía y modifica la relación de refrigerantes autorizados

Es en 2013 cuando aparece en el sector un nuevo impuesto nacional (BOE-312-2013) que pretende gravar las emisiones fugitivas a la atmosfera, mediante una tasa por kilogramo de producto emitido a la atmosfera, hecho que preocupa en el sector por la fuerte carga económica que supone al ser unas tasas elevadas, siendo el R404A el de mayor tasa. En 2014 se publica el Reglamento sobre gases fluorados de efecto invernadero (DOUE-L150/195-2014) que prohíbe y limita el uso de

gases refrigerantes, siendo al R404A el que más limitaciones soporta.

### .3 DEFINICIONES DE PRINCIPALES PARAMETROS:

Para una mejor comprensión de los parámetros más importantes sobre los que se va a tratar en este apartado, se ofrecen las definiciones y alguna explicación que ayuden a comprender mejor el parámetro y su relevancia

#### **COP:**

A pesar de ser COP la nomenclatura técnica utilizada para tratar el coeficiente de rendimiento en equipos producción de calor, siendo el correspondiente para el frío el EER, es muy común encontrarse con las siglas COP para referirse al coeficiente de rendimiento de una maquina frigorífica como puede ser el compresor. Se define COP o Coeficiente de Rendimiento como la relación / ratio entre la energía útil (suministrado por el compresor) y la energía consumida (la energía para hacer funcionar el compresor).

El COP global tiene en cuenta las energías auxiliares e integra el consumo de energía para el deshielo.

Por su parte El Coeficiente de Eficacia Frigorífica (EER) representa el rendimiento energético de la bomba de calor cuando está produciendo frío, en el caso de tratarse de equipos con funcionamiento en bomba de calor.

$$\text{EER} = \frac{\text{Capacidad frigorífica (W)}}{\text{Consumo eléctrico en frío (W)}}$$

Este parámetro será el que nos marcará la mejora que ofrece un sistema u otro con el uso de los diferentes gases refrigerantes planteados.

#### **PCA (Potencial de calentamiento atmosférico), también conocido como GWD (Global Warming Potential)**

Este parámetro se está convirtiendo en un número muy usado por todos debido a la aparición del impuesto sobre los gases fluorados, ya que este se mide en función del PCA del gas, siendo el impuesto el resultado de multiplicar  $0.02\text{€} \cdot \text{PCA}$ , por tanto, interesará buscar gases fluorados de menor PCA. No solo en el marco económico es importante, siempre salvando la importancia medio-ambiental que merece, sino que también es influyente con la reciente publicación de la nueva F-Gas que se expondrá a continuación, y que a modo de introducción diremos que la F-Gas pone limitaciones en

función del PCA y los controles de fuga los parametriza con TNCO<sub>2</sub> las cuales son directamente proporcionales al PCA

Parámetro que mide el potencial de calentamiento atmosférico producido por un kilo de toda sustancia emitida a la atmósfera, en relación con el efecto producido por un kilo de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, que se toma como referencia, sobre un tiempo de integración dado. Cuando el tiempo de integración es de 100 años se indica con PCA 100.

#### **DESLIZAMIENTO/ GLIDE:**

Es la diferencia, en valor absoluto, de temperatura existente, en el proceso isobárico de ebullición o condensación de una mezcla de refrigerantes, entre la temperatura del punto de burbuja y la temperatura del punto de rocío.

Este parámetro es alto en mezclas zeotrópicas y muy importante a tener en cuenta en varios puntos de la instalación como en el diseño del evaporador y condensador, y válvula de expansión al ser de mayor complejidad la regulación del recalentamiento

Así también podemos definir como:

#### **Azeótropo o mezcla azeotrópica:**

Mezcla de fluidos refrigerantes cuyas fases vapor y líquido en equilibrio poseen la misma composición a una presión determinada.

#### **Zeótropo o mezcla zeotrópica:**

Mezcla de fluidos refrigerantes cuyas fases vapor y líquido en equilibrio y a cualquier presión poseen distinta composición.

#### **Gases Fluorados de Efecto Invernadero:**

hidrofluorocarburos, perfluorocarburos, hexafluoruro de azufre y otros gases de efecto invernadero que contienen fluor, o mezclas que contengan cualquiera de esas sustancias.

#### **Toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>:**

Cantidad de gases de efecto invernadero, expresada como el resultado del producto del peso de los gases de efecto invernadero en toneladas métricas por su potencial de calentamiento atmosférico.

#### **Aparato Sellado Herméticamente:**

Aparato en el que todas las partes que contengan gases fluorados de efecto invernadero están sujetas mediante soldaduras, abrazaderas o una conexión permanente similar, la cual podrá contar con válvulas protegidas u orificios de salida protegidos que permitan una reparación o eliminación adecuadas y cuyo índice de fugas, determinado mediante ensayo, sea inferior a 3 gramos al año bajo una presión equivalente como mínimo al 25% de la presión máxima permitida.

**Sistemas partidos simples de aire acondicionado:**

Sistemas para aire acondicionado en espacios cerrados que se componen de una unidad exterior y otra interior, conectadas por tubería de refrigeración y necesitan instalación en el lugar de uso.

#### .4 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS GASES REFRIGERANTES USADOS EN TRABAJO:

Para tener una visión global de los fluidos frigoríficos que se contemplan a lo largo del trabajo, se detalla la tabla siguiente:

GAS	PCA	GLIDE	COMPOSICION	TIPO DE MEZCLA	PRINCIPAL GENERAL
R404A	3784	0.7	R-125 (44%) R143A (52%) R134a (4 %)	AZEOTROPICA	ALTO PCA
R407F	1705	6.4	R-32 (30%) R125 (30%) R134a (40%)	ZEOTROPICA	ALTO GLIDE / ALTAS T <sup>a</sup> DESCARGA
R134A	1300	0	PURO	AZEOTROPICA	LIMITACION EN BT
CO2	1	0	PURO		LIMITACION DE RANGO DE TRABAJO
NH3	0	0	PURO		TOXICIDAD
R450A	546	0.6	R134a (42%) HFO1234ze (58%)	AZEOTROPICA	BAJA OFERTA EN MERCADO
R449A	1300	4.3	HFC-32 (24.3%) HFC-125 (24.7%) HFC-R134a (25.3%) HFO 1234yf (25.7%)	ZEOTROPICA	BAJA OFERTA EN MERCADO

- .5 CALCULOS DE CARGAS DE REFRIGERACION
- .6 FICHAS DE SELECCIÓN Y CÁLCULO DE MAQUINARIA:
  - Compresores
  - Evaporadores y vitrinas
  - Condensadores
- .7 PLANOS

---

## CALCULO DE CARGAS DE REFRIGERACION

---

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE FRUTAS

Cámara Frigorífica

10/01/2015

Largo interno	m	6,500	Volumen interno	m3	46,800
Ancho interno	m	3,000	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

1 - FRUTA Valor medio

Punto de congelación	°C	-1,2
Contenido de agua	%	81
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,54
Calor latente en congelación	kJ/kg	258,20
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,79
Calor de respiración	W/kg*24h	1,07

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	9828,000
Producto entrada día	kg	982,800
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	4,0 / 85
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	24,554
Recambio aire	24,00 h	kW	6,451
Ventilación	24,00 h	kW	4,099
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	15,943
Respiración	24,00 h	kW	10,516
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>61,563</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 3,420

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE EMPACADOS\_80mm

Cámara Frigorífica

12/01/2015

Largo interno	m	5,000	Volumen interno	m <sup>3</sup>	29,040
Ancho interno	m	2,400	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,420	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

6 - VARIOS Arroz

Punto de congelación	°C	-1,7
Contenido de agua	%	8
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,09
Calor latente en congelación	kJ/kg	33,50
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	0,92
Calor de respiración	W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m <sup>3</sup>	kg	6098,400
Producto entrada día	kg	609,840
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	2,0 / 70
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m <sup>2</sup>	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	19,544
Recambio aire	24,00 h	kW	5,629
Ventilación	24,00 h	kW	2,861
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	3,600
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>31,635</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 1,757

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE CARNES\_80mm

Cámara Frigorífica

12/01/2015

Largo interno	m	5,000	Volumen interno	m3	29,040
Ancho interno	m	2,400	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,420	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

3 - CARNE Ternera

Punto de congelación	°C	-1,7
Contenido de agua	%	74
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,33
Calor latente en congelación	kJ/kg	221,00
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,67
Calor de respiración	W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	6098,400
Producto entrada día	kg	609,840
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara	°C	0
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	22,610
Recambio aire	24,00 h	kW	5,785
Ventilación	24,00 h	kW	2,861
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	12,690
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>43,946</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 2,441

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA LACTEOS\_80mm

Cámara Frigorífica

12/01/2015

Largo interno	m	3,240	Volumen interno	m3	60,886
Ancho interno	m	7,830	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

4 - LACTEOS Queso

Punto de congelación	°C	-5,0
Contenido de agua	%	62
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	2,93
Calor latente en congelación	kJ/kg	267,90
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,89
Calor de respiración	W/kg*24h	1,16

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	12786,077
Producto entrada día	kg	1278,608
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	2,0 / 81
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	36,858
Recambio aire	24,00 h	kW	7,985
Ventilación	24,00 h	kW	5,081
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	20,289
Respiración	24,00 h	kW	14,832
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>85,044</b>

Horas funcionamiento compresor	h	18,00
--------------------------------	---	-------

Carga horaria de la instalación	kW	4,725
---------------------------------	----	-------

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE RESIDUOS

Cámara Frigorífica

11/01/2015

Largo interno	m	2,000	Volumen interno	m <sup>3</sup>	10,560
Ancho interno	m	2,200	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m <sup>3</sup> .	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m <sup>3</sup> .	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m <sup>3</sup> .	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m <sup>3</sup> .	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m <sup>3</sup> .	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

6 - VARIOS	Aceite		
Punto de congelación		°C	-5,0
Contenido de agua		%	19
Calor específico antes de la congelación		kJ/(kg*°C)	1,47
Calor latente en congelación		kJ/kg	83,80
Calor específico después de la congelación		kJ/(kg*°C)	1,26
Calor de respiración		W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco			
Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m <sup>3</sup>	kg		2217,600
Producto entrada día	kg		221,760
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %		26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %		4,0 / 85
Temperatura de carga	°C		15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h		16
Número de personas en cámara			0
Horas de permanencia	h		,0
Iluminación	W/m <sup>2</sup>		10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	7,350
Recambio aire	24,00 h	kW	2,991
Ventilación	24,00 h	kW	1,573
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	1,494
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>13,409</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 0,745

Usuario CONEN  
 Referencia Cliente CAMARA DE PESCADO

Cámara Frigorífica

10/01/2015

Largo interno	m	4,100	Volumen interno	m3	35,916
Ancho interno	m	3,650	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

5 - PESCADO Atún

Punto de congelación	°C	-2,2
Contenido de agua	%	77
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,43
Calor latente en congelación	kJ/kg	235,00
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,72
Calor de respiración	W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	7542,360
Producto entrada día	kg	754,236
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara	°C	0
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	26,603
Recambio aire	24,00 h	kW	6,433
Ventilación	24,00 h	kW	3,340
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	16,166
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>52,543</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 2,919

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE AVES\_80mm

Cámara Frigorífica

12/01/2015

Largo interno	m	3,100	Volumen interno	m3	17,041
Ancho interno	m	2,300	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,390	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

3 - CARNE Pavo

Punto de congelación	°C	-2,8
Contenido de agua	%	73
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,28
Calor latente en congelación	kJ/kg	214,00
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,65
Calor de respiración	W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	3578,547
Producto entrada día	kg	357,855
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara	°C	0
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	14,487
Recambio aire	24,00 h	kW	4,431
Ventilación	24,00 h	kW	2,025
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	7,335
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>28,278</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 1,571

Usuario CONEN Cámara Frigorífica  
Referencia Cliente CAMARA DE PROD TERMIN\_80mm 12/01/2015

Largo interno	m	1,550	Volumen interno	m3	6,845
Ancho interno	m	1,840	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

1 - FRUTA Valor medio

Punto de congelación	°C	-1,2
Contenido de agua	%	81
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,54
Calor latente en congelación	kJ/kg	258,20
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,79
Calor de respiración	W/kg*24h	1,07

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	1437,408
Producto entrada día	kg	143,741
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	2,0 / 70
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	6,270
Recambio aire	24,00 h	kW	2,705
Ventilación	24,00 h	kW	1,314
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	2,756
Respiración	24,00 h	kW	1,538
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>14,584</b>

Horas funcionamiento compresor	h	18,00
--------------------------------	---	-------

Carga horaria de la instalación	kW	0,810
---------------------------------	----	-------

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE QUESOS\_80mm

Cámara Frigorífica

12/01/2015

Largo interno	m	2,700	Volumen interno	m3	10,692
Ancho interno	m	1,650	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

4 - LACTEOS Queso

Punto de congelación	°C	-5,0
Contenido de agua	%	62
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	2,93
Calor latente en congelación	kJ/kg	267,90
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,89
Calor de respiración	W/kg*24h	1,16

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	2245,320
Producto entrada día	kg	224,532
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	2,0 / 85
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	8,821
Recambio aire	24,00 h	kW	3,255
Ventilación	24,00 h	kW	1,582
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	3,563
Respiración	24,00 h	kW	2,605
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>19,826</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 1,101

Usuario CONEN Cámara Frigorífica  
Referencia Cliente CAMRA DE CHARCUTERIA\_80mm 12/01/2015

Largo interno	m	2,400	Volumen interno	m3	13,997
Ancho interno	m	2,430	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

**3 - CARNE** Embutido fresco

Punto de congelación	°C	-3,3
Contenido de agua	%	86
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,73
Calor latente en congelación	kJ/kg	217,70
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	2,35
Calor de respiración	W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	2939,328
Producto entrada día	kg	293,933
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	2,0 / 81
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	10,701
Recambio aire	24,00 h	kW	3,772
Ventilación	24,00 h	kW	1,813
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	5,938
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>22,224</b>

Horas funcionamiento compresor	h	18,00
--------------------------------	---	-------

Carga horaria de la instalación	kW	1,235
---------------------------------	----	-------

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE PASTELERÍA\_80mm

Cámara Frigorífica

12/01/2015

Largo interno	m	1,600	Volumen interno	m3	8,832
Ancho interno	m	2,300	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

6 - VARIOS Pan

Punto de congelación	°C	-8,0
Contenido de agua	%	62
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	2,93
Calor latente en congelación	kJ/kg	126,00
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,42
Calor de respiración	W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	1854,720
Producto entrada día	kg	185,472
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara	°C	0
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	8,710
Recambio aire	24,00 h	kW	3,232
Ventilación	24,00 h	kW	1,453
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	3,396
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>16,790</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 0,933

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE ENVÍOS\_80mm

Cámara Frigorífica

12/01/2015

Largo interno	m	3,300	Volumen interno	m3	26,928
Ancho interno	m	3,400	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

1 - FRUTA Valor medio

Punto de congelación	°C	-1,2
Contenido de agua	%	81
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,54
Calor latente en congelación	kJ/kg	258,20
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,79
Calor de respiración	W/kg*24h	1,07

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	5654,880
Producto entrada día	kg	565,488
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	2,0 / 70
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	18,050
Recambio aire	24,00 h	kW	5,417
Ventilación	24,00 h	kW	2,714
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	10,841
Respiración	24,00 h	kW	6,051
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>43,073</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 2,393

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE CONSIGNA\_80mm

Cámara Frigorífica

12/01/2015

Largo interno	m	2,100	Volumen interno	m3	6,401
Ancho interno	m	1,270	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

1 - FRUTA Valor medio

Punto de congelación	°C	-1,2
Contenido de agua	%	81
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,54
Calor latente en congelación	kJ/kg	258,20
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,79
Calor de respiración	W/kg*24h	1,07

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	1344,168
Producto entrada día	kg	134,417

Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	2,0 / 70
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	6,058
Recambio aire	24,00 h	kW	2,615
Ventilación	24,00 h	kW	1,283
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	2,577
Respiración	24,00 h	kW	1,438
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>13,972</b>

Horas funcionamiento compresor	h	18,00
--------------------------------	---	-------

Carga horaria de la instalación	kW	0,776
---------------------------------	----	-------

Usuario CONEN Cámara Frigorífica  
Referencia Cliente CAMRA DE CHARCUTERIA\_80mm 12/01/2015

Largo interno	m	2,400	Volumen interno	m3	13,997
Ancho interno	m	2,430	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	80	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

3 - CARNE Embutido fresco

Punto de congelación	°C	-3,3
Contenido de agua	%	86
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,73
Calor latente en congelación	kJ/kg	217,70
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	2,35
Calor de respiración	W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	2939,328
Producto entrada día	kg	293,933
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	2,0 / 81
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	10,701
Recambio aire	24,00 h	kW	3,772
Ventilación	24,00 h	kW	1,813
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	5,938
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>22,224</b>

Horas funcionamiento compresor	h	18,00
--------------------------------	---	-------

Carga horaria de la instalación	kW	1,235
---------------------------------	----	-------

Usuario CONEN Cámara Frigorífica  
Referencia Cliente LINEA DE PREPARACION DE CARNES 5mm 26/01/2015

Largo interno	m	8,100	Volumen interno	m3	83,592
Ancho interno	m	4,300	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

3 - CARNE	Valor_medio		
Punto de congelación		°C	-2,2
Contenido de agua		%	64
Calor específico antes de la congelación		kJ/(kg*°C)	2,99
Calor latente en congelación		kJ/kg	205,30
Calor específico después de la congelación		kJ/(kg*°C)	1,56
Calor de respiración		W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco			
Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg		17554,320
Producto entrada día	kg		1755,432
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %		26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %		10,0 / 70
Temperatura de carga	°C		15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h		16
Número de personas en cámara			2
Horas de permanencia	h		4,0
Iluminación	W/m2		10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	83,832
Recambio aire	24,00 h	kW	9,334
Ventilación	24,00 h	kW	6,663
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	10,933
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	1,804
Iluminación	24,00 h	kW	1,393
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>113,959</b>

Horas funcionamiento compresor	h		18,00
--------------------------------	---	--	-------

Carga horaria de la instalación	kW		6,331
---------------------------------	----	--	-------

Usuario CONEN Cámara Frigorífica  
Referencia Cliente LINEA DE PREPARACION DE CARNES 5mm 26/01/2015

Largo interno	m	8,100	Volumen interno	m3	83,592
Ancho interno	m	4,300	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

3 - CARNE	Valor_medio		
Punto de congelación		°C	-2,2
Contenido de agua		%	64
Calor específico antes de la congelación		kJ/(kg*°C)	2,99
Calor latente en congelación		kJ/kg	205,30
Calor específico después de la congelación		kJ/(kg*°C)	1,56
Calor de respiración		W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco			
Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg		17554,320
Producto entrada día	kg		1755,432
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %		26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %		10,0 / 70
Temperatura de carga	°C		15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h		16
Número de personas en cámara			2
Horas de permanencia	h		4,0
Iluminación	W/m2		10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	83,832
Recambio aire	24,00 h	kW	9,334
Ventilación	24,00 h	kW	6,663
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	10,933
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	1,804
Iluminación	24,00 h	kW	1,393
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>113,959</b>

Horas funcionamiento compresor	h		18,00
--------------------------------	---	--	-------

Carga horaria de la instalación	kW		6,331
---------------------------------	----	--	-------

Usuario CONEN Cámara Frigorífica  
Referencia Cliente LINEA DE PICADO DE CARNE 40mm

26/01/2015

Largo interno	m	1,580	Volumen interno	m <sup>3</sup>	7,044
Ancho interno	m	1,850	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,410	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m <sup>3</sup> .	5	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m <sup>3</sup> .	5	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m <sup>3</sup> .	5	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m <sup>3</sup> .	5	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m <sup>3</sup> .	5	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

3 - CARNE Valor\_medio

Punto de congelación	°C	-2,2
Contenido de agua	%	64
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	2,99
Calor latente en congelación	kJ/kg	205,30
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,56
Calor de respiración	W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m <sup>3</sup>	kg	1479,330
Producto entrada día	kg	147,933
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	10,0 / 70
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		2
Horas de permanencia	h	4,0
Iluminación	W/m <sup>2</sup>	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	16,797
Recambio aire	24,00 h	kW	3,919
Ventilación	24,00 h	kW	1,328
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	0,921
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	1,804
Iluminación	24,00 h	kW	0,117
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>24,886</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 1,383

Usuario CONEN  
 Referencia Cliente LINEA DE PESCADO 5mm

Cámara Frigorífica

26/01/2015

Largo interno	m	16,300	Volumen interno	m3	136,920
Ancho interno	m	3,500	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	5	0,020	26,0
Pavimento	Hormigón	100	1,512	12,0

5 - PESCADO Atún

Punto de congelación	°C	-2,2
Contenido de agua	%	77
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,43
Calor latente en congelación	kJ/kg	235,00
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,72
Calor de respiración	W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto fresco

Capacidad máxima con densidad 300,00 kg/m3	kg	28753,200
Producto entrada día	kg	2875,320
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara / Humedad relativa	°C / %	10,0 / 70
Temperatura de carga	°C	15,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		2
Horas de permanencia	h	4,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	135,204
Recambio aire	24,00 h	kW	11,740
Ventilación	24,00 h	kW	10,380
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	20,543
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	1,804
Iluminación	24,00 h	kW	2,282
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>181,953</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 10,109

Usuario CONEN Cámara Frigorífica  
Referencia Cliente CAMARA DE CONGELADOS ENVÍOS\_120mm 12/01/2015

Largo interno	m	3,310	Volumen interno	m3	14,855
Ancho interno	m	1,870	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pavimento	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	12,0

2 - VERDURA Valor.medio

Punto de congelación	°C	-1,2
Contenido de agua	%	87
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,74
Calor latente en congelación	kJ/kg	276,00
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,89
Calor de respiración	W/kg*24h	1,44

Cámara Frigorífica Conservación producto congelado

Capacidad máxima con densidad 250,00 kg/m3	kg	2599,674
Producto entrada día	kg	259,967
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara	°C	-20,0
Temperatura de carga	°C	-20,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	7,505
Recambio aire	24,00 h	kW	7,000
Ventilación	24,00 h	kW	1,873
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	0
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>16,378</b>

Horas funcionamiento compresor	h	18,00
--------------------------------	---	-------

Carga horaria de la instalación	kW	0,910
---------------------------------	----	-------

Usuario CONEN Cámara Frigorífica  
Referencia Cliente CAMARA DE CONGELADOS GENERAL\_120mm 12/01/2015

Largo interno	m	9,700	Volumen interno	m3	53,311
Ancho interno	m	2,290	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pavimento	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	12,0

2 - VERDURA Valor.medio

Punto de congelación	°C	-1,2
Contenido de agua	%	87
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	3,74
Calor latente en congelación	kJ/kg	276,00
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,89
Calor de respiración	W/kg*24h	1,44

Cámara Frigorífica Conservación producto congelado

Capacidad máxima con densidad 250,00 kg/m3	kg	9329,460
Producto entrada día	kg	932,946
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara	°C	-20,0
Temperatura de carga	°C	-20,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	19,206
Recambio aire	24,00 h	kW	13,261
Ventilación	24,00 h	kW	4,553
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	0
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>37,020</b>

Horas funcionamiento compresor	h	18,00
--------------------------------	---	-------

Carga horaria de la instalación	kW	2,057
---------------------------------	----	-------

Usuario CONEN Cámara Frigorífica  
 Referencia Cliente CAMARA DE CONGELADOS PASTELERIA\_120mm 12/01/2015

Largo interno	m	2,350	Volumen interno	m3	7,050
Ancho interno	m	1,250	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	26,0
Pavimento	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	120	0,020	12,0

6 - VARIOS	Pan		
Punto de congelación		°C	-8,0
Contenido de agua		%	62
Calor específico antes de la congelación		kJ/(kg*°C)	2,93
Calor latente en congelación		kJ/kg	126,00
Calor específico después de la congelación		kJ/(kg*°C)	1,42
Calor de respiración		W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto congelado			
Capacidad máxima con densidad 250,00 kg/m3	kg		1233,750
Producto entrada día	kg		123,375
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %		26,0 / 55
Temp. cámara	°C		-20,0
Temperatura de carga	°C		-20,0
Horas a disposición para la refrigeración	h		16
Número de personas en cámara			0
Horas de permanencia	h		,0
Iluminación	W/m2		10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	4,930
Recambio aire	24,00 h	kW	4,822
Ventilación	24,00 h	kW	1,329
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	0
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>11,081</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 0,616

Usuario CONEN Cámara Frigorífica  
 Referencia Cliente CAMARA DE CONGELADOS PLATOS PREPARADOS\_120mm 12/01/2015

Largo interno	m	1,630	Volumen interno	m3	4,890
Ancho interno	m	1,250	Posición Cámara	Interna	
Altura interna	m	2,400	Tráfico	Medio	

	Aislante	Espesor mm	Conductividad W/(m*°C)	Temp. externa °C
Pared A	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	150	0,020	26,0
Pared B	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	150	0,020	26,0
Pared C	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	150	0,020	26,0
Pared D	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	150	0,020	26,0
Techo	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	150	0,020	26,0
Pavimento	Poliuretano expando 40 Kg/m3.	150	0,020	12,0

3 - CARNE Valor\_medio

Punto de congelación	°C	-2,2
Contenido de agua	%	64
Calor específico antes de la congelación	kJ/(kg*°C)	2,99
Calor latente en congelación	kJ/kg	205,30
Calor específico después de la congelación	kJ/(kg*°C)	1,56
Calor de respiración	W/kg*24h	0

Cámara Frigorífica Conservación producto congelado

Capacidad máxima con densidad 250,00 kg/m3	kg	855,750
Producto entrada día	kg	85,575
Temp. aire externo / Hum. Rel.	°C / %	26,0 / 55
Temp. cámara	°C	-20,0
Temperatura de carga	°C	-20,0
Horas a disposición para la refrigeración	h	16
Número de personas en cámara		0
Horas de permanencia	h	,0
Iluminación	W/m2	10

Pérdida por paredes	24,00 h	kW	3,341
Recambio aire	24,00 h	kW	4,016
Ventilación	24,00 h	kW	1,178
Enfriamiento producto	24,00 h	kW	0
Respiración	24,00 h	kW	0
Embalaje	24,00 h	kW	0
Personas	24,00 h	kW	0
Iluminación	24,00 h	kW	0
Otros	24,00 h	kW	0
<b>TOTAL</b>	<b>24,00 h</b>	<b>kW</b>	<b>8,536</b>

Horas funcionamiento compresor h 18,00

Carga horaria de la instalación kW 0,474

---

## COMPRESORES CENTRAL POSITIVA

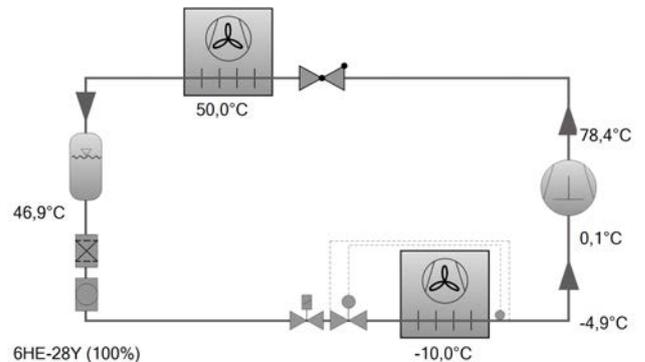
---



### Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

#### Valores de entrada

Modelo de compresor	6HE-28Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R404A
Temperatura de referencia	Temperatura media
Temp. de evaporación	-10,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



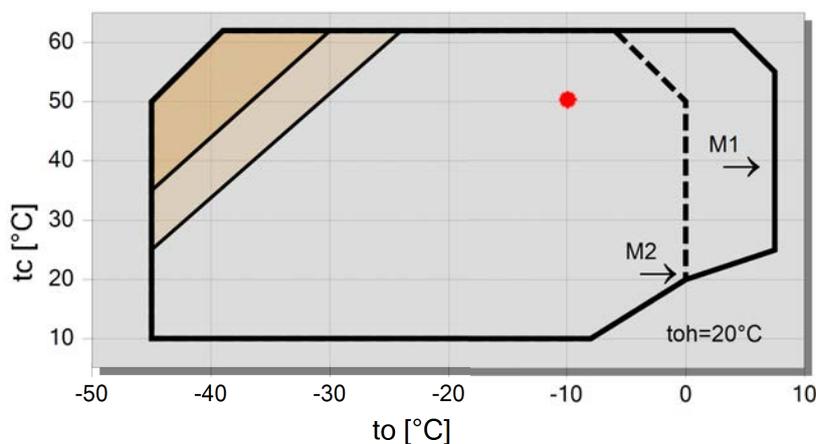
#### Resultado

Compresor	6HE-28Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	48,9 kW
Potencia frigorífica *	51,5 kW
Potencia en el evap.	46,6 kW
Potencia absorbida	26,0 kW
Corriente (400V)	44,9 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	75,0 kW
COP/EER	1,79
COP/EER *	1,99
Caudal másico	1801 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	78,4 °C

#### Datos provisionales

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

#### Límites de aplicación 100%



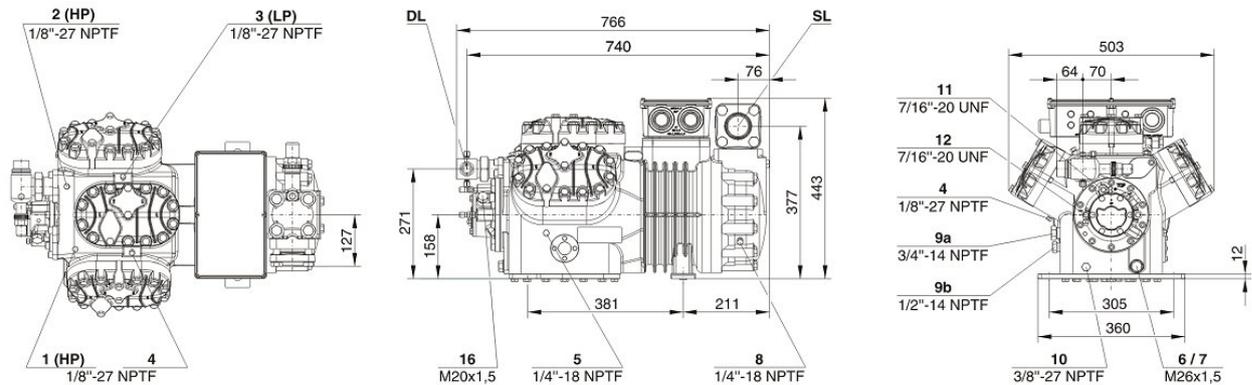
#### Leyenda

- enfr. adicional o sobrecalentamiento del gas de aspiración  $\leq 20K$
- enfr. adicional o max.  $< 0^\circ C$  temperatura del gas aspirado
- M1: motor 1
- M2: motor 2
- A



## Datos técnicos: 6HE-28Y

### Dimensiones y conexiones



### Datos técnicos

#### Informaciones técnicas

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	110,5 m <sup>3</sup> /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	133,4 m <sup>3</sup> /h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	6 x 70 mm x 55 mm
Peso	224 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32 bar
Conexión línea aspiración	54 mm - 2 1/8"
Conexión línea descarga	35 mm - 1 3/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard) / R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2(Option)

#### Informaciones motor

Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V PW-3-50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	53.2 A
Relación de bobinado	50/50
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	141.0 A Y / 233.0 A YY
Potencia máx. absorbida	33,0 kW

#### Estándar de entrega

Protección motor	SE-B2
Clase de protección	IP54 (Standard), IP66 (Option)
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	4,75 dm <sup>3</sup>

#### Opciones disponibles

Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Arranque en vacío	Option
Regulación de capacidad	100-66-33% (Option)
Regulación de capacidad - en continuo	100-10% (Option)
Ventilador adicional	Option
Sistema CIC	Option
Válvula de servicio aceite	Option
Calefactor de Cártor	140 W (Option)
Control de presión de aceite	MP54 (Option), Delta-PII

#### Nivel sonoro medido

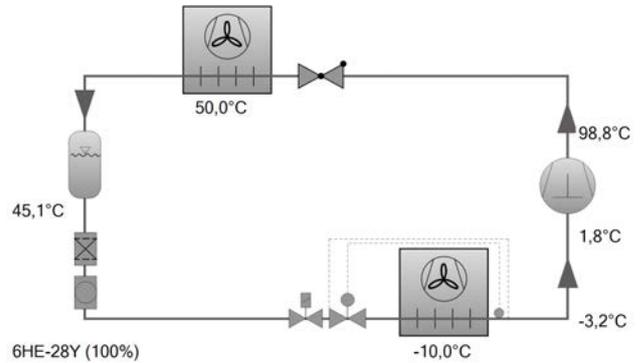
Potencia sonora (-10°C / 45°C)	81,8 dB(A) @50Hz
Potencia sonora (-35°C / 40°C)	89,5 dB(A) @50Hz
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C)	73,8 dB(A) @50Hz
Presión sonora @ 1m (-35°C / 40°C)	81,5 dB(A) @50Hz
Potencia sonora (-10°C / 45°C) R134a	79,8 dB(A) @50Hz
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C) R134a	71,8 dB(A) @50Hz



### Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

#### Valores de entrada

Modelo de compresor	6HE-28Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R407F
Temperatura de referencia	Temperatura media
Temp. de evaporación	-10,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



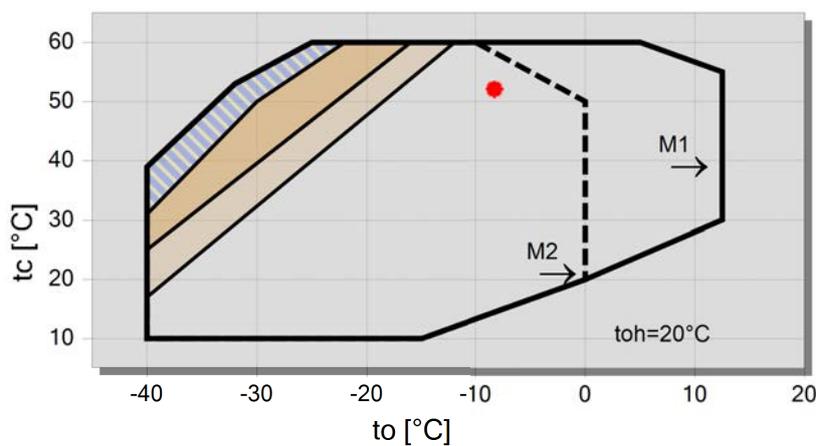
#### Resultado

Compresor	6HE-28Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	54,2 kW
Potencia frigorífica *	52,3 kW
Potencia en el evap.	52,5 kW
Potencia absorbida	25,4 kW
Corriente (400V)	43,9 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	79,6 kW
COP/EER	2,06
COP/EER *	2,17
Caudal másico	1292 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	98,8 °C

#### Datos provisionales

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido) - Atención: ¡ Basado en el punto de rocío !

#### Límites de aplicación 100%



#### Leyenda

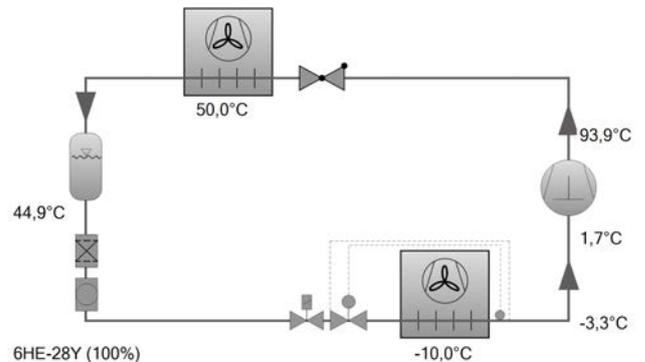
- enfri. adicional & sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfri. adicional o sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfri. adicional o max. <0°C temperatura del gas aspirado
- M1: motor 1
- M2: motor 2
- A



### Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

#### Valores de entrada

Modelo de compresor	6HE-28Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R449A
Temperatura de referencia	Temperatura media
Temp. de evaporación	-10,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



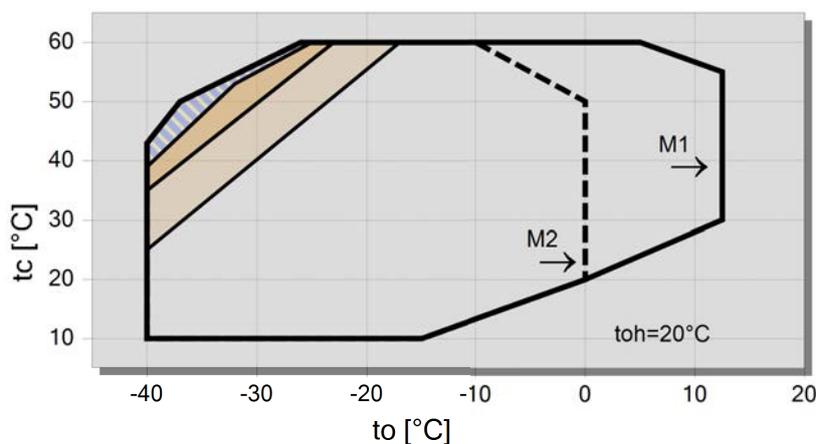
#### Resultado

Compresor	6HE-28Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	50,8 kW
Potencia frigorífica *	50,0 kW
Potencia en el evap.	49,1 kW
Potencia absorbida	24,7 kW
Corriente (400V)	42,8 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	75,5 kW
COP/EER	1,99
COP/EER *	2,13
Caudal másico	1365 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	93,9 °C

#### Datos provisionales

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

#### Límites de aplicación 100%



#### Leyenda

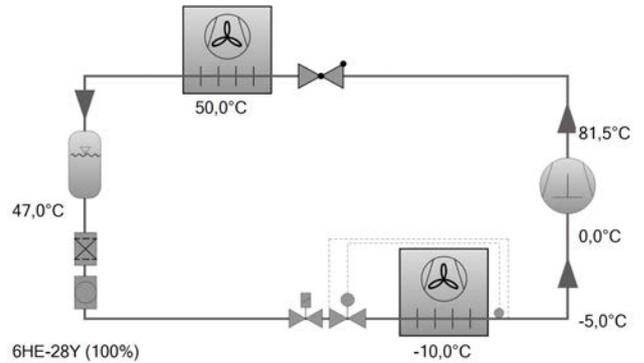
- enfri. adicional & sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfri. adicional o sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfri. adicional o max. <0°C temperatura del gas aspirado
- M1: motor 1
- - - M2: motor 2
- A



### Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

#### Valores de entrada

Modelo de compresor	6HE-28Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-10,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



#### Resultado

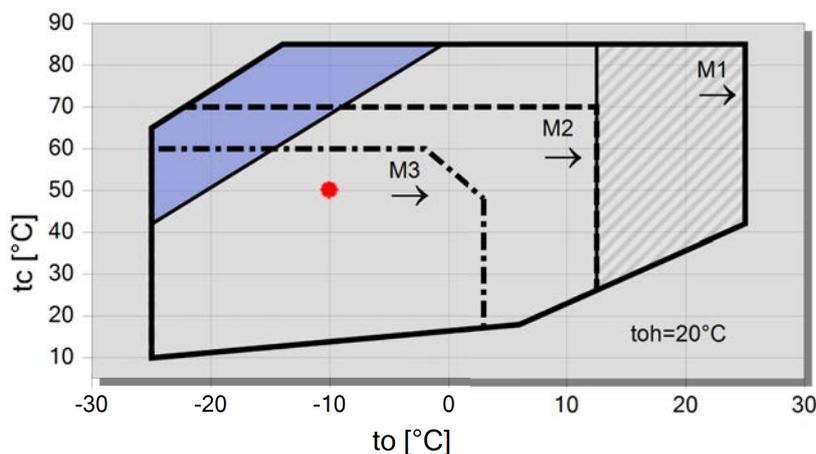
Compresor	6HE-28Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	30,6 kW
Potencia frigorífica *	31,0 kW
Potencia en el evap.	29,6 kW
Potencia absorbida	13,72 kW
Corriente (400V)	27,2 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	44,3 kW
COP/EER	2,16
COP/EER *	2,26
Caudal másico	826 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	81,5 °C



#### Datos provisionales

\*Datos de rendimiento del compresor certificados por ASERCOM (ver Datos técnicos/ Notas)  
 \*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

#### Límites de aplicación 100%



#### Leyenda

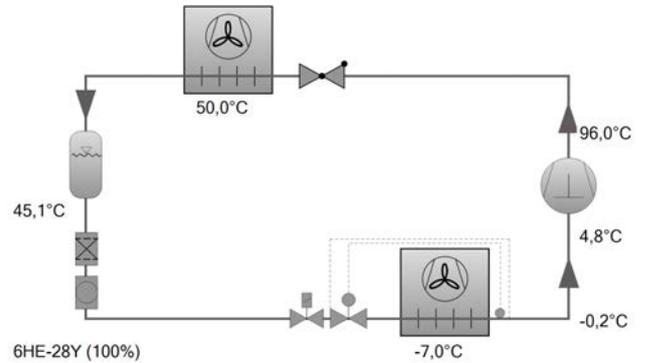
- enfriamiento adicional
- sobrecalentamiento del gas de aspiración >10K
- M1: motor 1
- - - M2: motor 2
- · - · M3: motor 3
- A



## Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

### Valores de entrada

Modelo de compresor	6HE-28Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R407F
Temperatura de referencia	Temperatura media
Temp. de evaporación	-7,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



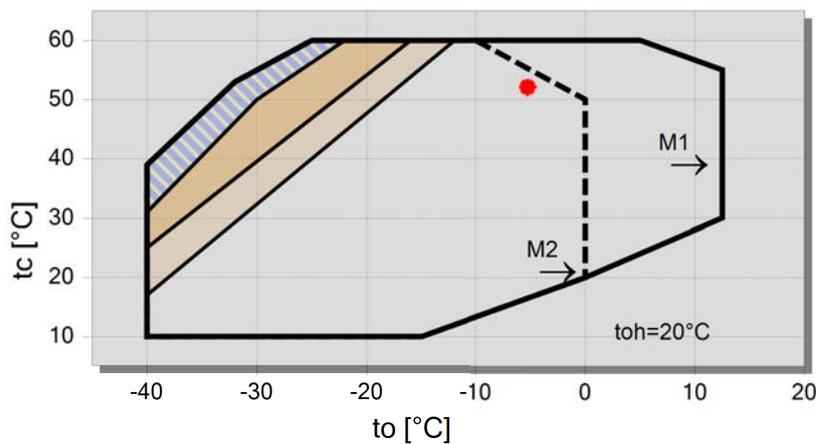
### Resultado

Compresor	6HE-28Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	62,4 kW
Potencia frigorífica *	59,9 kW
Potencia en el evap.	60,5 kW
Potencia absorbida	27,0 kW
Corriente (400V)	46,4 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	89,5 kW
COP/EER	2,24
COP/EER *	2,33
Caudal másico	1474 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	96,0 °C

### Datos provisionales

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido) - Atención: ¡ Basado en el punto de rocío !

### Límites de aplicación 100%



### Leyenda

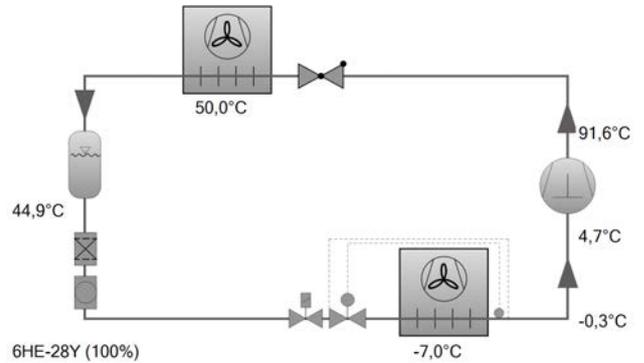
- enfri. adicional & sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfri. adicional o sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfri. adicional o max. <0°C temperatura del gas aspirado
- M1: motor 1
- - - M2: motor 2
- A



### Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

#### Valores de entrada

Modelo de compresor	6HE-28Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R449A
Temperatura de referencia	Temperatura media
Temp. de evaporación	-7,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



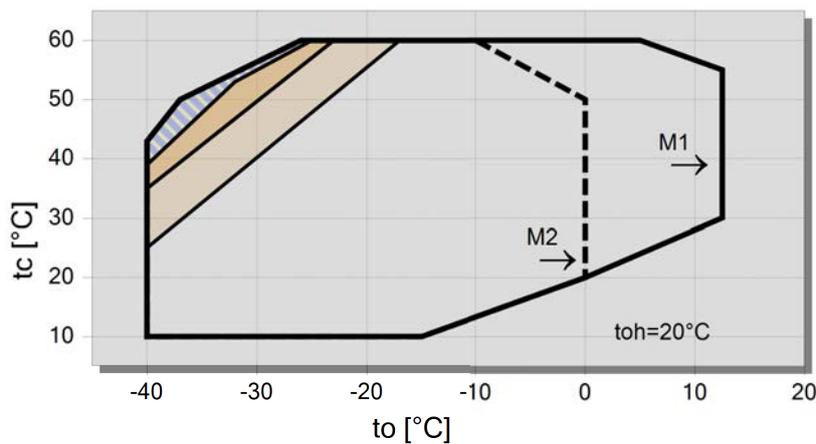
#### Resultado

Compresor	6HE-28Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	58,4 kW
Potencia frigorífica *	56,9 kW
Potencia en el evap.	56,5 kW
Potencia absorbida	26,1 kW
Corriente (400V)	45,0 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	84,6 kW
COP/EER	2,16
COP/EER *	2,29
Caudal másico	1551 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	91,6 °C

#### Datos provisionales

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

#### Límites de aplicación 100%



#### Leyenda

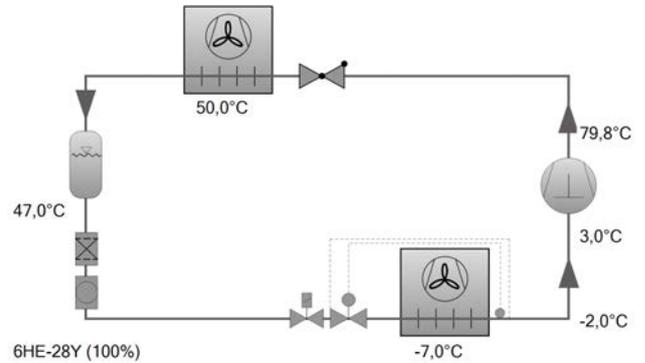
- enfri. adicional & sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfri. adicional o sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfri. adicional o max. <0°C temperatura del gas aspirado
- M1: motor 1
- - - M2: motor 2
- A



## Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

### Valores de entrada

Modelo de compresor	6HE-28Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-7,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



### Resultado

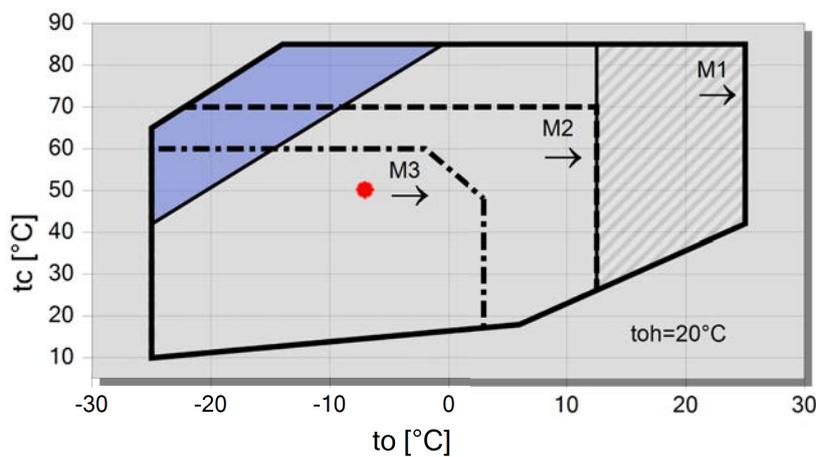
Compresor	6HE-28Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	35,6 kW
Potencia frigorífica *	35,8 kW
Potencia en el evap.	34,5 kW
Potencia absorbida	14,75 kW
Corriente (400V)	28,5 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	50,4 kW
COP/EER	2,34
COP/EER *	2,43
Caudal másico	949 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	79,8 °C



### Datos provisionales

\*Datos de rendimiento del compresor certificados por ASERCOM (ver Datos técnicos/ Notas)  
 \*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

### Límites de aplicación 100%



### Leyenda

- enfriamiento adicional
- sobrecalentamiento del gas de aspiración >10K
- M1: motor 1
- - - M2: motor 2
- · - · M3: motor 3
- A

---

## COMPRESORES CENTRAL NEGATIVA

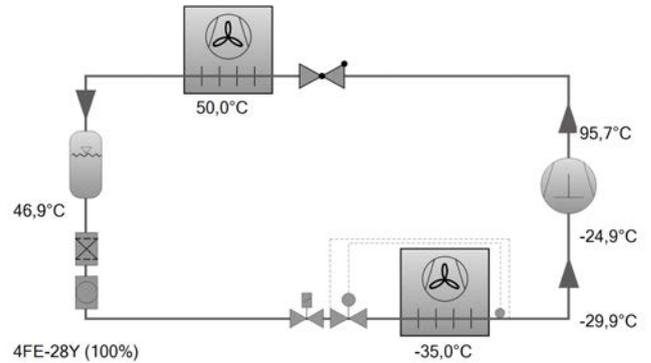
---



## Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

### Valores de entrada

Modelo de compresor	4FE-28Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R404A
Temperatura de referencia	Temperatura media
Temp. de evaporación	-35,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



### Resultado

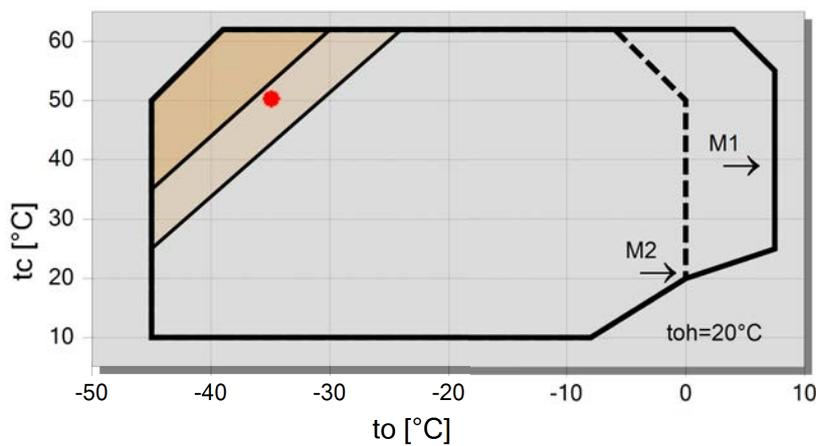
<b>Compresor</b>	<b>4FE-28Y-40P</b>
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	11,69 kW
Potencia frigorífica *	14,62 kW
Potencia en el evap.	11,10 kW
Potencia absorbida	12,49 kW
Corriente (400V)	25,7 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	24,2 kW
COP/EER	0,89
COP/EER *	1,18
Caudal másico	509 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	95,7 °C

### Datos provisionales

Enfriamiento adicional / limitaciones (ver límites + datos técnicos)

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

### Límites de aplicación 100%



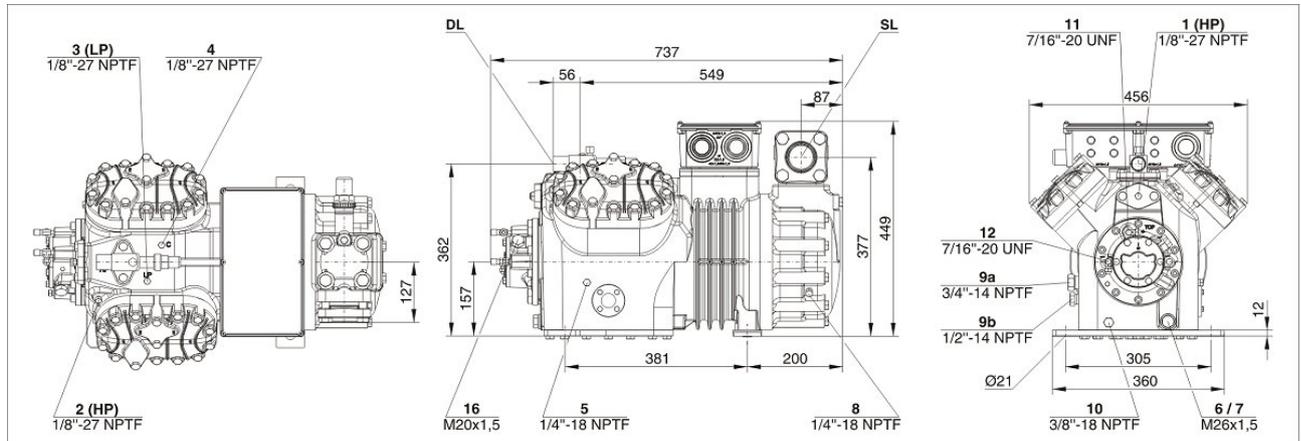
### Leyenda

- enfri. adicional o sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfri. adicional o max. <0°C temperatura del gas aspirado
- M1: motor 1
- M2: motor 2
- A



## Datos técnicos: 4FE-28Y

### Dimensiones y conexiones



### Datos técnicos

#### Informaciones técnicas

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	101,8 m <sup>3</sup> /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	121,3 m <sup>3</sup> /h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	4 x 82 mm x 55 mm
Peso	207 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32 bar
Conexión línea aspiración	54 mm - 2 1/8"
Conexión línea descarga	28 mm - 1 1/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard) / R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2(Option)

#### Informaciones motor

Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V PW-3-50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	52.8 A
Relación de bobinado	50/50
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	141.0 A Y / 233.0 A YY
Potencia máx. absorbida	31,0 kW

#### Estándar de entrega

Protección motor	SE-B2
Clase de protección	IP54 (Standard), IP66 (Option)
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	4,50 dm <sup>3</sup>

#### Opciones disponibles

Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Arranque en vacío	Option
Regulación de capacidad	100-50% (Option)
Regulación de capacidad - en continuo	100-10% (Option)
Ventilador adicional	Option
Sistema CIC	Option
Válvula de servicio aceite	Option
Calefactor de Cáter	140 W (Option)
Control de presión de aceite	MP54 (Option), Delta-PII

#### Nivel sonoro medido

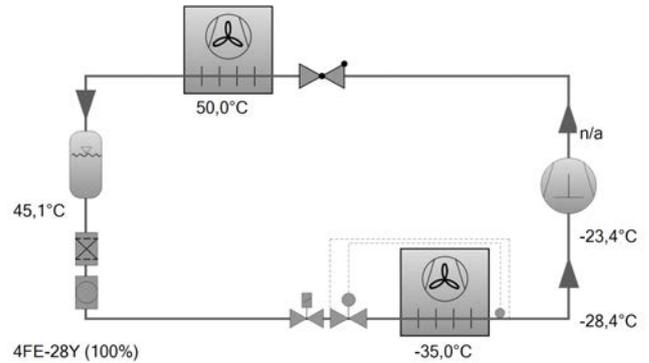
Potencia sonora (-10°C / 45°C)	81,0 dB(A) @50Hz
Potencia sonora (-35°C / 40°C)	86,5 dB(A) @50Hz
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C)	73 dB(A) @50Hz
Presión sonora @ 1m (-35°C / 40°C)	78,5 dB(A) @50Hz
Potencia sonora (-10°C / 45°C) R134a	79 dB(A) @50Hz
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C) R134a	71 dB(A) @50Hz



## Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

### Valores de entrada

Modelo de compresor	4FE-28Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R407F
Temperatura de referencia	Temperatura media
Temp. de evaporación	-35,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



### Resultado

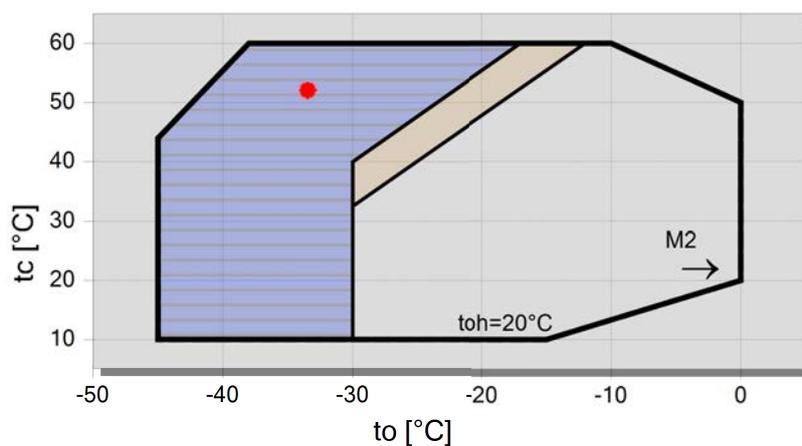
Compresor	4FE-28Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	9,92 kW
Potencia frigorífica *	10,23 kW
Potencia en el evap.	9,62 kW
Potencia absorbida	10,84 kW
Corriente (400V)	23,8 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	20,8 kW
COP/EER	0,89
COP/EER *	1,00
Caudal másico	260 kg/h
Modo de funcionamiento	CIC
Temp. Gas de descarga no enfriado	--

### Datos provisionales

Enfriamiento adicional / limitaciones (ver límites + datos técnicos)

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido) - Atención: ¡ Basado en el punto de rocío !

### Límites de aplicación CIC



### Leyenda

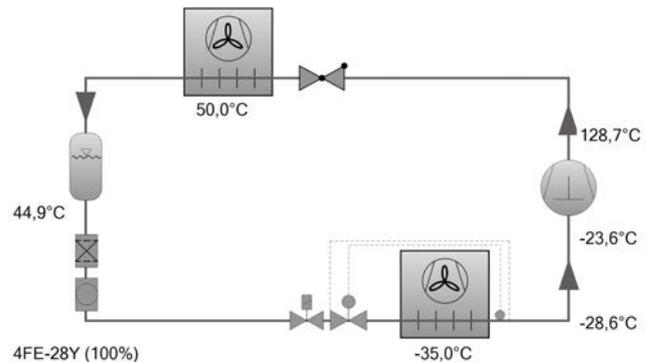
- enfriamiento adicional & CIC
- enfri. adicional o max. <0°C temperatura del gas aspirado
- M2: motor 2
- A



### Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

#### Valores de entrada

Modelo de compresor	4FE-28Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R449A
Temperatura de referencia	Temperatura media
Temp. de evaporación	-35,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



#### Resultado

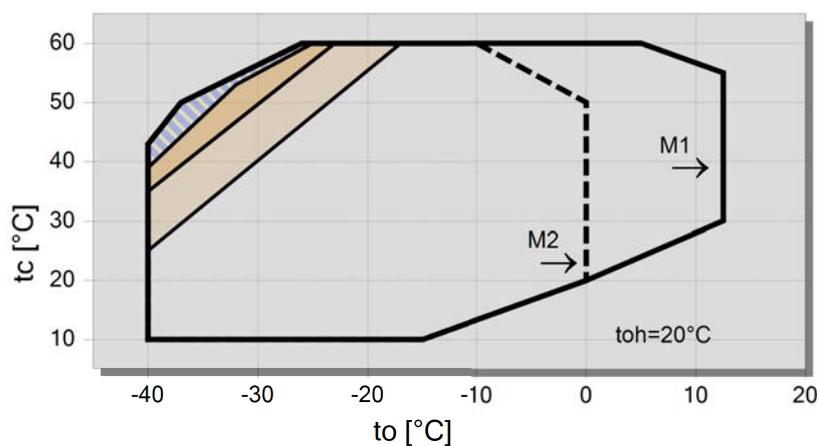
Compresor	4FE-28Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	11,30 kW
Potencia frigorífica *	12,47 kW
Potencia en el evap.	10,92 kW
Potencia absorbida	11,36 kW
Corriente (400V)	24,4 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	22,7 kW
COP/EER	0,96
COP/EER *	1,17
Caudal másico	342 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	128,7 °C

#### Datos provisionales

Enfriamiento adicional / limitaciones (ver límites + datos técnicos)

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

#### Límites de aplicación 100%



#### Leyenda

- enfr. adicional & sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfr. adicional o sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
- enfr. adicional o max. <0°C temperatura del gas aspirado
- M1: motor 1
- M2: motor 2
- A

---

## COMPRESORES CENTRAL CO2

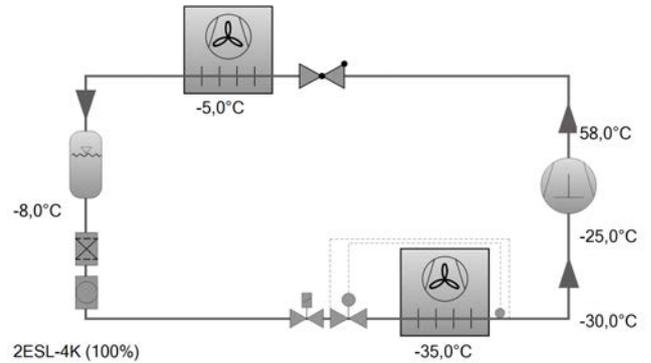
---



### Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

#### Valores de entrada

Modelo de compresor	2ESL-4K
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R744
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-35,00 °C
Temp. de condensación	-5,00 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Subcrítico
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	5,00 K



#### Resultado

Compresor	2ESL-4K-40S
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	14,19 kW
Potencia frigorífica *	13,82 kW
Potencia en el evap.	13,92 kW
Potencia absorbida	3,41 kW
Corriente (400V)	6,36 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	17,60 kW
COP/EER	4,08
COP/EER *	4,06
Caudal másico	192,3 kg/h
Temp. Gas de descarga no enfriado	58,0 °C

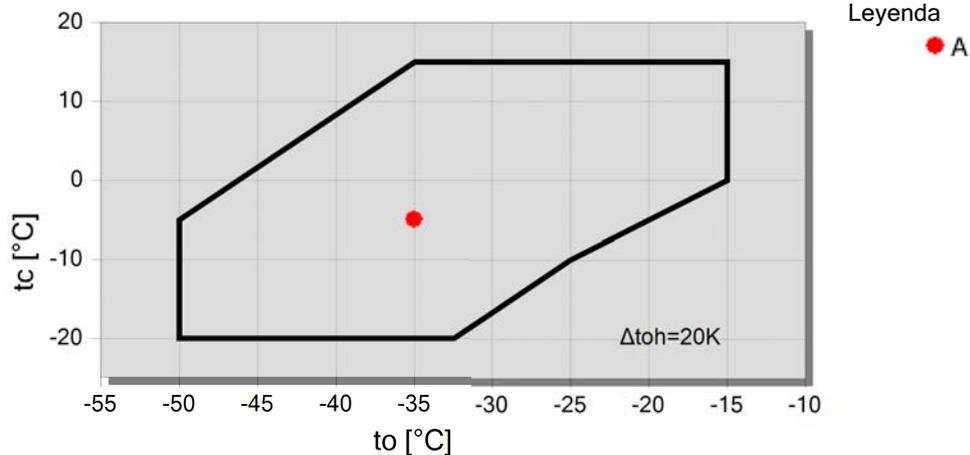


#### Datos provisionales

\*Datos de rendimiento del compresor certificados por ASERCOM (ver Datos técnicos/ Notas)

\*según EN12900 (recalentamiento de gas aspirado 10 K, sin subenfriamiento del líquido)

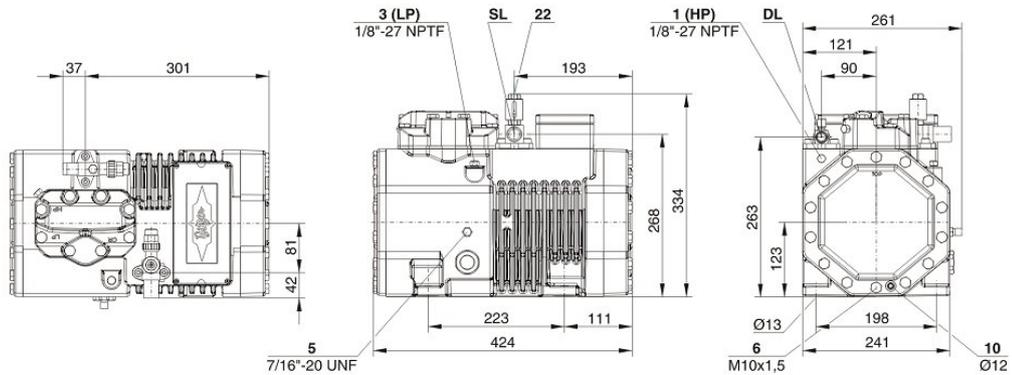
#### Límites de aplicación





## Datos técnicos: 2ESL-4K

### Dimensiones y conexiones



### Datos técnicos

#### Informaciones técnicas

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	7,81 m <sup>3</sup> /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	9,42 m <sup>3</sup> /h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	2 x 46 mm x 27 mm
Peso	77,5 kg
Presión máxima (BP/AP)	30 / 53 bar
Conexión línea aspiración	22 mm - 7/8"
Conexión línea descarga	16 mm - 5/8"
Aceite para R744 (CO <sub>2</sub> )	BSE60K (Standard) BSE85K (Option)

#### Informaciones motor

Versión del motor	1
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V Y-3-50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	9.7 A
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	53.5 A
Potencia máx. absorbida	5,5 kW

#### Estándar de entrega

Protección motor	SE-B1
Clase de protección	IP65
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	1,50 dm <sup>3</sup>

#### Opciones disponibles

Calentador de Cárter	0..120 W PTC (Option)
----------------------	-----------------------

#### Nivel sonoro medido

---

## EVAPORADORES

---

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA FRUTAS R404A

Selección Aeroevaporador

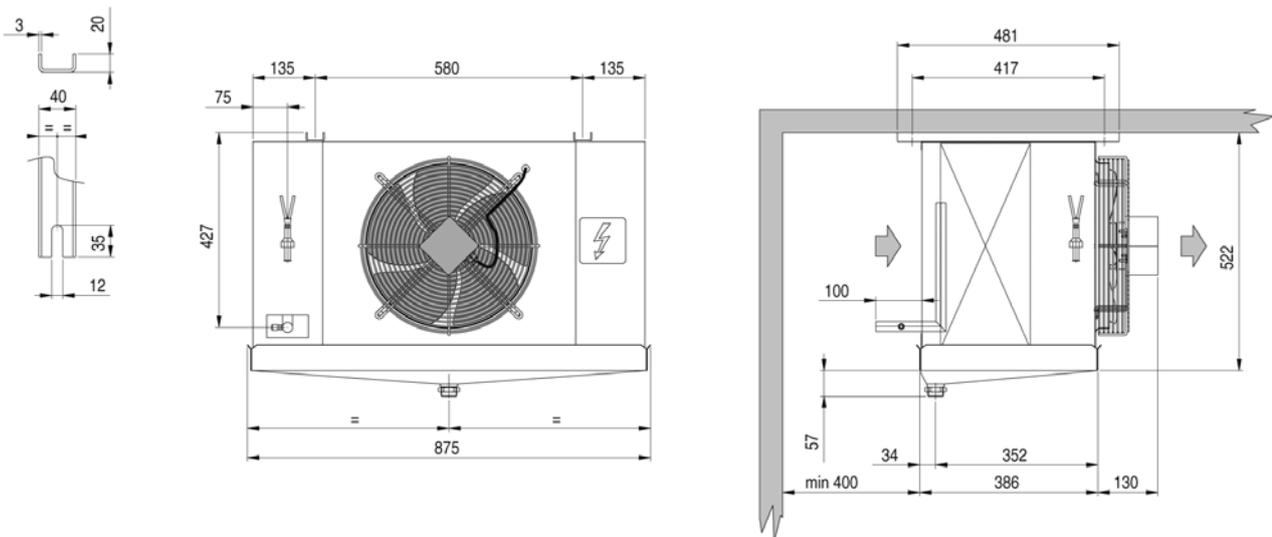
01/02/2015

Capacidad	kW	3,420	Temperatura de evaporación	°C	-2,0
Temp. cámara / Humedad rel. Cámara:	°C	4,0 / 85	Refrigerante		R404A
DT	°C	6,0	Mínimo número de unidades en cámara		1

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Ausente		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 351E4

Capacidad	kW	3,630	Margen de reserva	%	6,1
DT	°C	6,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	2320



Peso	kg	29,000			
Superficie interna	m2	1,84	Superficie externa	m2	15,30
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		22 mm
Capacidad circuito	dm3	3,30	Paso aletas	mm	4
Conexión desagüe		1" GAS			

Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	350
Caudal aire	m3/h	2320	Flecha de aire	m	14,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1420
Consumo Total	A	0,96	Potencia total	Watt	185
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	45			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE PESCADO

Selección Aeroevaporador

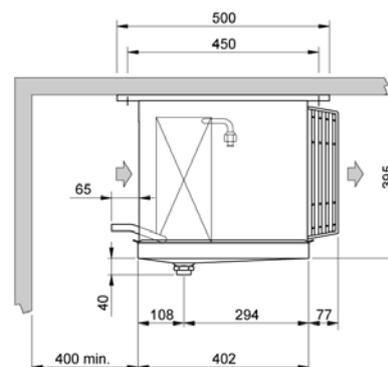
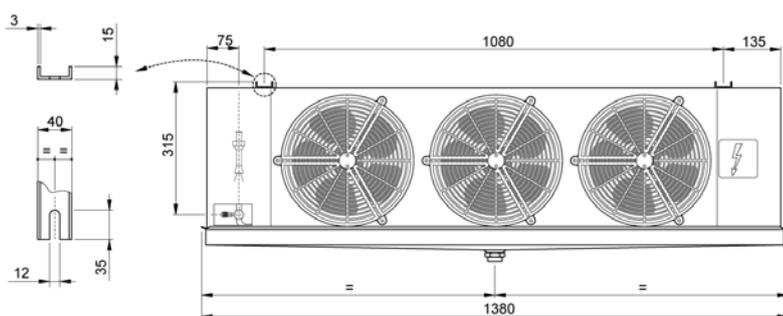
01/02/2015

Capacidad	kW	2,919	Temperatura de evaporación	°C	-7,0
Temp. cámara	°C	0	Refrigerante		R404A
DT	°C	7,0			
Mínimo número de unidades en cámara		1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 63M6 ED

Capacidad	kW	3,156	Margen de reserva	%	8,1
DT	°C	7,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	2460



Peso	kg	34,900			
Superficie interna	m2	2,11	Superficie externa	m2	13,32
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		22 mm
Capacidad circuito	dm3	4,23	Paso aletas	mm	6
Conexión desagüe		1" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	1800
Ventilador	n.	3	Diámetro	mm	250
Caudal aire	m3/h	2460	Flecha de aire	m	12,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	1,41	Potencia total	Watt	225
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	36			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE RESIDUOS

Selección Aeroevaporador

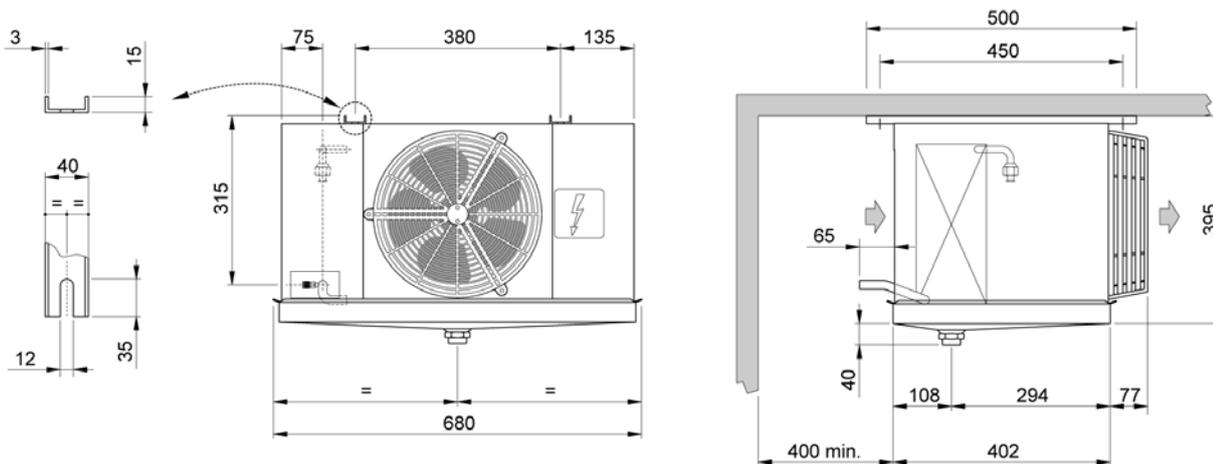
01/02/2015

Capacidad	kW	0,745	Temperatura de evaporación	°C	-2,0
Temp. cámara / Humedad rel. Cámara:	°C	4,0 / 85	Refrigerante		R404A
DT	°C	6,0			
Mínimo número de unidades en cámara		1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 20M6 ED

Capacidad	kW	1,024	Margen de reserva	%	37,4
DT	°C	6,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	820



Peso	kg	15,300			
Superficie interna	m2	0,70	Superficie externa	m2	4,44
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		16 mm
Capacidad circuito	dm3	1,56	Paso aletas	mm	6
Conexión desagüe		1" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	750
Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	250
Caudal aire	m3/h	820	Flecha de aire	m	8,5
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,47	Potencia total	Watt	75
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	31			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE LACTEOS

Selección Aeroevaporador

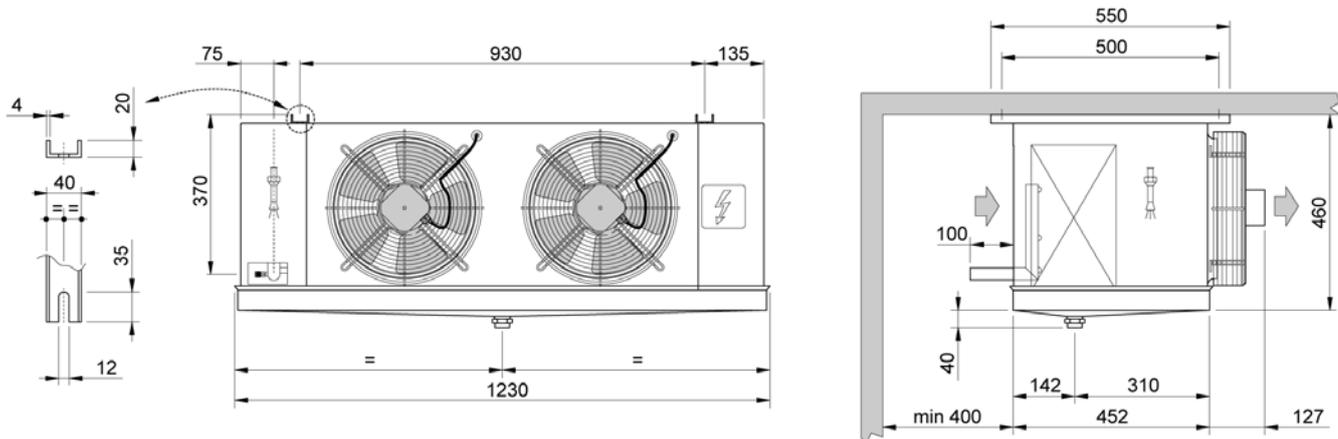
01/02/2015

Capacidad	kW	4,725	Temperatura de evaporación	°C	-5,0
Temp. cámara / Humedad rel. Cámara	°C	2,0 / 81	Refrigerante		R404A
DT	°C	7,0	Mínimo número de unidades en cámara		1

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 96M6 ED

Capacidad	kW	4,996	Margen de reserva	%	5,7
DT	°C	7,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	3130



Peso	kg	41,300			
Superficie interna	m2	3,05	Superficie externa	m2	19,27
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		28 mm
Capacidad circuito	dm3	6,17	Paso aletas	mm	6
Conexión desagüe		1" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	2700
Ventilador	n.	2	Diámetro	mm	315
Caudal aire	m3/h	3130	Flecha de aire	m	15,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1370
Consumo Total	A	0,84	Potencia total	Watt	190
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	42			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA CARNES R404A

Verificación Aeroevaporador

14/02/2015

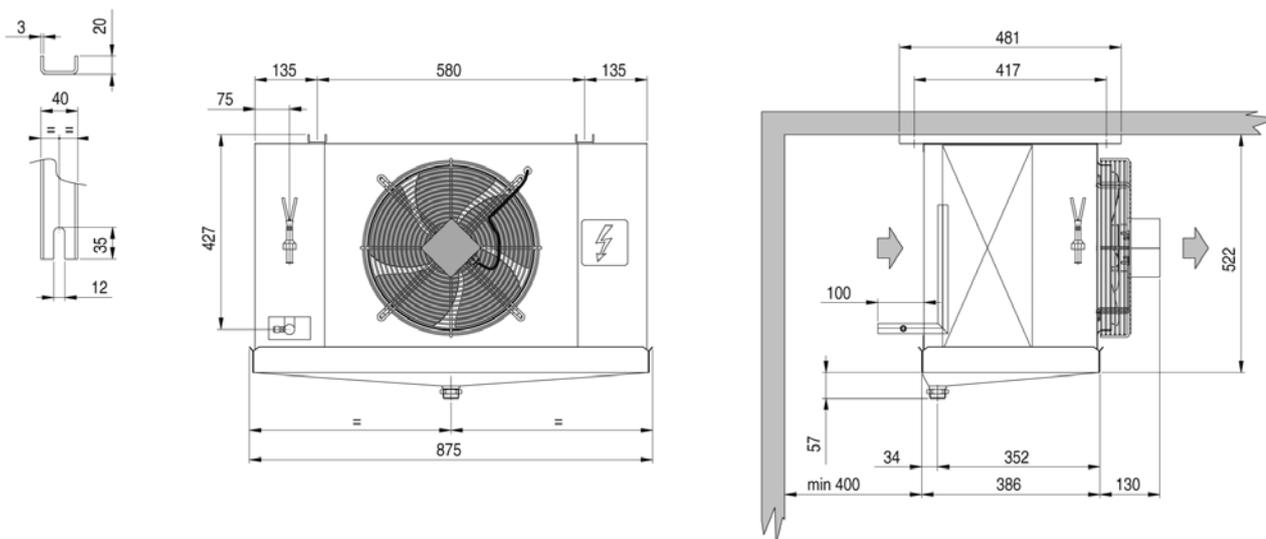
Temp. cámara	°C	0	Temperatura de evaporación	°C	-7,0
DT	°C	7,0	Refrigerante		R404A
Mínimo número de unidades en cámara		1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Ausente		

Modelo Seleccionado: \* 1 x CTE 351E4

\* Paso de aletas no aconsejado

Capacidad	kW	3,718	Tot.Caud.Aire	m3/h	2320
DT	°C	7,0			



Peso	kg	29,000			
Superficie interna	m2	1,84	Superficie externa	m2	15,30
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		22 mm
Capacidad circuito	dm3	3,30	Paso aletas	mm	4
Conexión desagüe		1" GAS			

Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	350
Caudal aire	m3/h	2320	Flecha de aire	m	14,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1420
Consumo Total	A	0,96	Potencia total	Watt	185
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	45			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA EMPACADOS R404A

Verificación Aeroevaporador

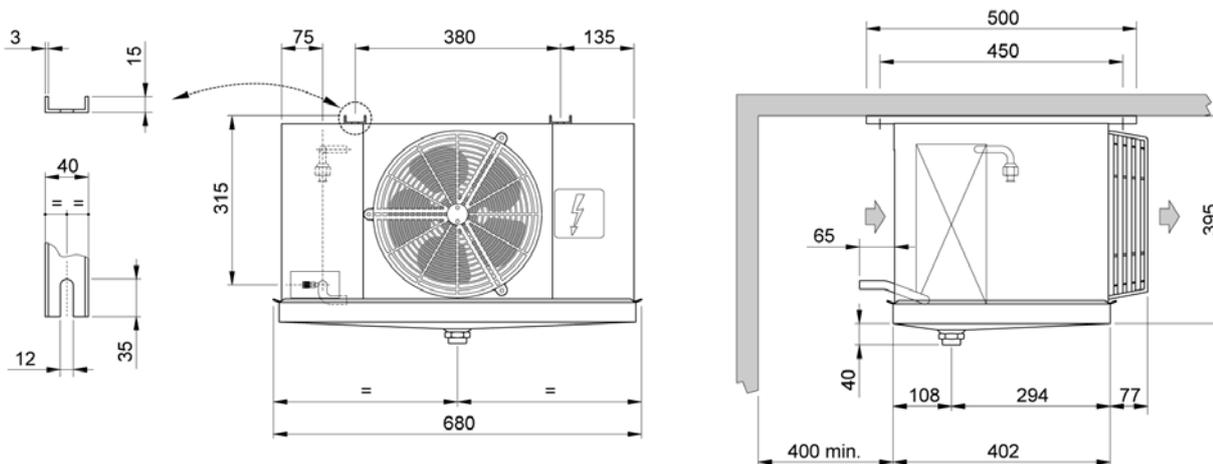
14/02/2015

Temp. cámara / Humedad rel. Cámar:°C	2,0 / 75	Temperatura de evaporación	°C	-6,5
DT	°C	8,5	Refrigerante	R404A
Mínimo número de unidades en cámara	1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 29M6 ED

Capacidad	kW	1,720			
DT	°C	8,5	Tot.Caud.Aire	m3/h	750



Peso	kg	17,400			
Superficie interna	m2	1,06	Superficie externa	m2	6,67
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		16 mm
Capacidad circuito	dm3	2,34	Paso aletas	mm	6
Conexión desagüe		1" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	750
Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	250
Caudal aire	m3/h	750	Flecha de aire	m	7,5
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,47	Potencia total	Watt	75
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	31			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA DE AVES

Selección Aeroevaporador

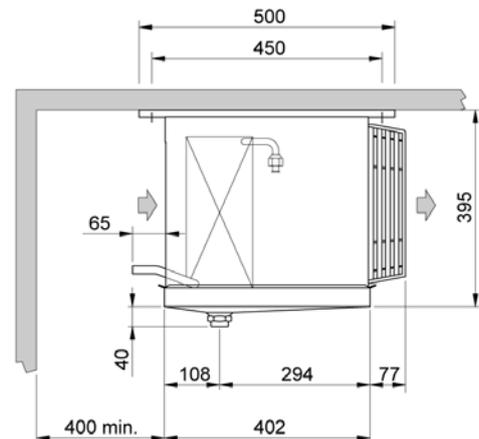
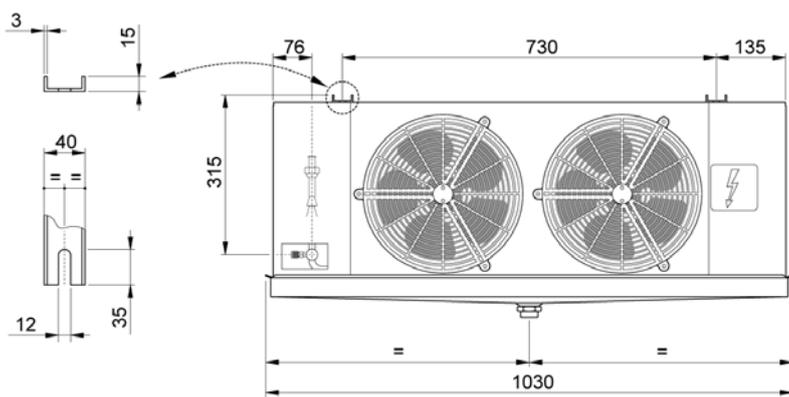
01/02/2015

Capacidad	kW	1,570	Temperatura de evaporación	°C	-7,0
Temp. cámara	°C	0	Refrigerante		R404A
DT	°C	7,0			
Mínimo número de unidades en cámara		1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 41M6 ED

Capacidad	kW	2,108	Margen de reserva	%	34,3
DT	°C	7,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	1640



Peso	kg	24,600			
Superficie interna	m2	1,41	Superficie externa	m2	8,88
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		22 mm
Capacidad circuito	dm3	2,89	Paso aletas	mm	6
Conexión desagüe		1" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	1275
Ventilador	n.	2	Diámetro	mm	250
Caudal aire	m3/h	1640	Flecha de aire	m	10,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,94	Potencia total	Watt	150
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	34			

Usuario CONEN Verificación Aeroevaporador  
Referencia Cliente CAMARA PRODUCTO TERMINADO R404A

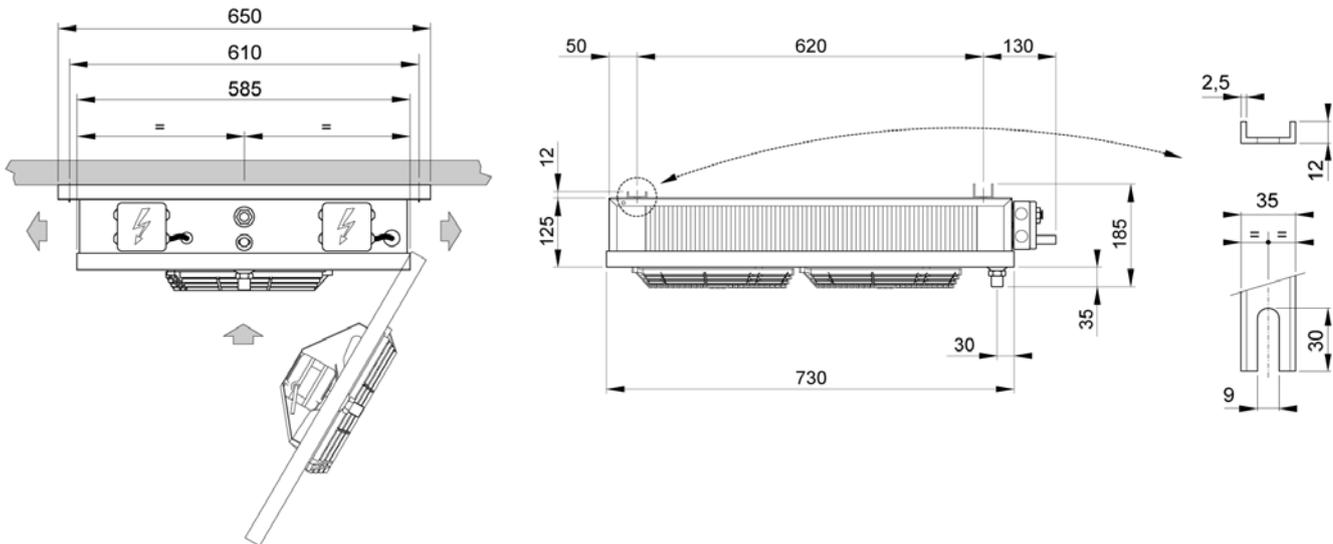
14/02/2015

Temp. cámara / Humedad rel. Cámar:°C	2,0 / 81	Temperatura de evaporación	°C	-5,0
DT	°C 7,0	Refrigerante		R404A
Mínimo número de unidades en cámara	1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x MIC 200 ED

Capacidad	kW	1,246			
DT	°C	7,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	920



Peso	kg	13,400			
Superficie interna	m2	0,85	Superficie externa	m2	7,70
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		16 mm
Capacidad circuito	dm3	1,92	Paso aletas	mm	4.5 / 9
Conexión desagüe		1/2" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	1600
Ventilador	n.	2	Diámetro	mm	230
Caudal aire	m3/h	920	Flecha de aire	m	2,5
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,7	Potencia total	Watt	106
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	33			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA QUESOS R404A

Verificación Aeroevaporador

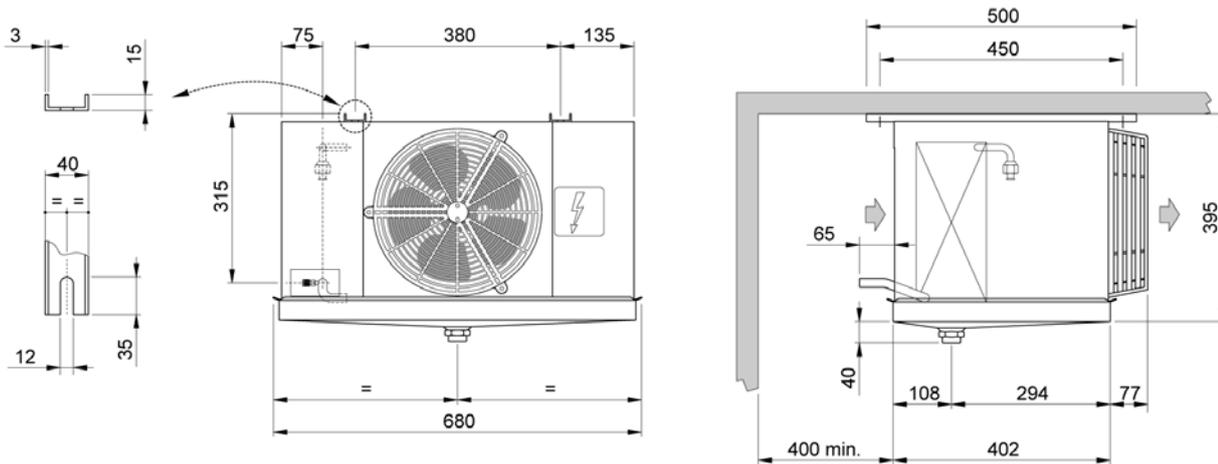
14/02/2015

Temp. cámara / Humedad rel. Cámar:°C	2,0 / 85	Temperatura de evaporación	°C	-4,0
DT	°C	6,0	Refrigerante	R404A
Mínimo número de unidades en cámara	1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 20M6 ED

Capacidad	kW	0,961			
DT	°C	6,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	820



Peso	kg	15,300			
Superficie interna	m2	0,70	Superficie externa	m2	4,44
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		16 mm
Capacidad circuito	dm3	1,56	Paso aletas	mm	6
Conexión desagüe		1" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	750
Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	250
Caudal aire	m3/h	820	Flecha de aire	m	8,5
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,47	Potencia total	Watt	75
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	31			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA CHARCUTERIA

Selección Aeroevaporador

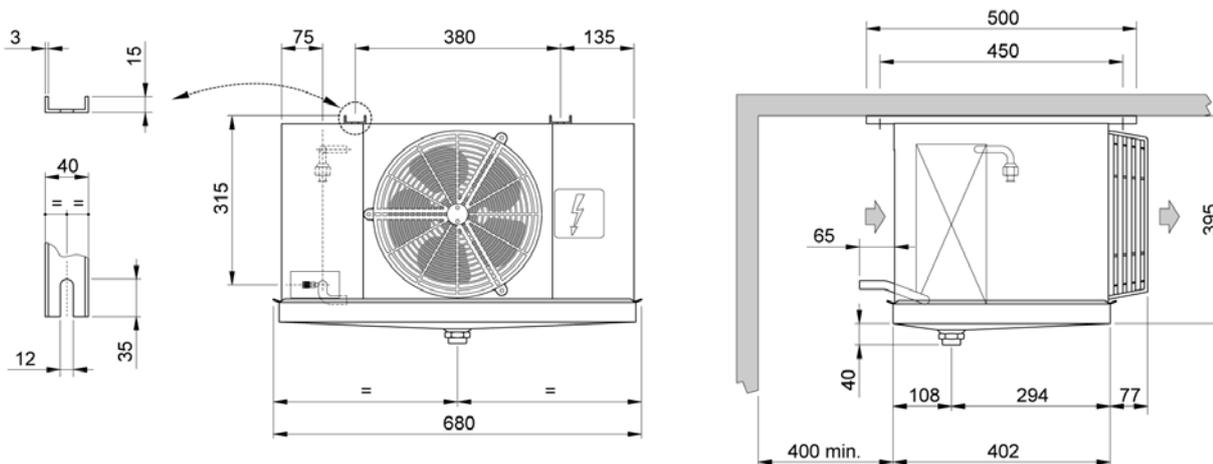
01/02/2015

Capacidad	kW	1,240	Temperatura de evaporación	°C	-5,0
Temp. cámara / Humedad rel. Cámara	°C	2,0 / 81	Refrigerante		R404A
DT	°C	7,0			
Mínimo número de unidades en cámara		1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 29M6 ED

Capacidad	kW	1,416	Margen de reserva	%	14,2
DT	°C	7,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	750



Peso	kg	17,400			
Superficie interna	m2	1,06	Superficie externa	m2	6,67
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		16 mm
Capacidad circuito	dm3	2,34	Paso aletas	mm	6
Conexión desagüe		1" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	750
Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	250
Caudal aire	m3/h	750	Flecha de aire	m	7,5
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,47	Potencia total	Watt	75
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	31			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA PASTELERIA R404A

Verificación Aeroevaporador

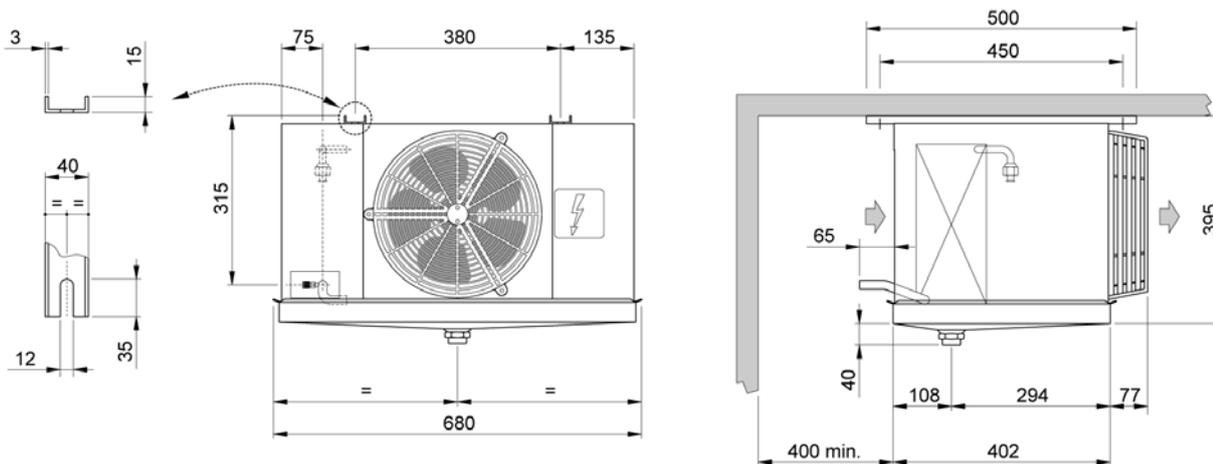
14/02/2015

Temp. cámara	°C	0	Temperatura de evaporación	°C	-8,5
DT	°C	8,5	Refrigerante		R404A
Mínimo número de unidades en cámara		1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Ausente		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 20M6

Capacidad	kW	1,273			
DT	°C	8,5	Tot.Caud.Aire	m3/h	820



Peso	kg	15,300			
Superficie interna	m2	0,70	Superficie externa	m2	4,44
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		16 mm
Capacidad circuito	dm3	1,56	Paso aletas	mm	6
Conexión desagüe		1" GAS			

Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	250
Caudal aire	m3/h	820	Flecha de aire	m	8,5
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,47	Potencia total	Watt	75
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	31			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA ENVIOS R404A

Verificación Aeroevaporador

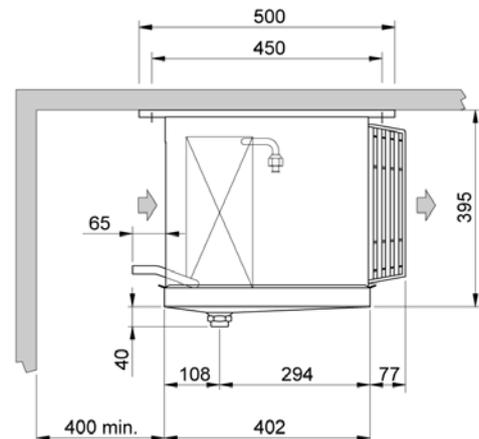
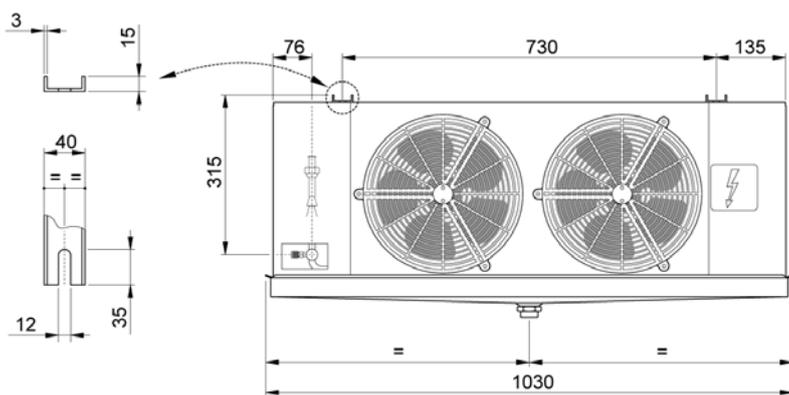
14/02/2015

Temp. cámara / Humedad rel. Cámara:°C	2,0 / 75	Temperatura de evaporación	°C	-6,5
DT	°C	8,5	Refrigerante	R404A
Mínimo número de unidades en cámara	1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 41M6 ED

Capacidad	kW	2,738		
DT	°C	8,5	Tot.Caud.Aire	m3/h 1640



Peso	kg	24,600		
Superficie interna	m2	1,41	Superficie externa	m2 8,88
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida	22 mm
Capacidad circuito	dm3	2,89	Paso aletas	mm 6
Conexión desagüe		1" GAS		
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt 1275
Ventilador	n.	2	Diámetro	mm 250
Caudal aire	m3/h	1640	Flecha de aire	m 10,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m. 1300
Consumo Total	A	0,94	Potencia total	Watt 150
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	34		

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA CONSIGNA R404A

Verificación Aeroevaporador

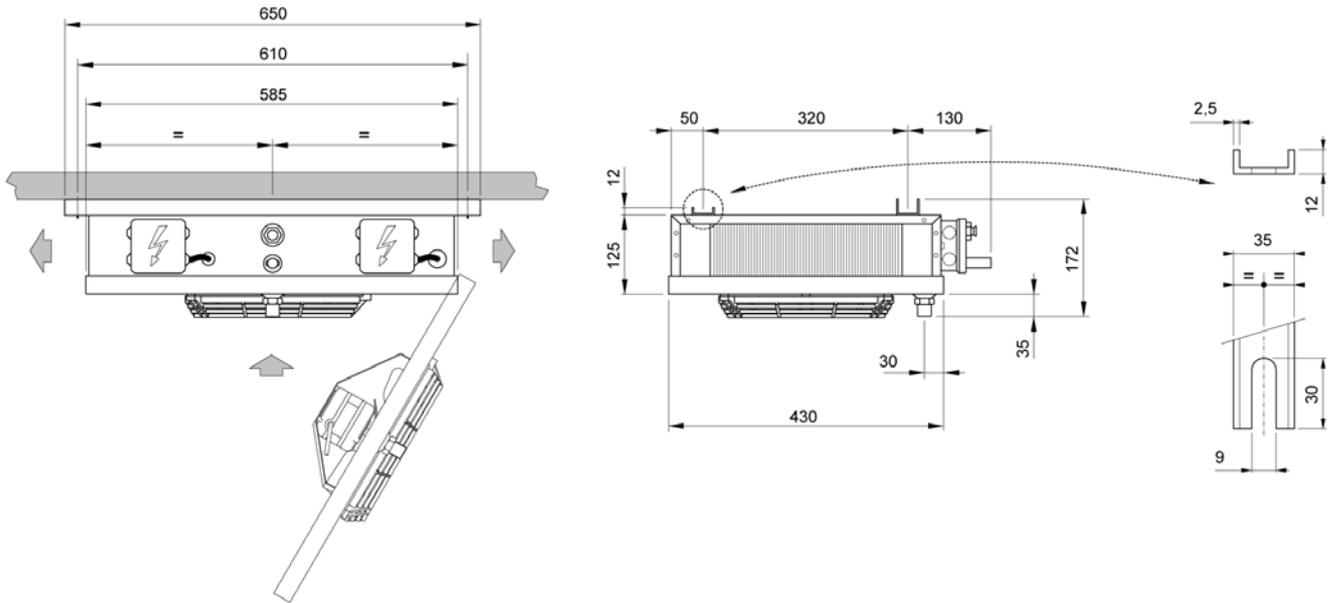
14/02/2015

Temp. cámara / Humedad rel. Cámar:°C	2,0 / 75	Temperatura de evaporación	°C	-6,5
DT	°C 8,5	Refrigerante		R404A
Mínimo número de unidades en cámara	1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Ausente		

Modelo Seleccionado: 1 x MIC 100

Capacidad	kW	0,757		
DT	°C	8,5	Tot.Caud.Aire	m3/h 460



Peso	kg	8,000		
Superficie interna	m2	0,42	Superficie externa	m2 4,00
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida	16 mm
Capacidad circuito	dm3	1,00	Paso aletas	mm 4.5 / 9
Conexión desagüe		1/2" GAS		

Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	230
Caudal aire	m3/h	460	Flecha de aire	m	2,5
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,35	Potencia total	Watt	53
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	30			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente LINEA CHARCUTERIA R404A

Verificación Aeroevaporador

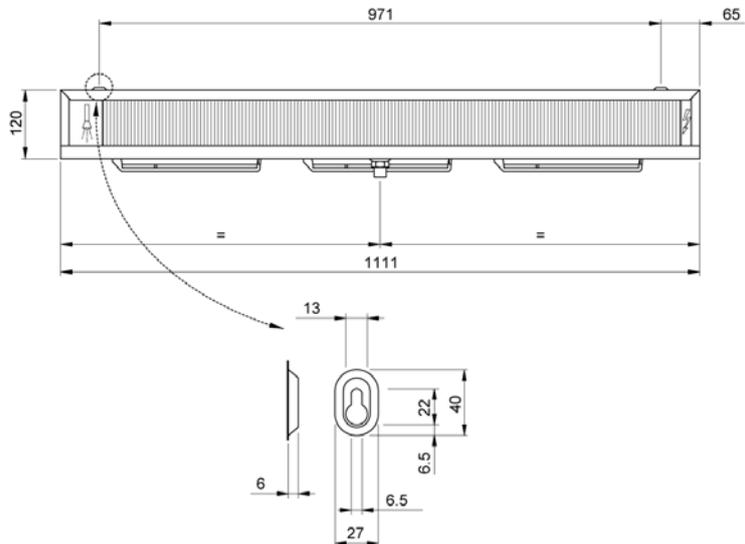
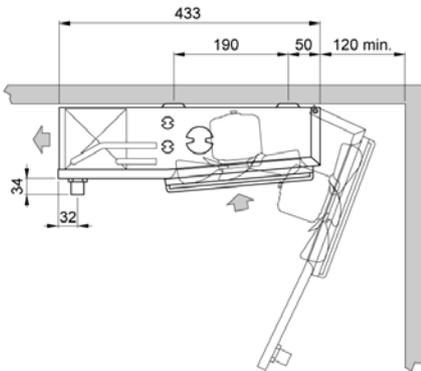
14/02/2015

Temp. cámara / Humedad rel. Cámara:°C	10,0 / 75	Temperatura de evaporación	°C	1,5
DT	°C 8,5	Refrigerante		R404A
Mínimo número de unidades en cámara	1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Ausente		

Modelo Seleccionado: 1 x EVS 290

Capacidad	kW	2,129		
DT	°C	8,5	Tot.Caud.Aire	m3/h 780



Peso	kg	11,500		
Superficie interna	m2	0,71	Superficie externa	m2 8,24
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida	16 mm
Capacidad circuito	dm3	1,61	Paso aletas	mm 3.5 / 7
Conexión desagüe		1/2" GAS		

Ventilador	n.	3	Diámetro	mm	200
Caudal aire	m3/h	780	Flecha de aire	m	4,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	1,05	Potencia total	Watt	159
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	37			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente LINEA CARNES R404A

Verificación Aeroevaporador

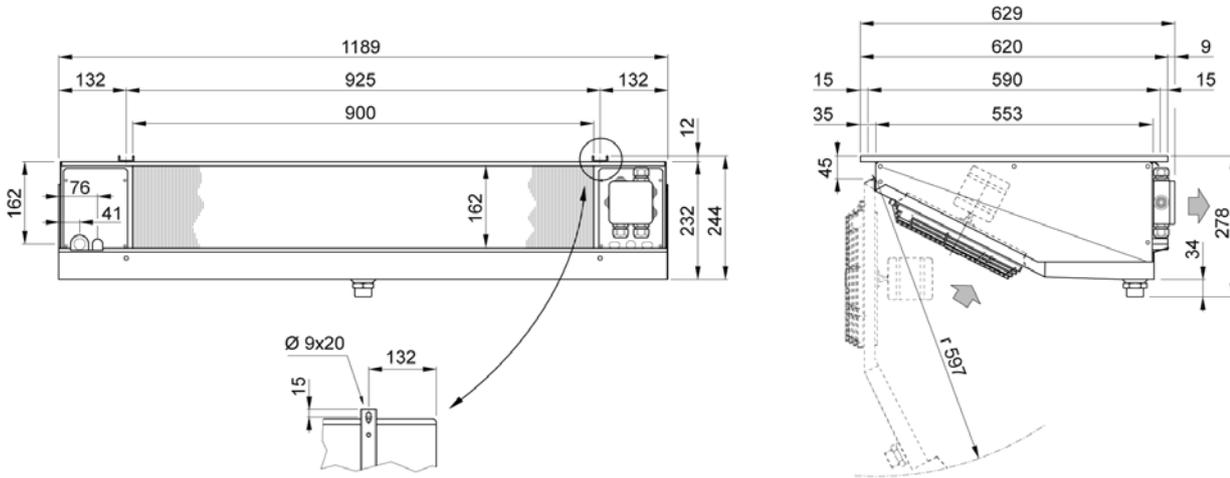
14/02/2015

Temp. cámara / Humedad rel. Cámara:°C	10,0 / 75	Temperatura de evaporación	°C	1,5
DT	°C 8,5	Refrigerante		R404A
Mínimo número de unidades en cámara	1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Ausente		

Modelo Seleccionado: 1 x MTE 23H4

Capacidad	kW	2,553		
DT	°C	8,5	Tot.Caud.Aire	m3/h 1340



Peso	kg	18,000		
Superficie interna	m2	0,79	Superficie externa	m2 7,80
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida	16 mm
Capacidad circuito	dm3	1,60	Paso aletas	mm 4
Conexión desagüe		1" GAS		

Ventilador	n.	2	Diámetro	mm 250
Caudal aire	m3/h	1340	Flecha de aire	m 7,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m. 1300
Consumo Total	A	1,36	Potencia total	Watt 190
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	41		

Usuario CONEN Verificación Aeroevaporador  
Referencia Cliente LINEA PLATOS PREPARADOS R404A

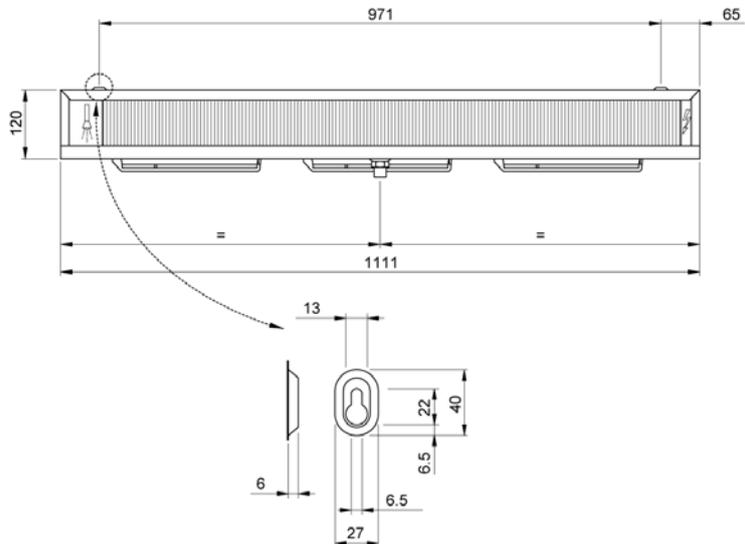
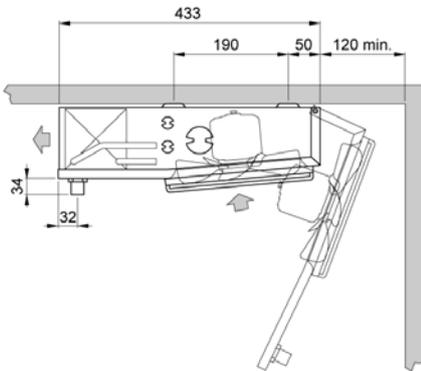
14/02/2015

Temp. cámara / Humedad rel. Cámara:°C	10,0 / 75	Temperatura de evaporación	°C	1,5
DT	°C 8,5	Refrigerante		R404A
Mínimo número de unidades en cámara	1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Ausente		

Modelo Seleccionado: 1 x EVS 290

Capacidad	kW	2,129		
DT	°C	8,5	Tot.Caud.Aire	m3/h 780



Peso	kg	11,500		
Superficie interna	m2	0,71	Superficie externa	m2 8,24
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida	16 mm
Capacidad circuito	dm3	1,61	Paso aletas	mm 3.5 / 7
Conexión desagüe		1/2" GAS		

Ventilador	n.	3	Diámetro	mm	200
Caudal aire	m3/h	780	Flecha de aire	m	4,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	1,05	Potencia total	Watt	159
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	37			

Usuario CONEN  
Referencia Cliente LINEA PICADO CARNE R404A

Verificación Aeroevaporador

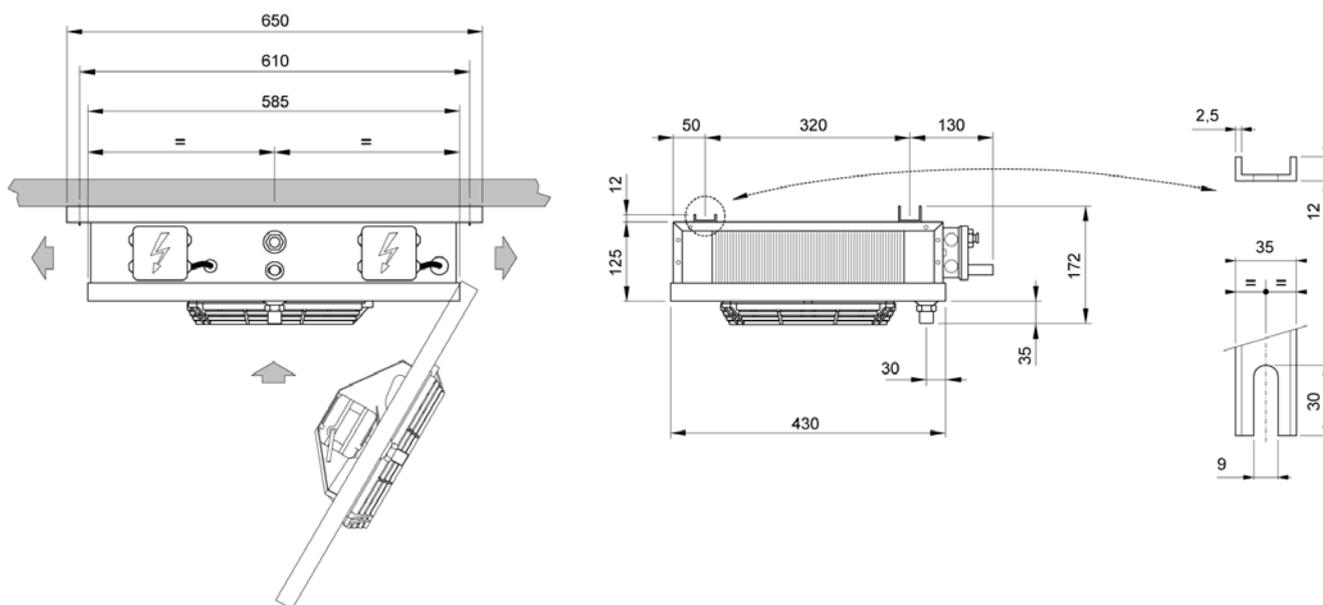
14/02/2015

Temp. cámara / Humedad rel. Cámar:°C	10,0 / 75	Temperatura de evaporación	°C	1,5
DT	°C 8,5	Refrigerante		R404A
Mínimo número de unidades en cámara	1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x MIC 100 ED

Capacidad	kW	0,830		
DT	°C	8,5	Tot.Caud.Aire	m3/h 460



Peso	kg	8,000		
Superficie interna	m2	0,42	Superficie externa	m2 4,00
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida	16 mm
Capacidad circuito	dm3	1,00	Paso aletas	mm 4.5 / 9
Conexión desagüe		1/2" GAS		
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt 800
Ventilador	n.	1	Diámetro	mm 230
Caudal aire	m3/h	460	Flecha de aire	m 2,5
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m. 1300
Consumo Total	A	0,35	Potencia total	Watt 53
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	30		

Usuario CONEN  
Referencia Cliente LINEA PESCADO R404A

Verificación Aeroevaporador

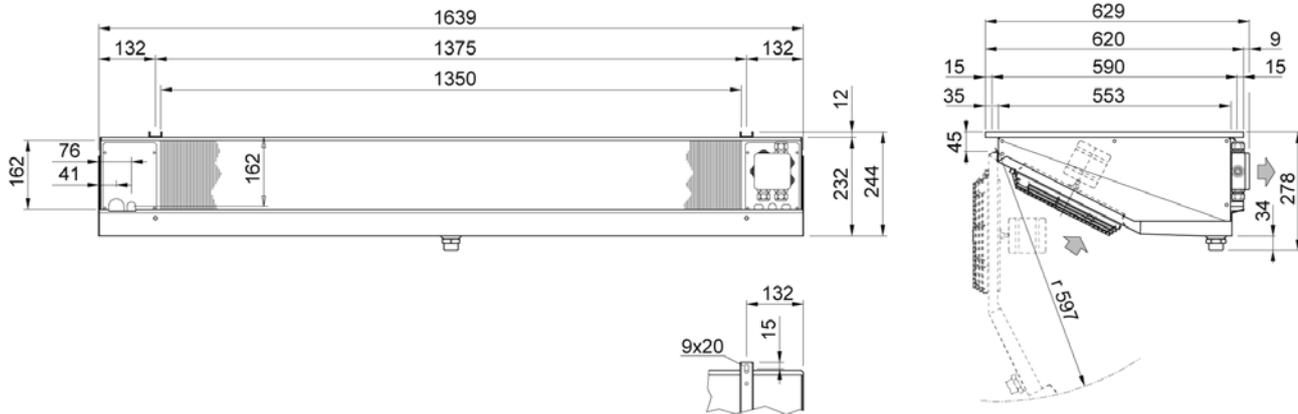
14/02/2015

Temp. cámara / Humedad rel. Cámar:°C	10,0 / 75	Temperatura de evaporación	°C	1,5
DT	°C	8,5	Refrigerante	R404A
Mínimo número de unidades en cámara	1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x MTE 34H4 ED

Capacidad	kW	4,478		
DT	°C	8,5	Tot.Caud.Aire	m3/h 1800



Peso	kg	30,500		
Superficie interna	m2	1,70	Superficie externa	m2 15,60
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida	22 mm
Capacidad circuito	dm3	3,40	Paso aletas	mm 4
Conexión desagüe		1" GAS		
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt 1330
Ventilador	n.	3	Diámetro	mm 250
Caudal aire	m3/h	1800	Flecha de aire	m 7,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m. 1300
Consumo Total	A	2,04	Potencia total	Watt 285
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	43		



## Verticales y semiverticales positivos LION HF295



ZERO° TECHNOLOGY

### Categorías de productos



### Características técnicas



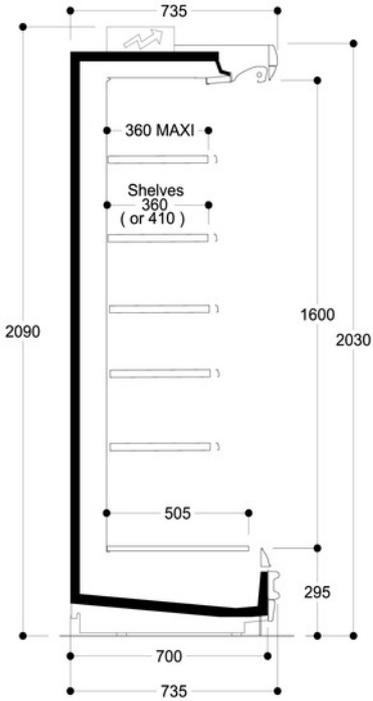


LION HF295

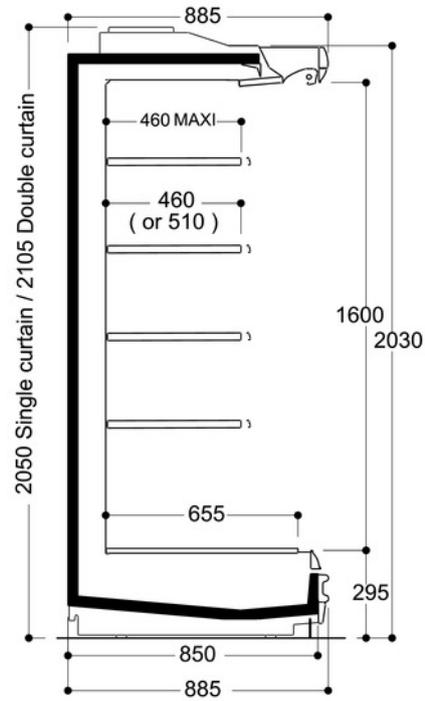
Longitud mm		1250		1875		2500		3750		MT1490		MT1370		MT1790		MT2000		MT2310			
Alturamm		2000	2200	2000	2200	2000	2200	2000	2200	2000	2200	2000	2200	2000	2200	2000	2200	2000	2200		
LION HF29 5	Comp act	1V	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•									
		2V																			
		HP																			
	Narro w	1V	•	•	•	•	•	•	•	•											
		2V	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•
		HP	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Large	1V	•	•	•	•	•	•	•	•											
		2V	•	•	•	•	•	•	•	•					•	•	•	•	•	•	•
		HP	•	•	•	•	•	•	•	•					•	•	•	•	•	•	•



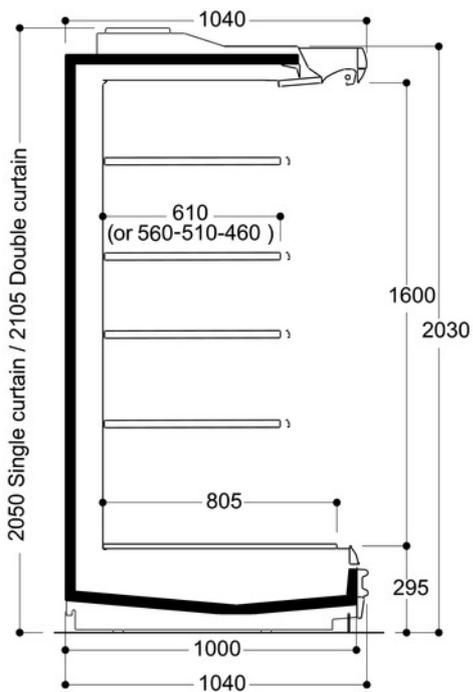
**C20**



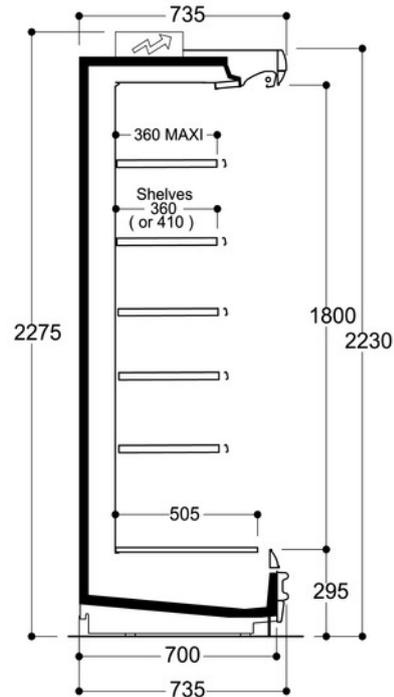
**N20**



**L20**

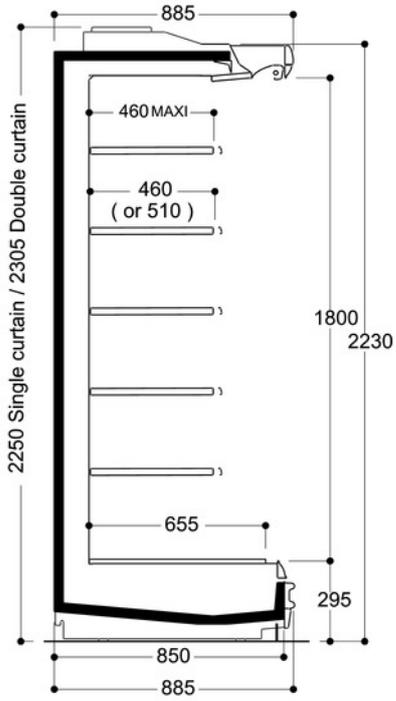


**C22**

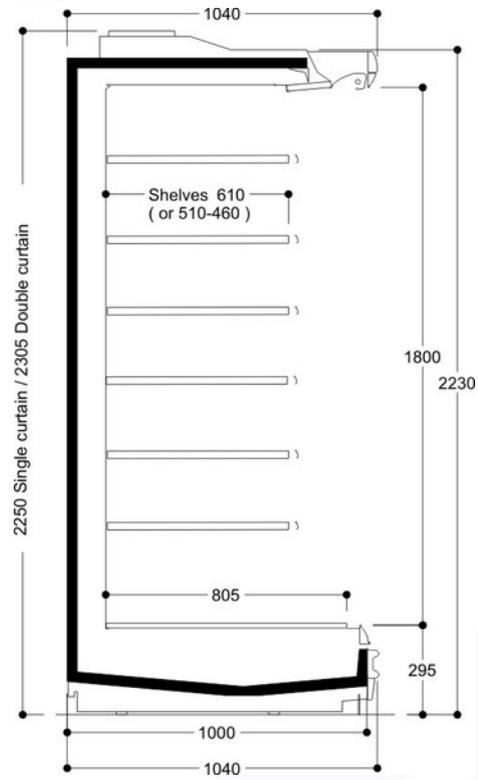




**N22**



**L22**





## Leyenda

 Carne	 Aves	 Fisch	 Pescado envasado
 Embutidos	 Quesos	 Lácteos	 Platos preparados
 Pasteleria	 IV Gama	 Fruta y Verdura	 Sandwiches
 Bebidas	 Pizza	 Pan	 Helados y congelados
 Desescarche parada simple	 Desescarche eléctrico	 Desescarche por gas caliente	 Desescarche manual
 Ventilado	 Estatico	 Grupo incorporado	 Grupo remoto
 Bañomaria	 Plancha radiante	 Hielo	 <b>VSD</b> Tecnología con Inverter
 Iluminación LED	 Puertas Zero C	 Ventiladores de alta eficiencia	 <b>R290</b> Gas refrigerante R-290-propano
 <b>R134a</b> R-134a - 400V/3PH/50Hz	 <b>R404A</b> R404A - 400V/3PH/50Hz	 <b>R744</b> R744 - 400V/PH/50Hz	 Compresor hermético alternativo
 Compresor hermético scroll		 <b>VSD</b> Tecnología con Inverter	 Instalacion ex exterior
 Sala de maquinas	 Insonorizacion	 Condensador incorporado	 Condensador remoto
 <b>DUAL</b> Media y baja temperatura	 <b>TECHNOKLEEN</b> Technokleen	 <b>THIN TECH</b> Thin Tech	

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CAMARA CONGELADOS ENVIOS

Selección Aeroevaporador

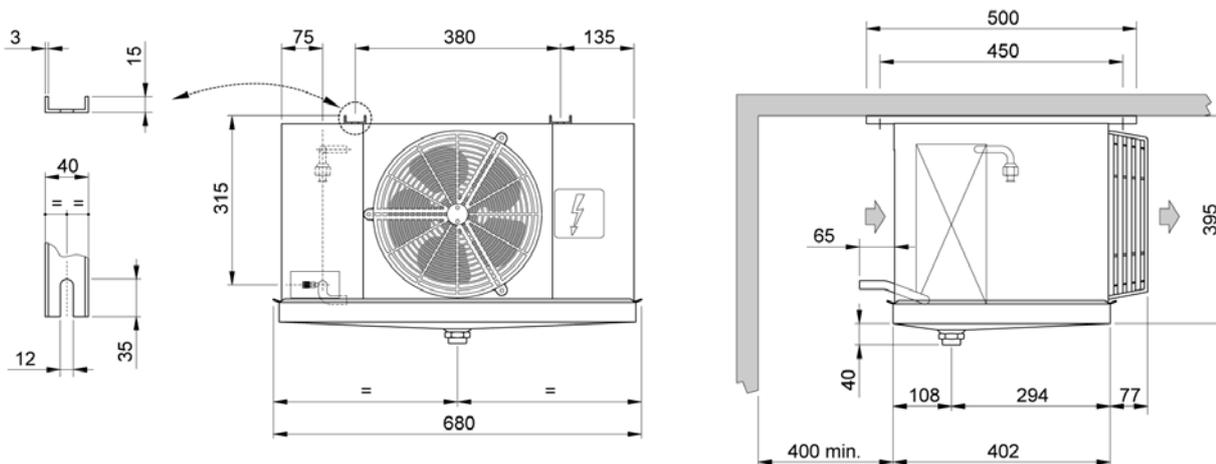
01/02/2015

Capacidad	kW	0,910	Temperatura de evaporación	°C	-28,0
Temp. cámara	°C	-20,0	Refrigerante		R404A
DT	°C	8,0			
Mínimo número de unidades en cámara		1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 23L8 ED

Capacidad	kW	1,148	Margen de reserva	%	26,2
DT	°C	8,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	780



Peso	kg	16,400			
Superficie interna	m2	1,06	Superficie externa	m2	4,91
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		16 mm
Capacidad circuito	dm3	2,34	Paso aletas	mm	8.5
Conexión desagüe		1" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	750
Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	250
Caudal aire	m3/h	780	Flecha de aire	m	8,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,47	Potencia total	Watt	75
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	31			

Usuario CONEN Selección Aeroevaporador  
Referencia Cliente CAMARA CONGELADOS GENERAL

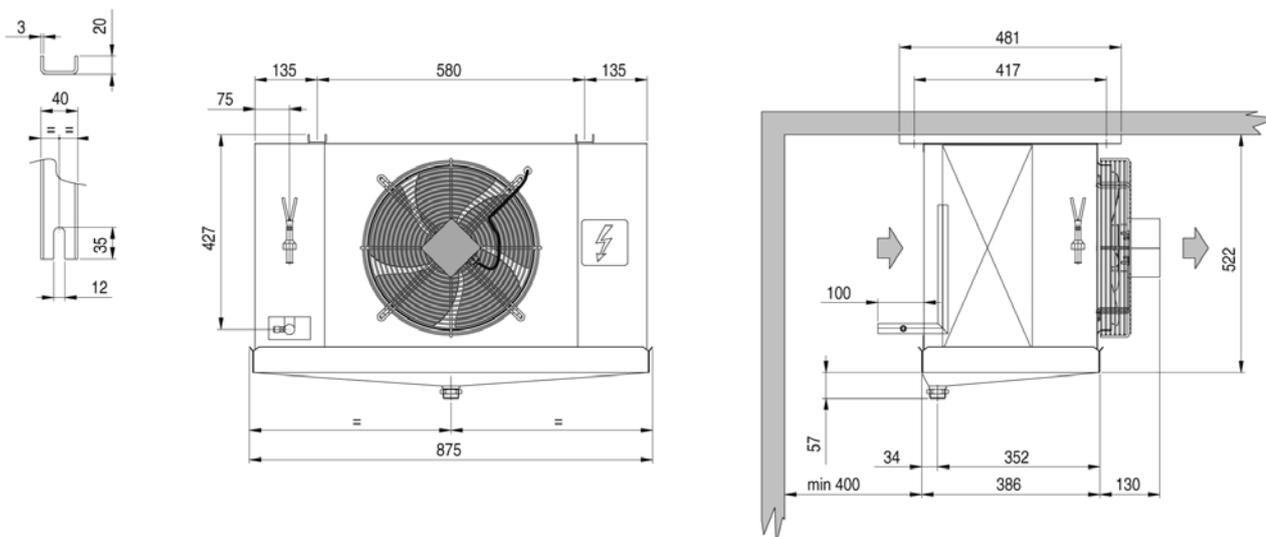
01/02/2015

Capacidad	kW	2,100	Temperatura de evaporación	°C	-28,0
Temp. cámara	°C	-20,0	Refrigerante		R404A
DT	°C	8,0			
Mínimo número de unidades en cámara		1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 351E8 ED

Capacidad	kW	2,887	Margen de reserva	%	37,5
DT	°C	8,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	2620



Peso	kg	27,000			
Superficie interna	m2	1,84	Superficie externa	m2	7,75
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		22 mm
Capacidad circuito	dm3	3,30	Paso aletas	mm	8.5
Conexión desagüe		1" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	1750
Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	350
Caudal aire	m3/h	2620	Flecha de aire	m	16,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1420
Consumo Total	A	0,96	Potencia total	Watt	185
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	45			

Usuario CONEN Verificación Aeroevaporador  
Referencia Cliente CAMARA CONGELADOS PASTELERIA R404A

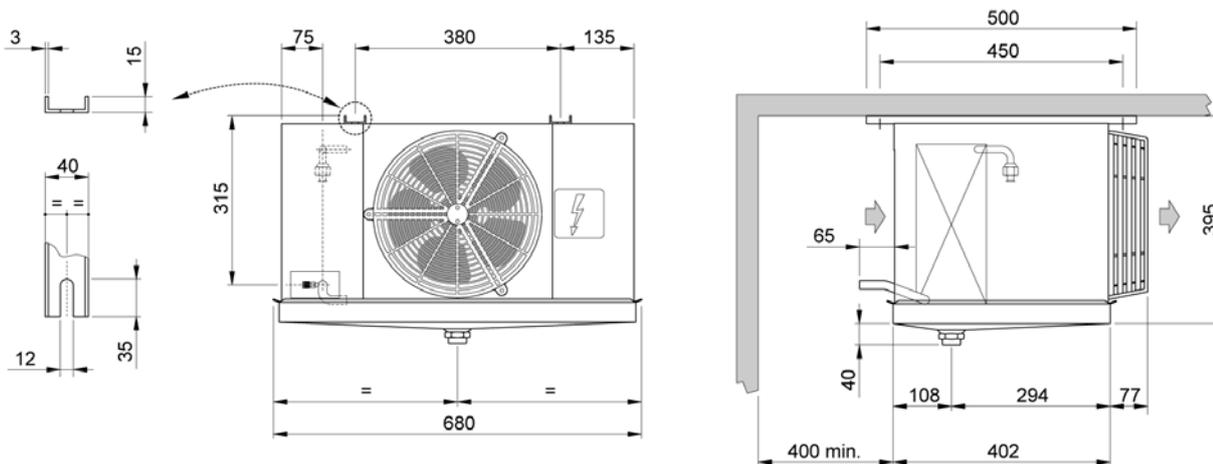
17/02/2015

Temp. cámara	°C	-20,0	Temperatura de evaporación	°C	-28,0
DT	°C	8,0	Refrigerante		R404A
Mínimo número de unidades en cámara		1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x CTE 16L8 ED

Capacidad	kW	0,951			
DT	°C	8,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	870



Peso	kg	14,800			
Superficie interna	m2	0,70	Superficie externa	m2	3,27
Conexión entrada		1/2" SAE	Conexión salida		16 mm
Capacidad circuito	dm3	1,56	Paso aletas	mm	8.5
Conexión desagüe		1" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	750
Ventilador	n.	1	Diámetro	mm	250
Caudal aire	m3/h	870	Flecha de aire	m	9,0
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,47	Potencia total	Watt	75
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	31			

Usuario CONEN Selección Aeroevaporador  
Referencia Cliente CAMARA CONGELADOS PLATOS PREPARADOS

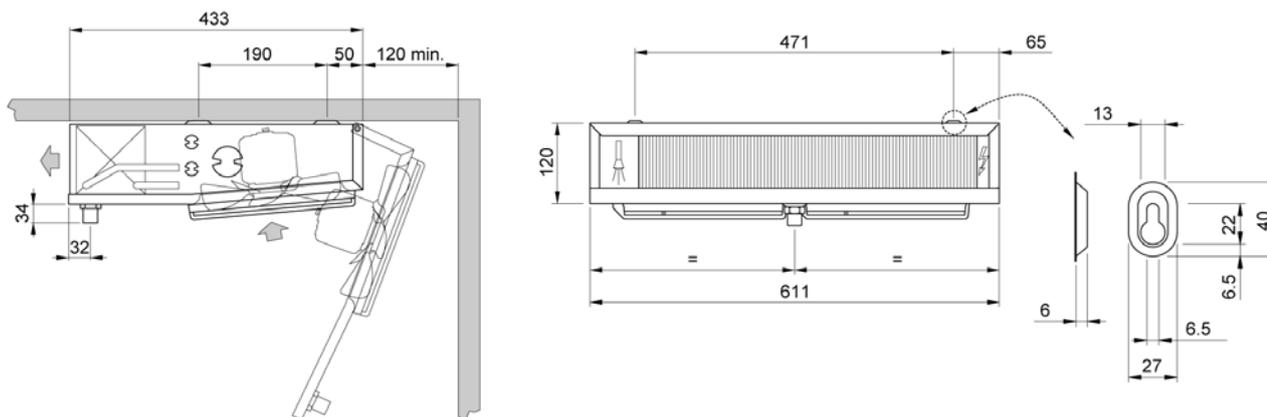
01/02/2015

Capacidad	kW	0,510	Temperatura de evaporación	°C	-28,0
Temp. cámara	°C	-20,0	Refrigerante		R404A
DT	°C	8,0			
Mínimo número de unidades en cámara		1			

Intercambiador * Bateria	Standard	Carroceria	Standard
Alimentación motor ventilador	Standard	Tipo motor ventilador	Standard
Desescarche	Eléctrico		

Modelo Seleccionado: 1 x EVS 130/B ED

Capacidad	kW	0,667	Margen de reserva	%	30,8
DT	°C	8,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	560



Peso	kg	7,200			
Superficie interna	m2	0,35	Superficie externa	m2	3,17
Conexión entrada		10 mm	Conexión salida		10 mm
Capacidad circuito	dm3	0,80	Paso aletas	mm	4.5 / 9
Conexión desagüe		1/2" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	650
Ventilador	n.	2	Diámetro	mm	200
Caudal aire	m3/h	560	Flecha de aire	m	4,5
Alimentación	V	Standard	Velocidad de rotación	r.p.m.	1300
Consumo Total	A	0,7	Potencia total	Watt	106
Pres. son. tot. 10 m.	dB(A)	35			



## Congeladores LEOPARD



### Categorías de productos



### Características técnicas

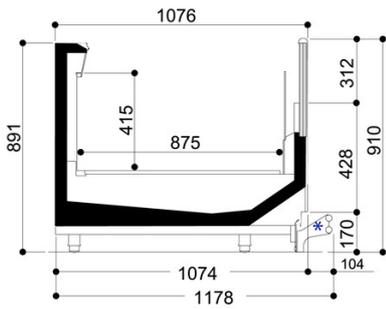




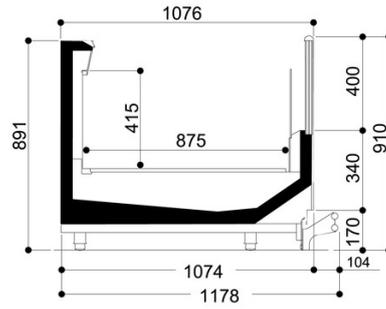
LEOPARD						
Lunghezza[m]		1880	2500	3750	2240	2450
LEOPARD	LG300	•	•	•	•	•
	HG400	•	•	•	•	•



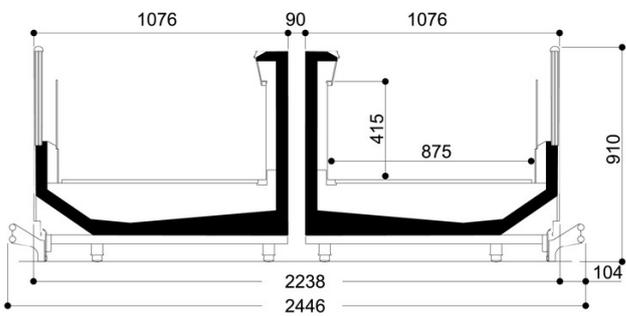
**LG300**



**HG400**



**LEOPARDBACK TO BACK**





## Leyenda

 Carne	 Aves	 Fisch	 Pescado envasado
 Embutidos	 Quesos	 Lácteos	 Platos preparados
 Pastelería	 IV Gama	 Fruta y Verdura	 Sandwiches
 Bebidas	 Pizza	 Pan	 Helados y congelados
 Desescarche parada simple	 Desescarche eléctrico	 Desescarche por gas caliente	 Desescarche manual
 Ventilado	 Estático	 Grupo incorporado	 Grupo remoto
 Bañomaria	 Plancha radiante	 Hielo	 Tecnología con Inverter
 Iluminación LED	 Puertas Zero C	 Ventiladores de alta eficiencia	 Gas refrigerante R-290-propano
 R-134a - 400V/3PH/50Hz	 R404A - 400V/3PH/50Hz	 R744 - 400V/PH/50Hz	 Compresor hermético alternativo
 Compresor hermético scroll		 Tecnología con Inverter	 Instalacion ex exterior
 Sala de maquinas	 Insonorizacion	 Condensador incorporado	 Condensador remoto
 <b>DUAL</b> Media y baja temperatura			

---

## CONDENSADORES

---

Fecha: 2015-04-05  
 Solicitud del:  
 Proyecto:  
 No. de oferta:  
 Posición:  
 Responsable:

**Evaporador CXGHN 040.2F/112-ANW50.E ¡Sólo para el cálculo!**

Capacidad:	5.3 kW <sup>(1)</sup>	Refrigerante:	CO2 (R744) <sup>(2)</sup>
Superficie de reserva:	0.0 %	Temp. de evaporación:	-30.0 °C
Caudal de aire:	3300 m <sup>3</sup> /h	Sobrecalentamiento:	5.0 K
Entrada del aire:	-20.0 °C	Temp. de condensación:	-5.0 °C
Salida del aire:	-23.9 °C	Temp. de subenfriam.:	-6.0 °C
Presión atmosf.:	1013 mbar		

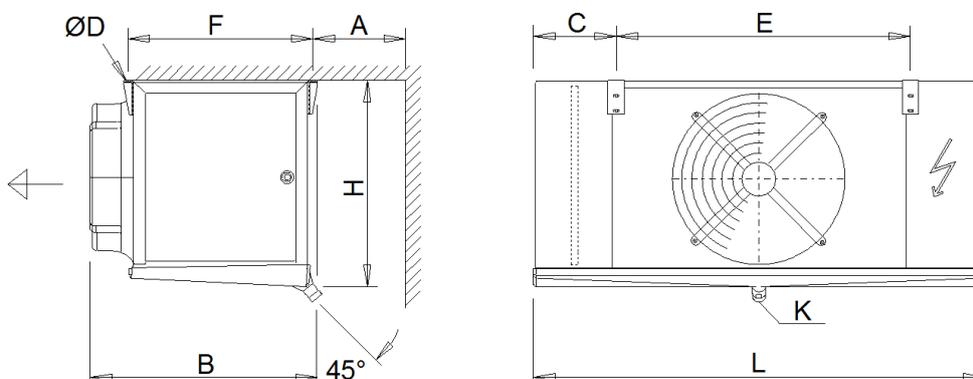
Ventiladores:	1 Unidad(es) 1~230V 50Hz	Contacto térmico:	interno/externo
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	52 dB(A) en 3.0 m <sup>(3)</sup>
Revoluciones:	1390 min-1	Nivel de potencia acústica:	74 dB(A)
Capacidad (mec./el.):	0.22 kW/0.23 kW	Tiro de aire:	aprox. 14 m <sup>(4)</sup>
Corriente:	1.05 A <sup>(5)</sup>	Hielo:	0.0 mm
ErP:	Compliant <sup>(6)</sup>		

Potencia total absorbida:	0.21 kW	Clase de eficiencia energética:	--
---------------------------	---------	---------------------------------	----

Caja:	AlMg, Pintada en polvo RAL 9003	Tubos intercambiador:	Cobre <sup>(7)</sup>
Superf. de intercambio:	17.6 m <sup>2</sup>	Aletas:	Aluminio <sup>(7)</sup>
Volumen de tubos:	8.3 l	Pérdida pres. en distrib.:	--
Paso de aleta:	12.00 mm	Colector de aspiración:	15.0 * 1.00 mm
Peso vacío:	49 kg <sup>(8)</sup>	Entrada:	15.0 * 1.00 mm
Presión de servicio máxima:	32.0 bar	PED classification:	Art. 3, par. 3 <sup>(9)</sup>

**Dimensiones:**

- L = 1090 mm
- B = 815 mm
- H = 560 mm
- E = 680 mm
- F = 700 mm
- C = 210 mm
- A = 400 mm
- ØD = 14 mm
- K = G1¼



Descarga según DIN ISO 228-1 con rosca G (junta plana).

Atención: ¡Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!

<b>Precio de lista, IVA excluido:</b>	Unidad(es)	Precio unitario	Precio total
Precio unitario	1	2076.00 EUR	2076.00 EUR
<b>Total (Precio de lista sin IVA, inclusive embalaje)</b>	<b>Determination by calculation department</b>		

Tipo de entrega:

Condiciones de pago:

Plazo de entrega:

Validez de la oferta:

¡Nuestras condiciones generales de venta y entrega son válidas!

**Important remarks / explanatory notes:**

(1) Capacity according to Eurovent

(2) Grupo de fluidos 2 según Directiva 97/23/EG relativa a los equipos a presión, y la Directiva 67/548/EWG



- (3) Según Método de control en una superficie de medida envolvente sobre un plano reflectante, de acuerdo con la norma EN 13487, la tolerancia Eurovent = 2 dB (A) se aplica sólo a ventiladores AC con control sinusoidal o ventiladores EC; el ruido causado por otros métodos de control o sistema de aspersión con agua no se tiene en cuenta.
- (4) Distancia a la cual todavía se puede medir una velocidad de aire de 0.5 m/s en un espacio ideal a penetración a la profundidad que el flujo de aire alcanza en el cuarto frío depende de la geometría espacial y de otros factores.
- (5) El consumo de energía eléctrica puede diferir de acuerdo a la temperatura del aire y a la variación del voltaje en la red conforme a la norma VDE
- (6) Este aparato está equipado con ventiladores que cumplen las disposiciones de eficiencia establecidas en la Directiva 2009/125/CE (Directiva ERP).
- (7) The unit may not be suitable for very corrosive atmospheres (close to shores, in smoke rooms, etc.). For further information see program menu "?", "Material recommendations brochure", or ask your sales partner.
- (8) Peso y dimensiones no aplican para todos los modelos, ya que pueden variar para unidades especiales (S- ... )
- (9) Piping (DN = 13.0 mm, TSmax = 100 °C, gaseiforme). Final classification according to pressure equipment directive 97/23/EC during order processing.

**Favor observar ...**

**Aparato es sólo para calculación:**

The prices are no longer valid.

Fecha: 2015-04-05  
 Solicitud del:  
 Proyecto:  
 No. de oferta:  
 Posición:  
 Responsable:

**Evaporador CXGDF 030.1C/17-AN150.E ¡Sólo para el cálculo!**

<b>Capacidad:</b>	2.4 kW <sup>(1)</sup>	<b>Refrigerante:</b>	CO2 (R744) <sup>(2)</sup>
<b>Superficie de reserva:</b>	0.6 %	<b>Temp. de evaporación:</b>	-30.0 °C
<b>Caudal de aire:</b>	1100 m <sup>3</sup> /h	<b>Sobrecalentamiento:</b>	5.0 K
<b>Entrada del aire:</b>	-20.0 °C	<b>Temp. de condensación:</b>	-5.0 °C
<b>Salida del aire:</b>	-25.3 °C	<b>Temp. de subenfriam.:</b>	-6.0 °C
<b>Presión atmosf.:</b>	1013 mbar		

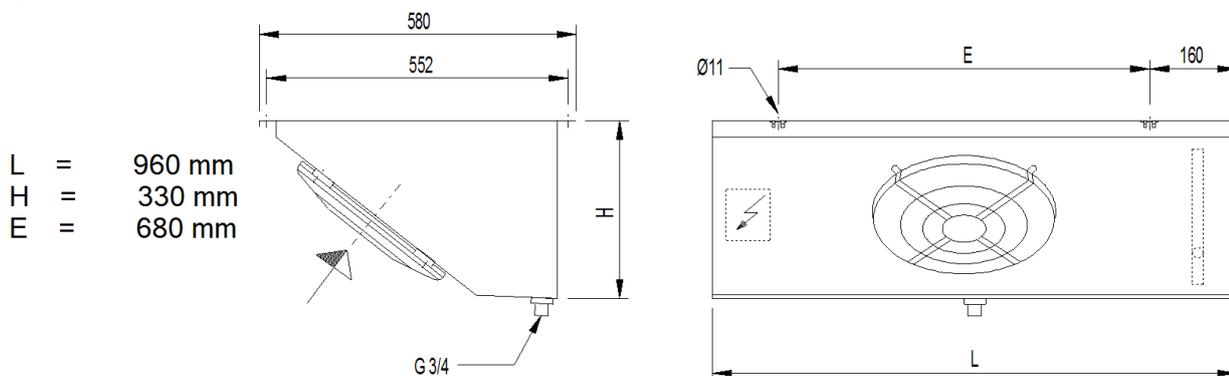
Ventiladores: 1 Unidad(es) 1~230V 50-60Hz

<b>Datos por motor (datos nominales):</b>		<b>Nivel de presión sonora:</b>	43 dB(A) en 3.0 m <sup>(3)</sup>
Revoluciones:	1250 min-1	<b>Nivel de potencia acústica:</b>	64 dB(A)
Capacidad (mec./el.):	0.02 kW/0.04 kW	<b>Tiro de aire:</b>	aprox. 7 m <sup>(4)</sup>
Corriente:	0.27 A <sup>(5)</sup>	<b>Hielo:</b>	0.0 mm
<b>ErP:</b>	Not relevant <sup>(6)</sup>		

<b>Potencia total absorbida:</b>	0.03 kW	<b>Clase de eficiencia energética:</b>	--
----------------------------------	---------	--	----

<b>Caja:</b>	AlMg, Pintada en polvo RAL 9003	<b>Tubos intercambiador:</b>	Cobre <sup>(7)</sup>
<b>Superf. de intercambio:</b>	8.8 m <sup>2</sup>	<b>Aletas:</b>	Aluminio <sup>(7)</sup>
<b>Volumen de tubos:</b>	3.2 l	<b>Pérdida pres. en distrib.:</b>	--
<b>Paso de aleta:</b>	7.00 mm	<b>Colector de aspiración:</b>	12.0 * 1.00 mm
<b>Peso vacío:</b>	16 kg <sup>(8)</sup>	<b>Entrada:</b>	12.0 * 1.00 mm
<b>Presión de servicio máxima:</b>	41.0 bar	<b>PED classification:</b>	Art. 3, par. 3 <sup>(9)</sup>

**Dimensiones:**



Atención: ¡Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!

Precio de lista, IVA excluido:	Unidad(es)	Precio unitario	Precio total
Precio unitario	1	693.00 EUR	693.00 EUR
Accesorios			
Conexión en caja de bornes, en lado corto	1		
<b>Total (Precio de lista sin IVA, inclusive embalaje)</b>		<b>Determination by calculation department</b>	

Tipo de entrega:

Condiciones de pago:

Plazo de entrega:

Validez de la oferta:

¡Nuestras condiciones generales de venta y entrega son válidas!

**Important remarks / explanatory notes:**

(1) Capacity according to Eurovent



- (2) Grupo de fluidos 2 según Directiva 97/23//EG relativa a los equipos a presión, y la Directiva 67/548/EWG
- (3) Según Método de control en una superficie de medida envolvente sobre un plano reflectante, de acuerdo con la norma EN 13487, la tolerancia Eurovent = 2 dB (A) se aplica sólo a ventiladores AC con control sinusoidal o ventiladores EC; el ruido causado por otros métodos de control o sistema de aspersión con agua no se tiene en cuenta.
- (4) Distancia a la cual todavía se puede medir una velocidad de aire de 0.5 m/s en un espacio ideal a penetración a la profundidad que el flujo de aire alcanza en el cuarto frío depende de la geometría espacial y de otros factores.
- (5) El consumo de energía eléctrica puede diferir de acuerdo a la temperatura del aire y a la variación del voltaje en la red conforme a la norma VDE
- (6) Este aparato está equipado con ventiladores que no quedan dentro del ámbito de aplicación de la Directiva 2009/125/CE (Directiva ERP).
- (7) The unit may not be suitable for very corrosive atmospheres (close to shores, in smoke rooms, etc.). For further information see program menu "?", "Material recommendations brochure", or ask your sales partner.
- (8) Peso y dimensiones no aplican para todos los modelos, ya que pueden variar para unidades especiales (S- ... )
- (9) Piping (DN = 10.0 mm, T<sub>Smax</sub> = 100 °C, gaseiforme). Final classification according to pressure equipment directive 97/23/EC during order processing.

**Favor observar ...**

**Aparato es sólo para calculación:**

The prices are no longer valid.

Fecha: 2015-04-05  
 Solicitud del:  
 Proyecto:  
 No. de oferta:  
 Posición:  
 Responsable:

**Evaporador CXGDF 030.1B/17-AN150.E ¡Sólo para el cálculo!**

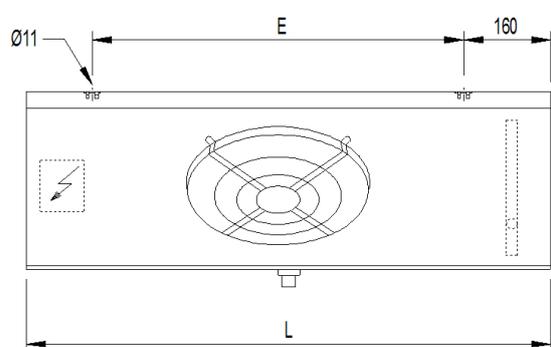
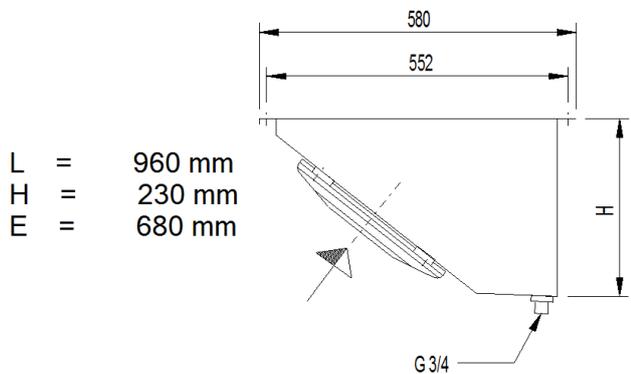
<b>Capacidad:</b>	1.43 kW <sup>(1)</sup>	<b>Refrigerante:</b>	CO2 (R744) <sup>(2)</sup>
<b>Superficie de reserva:</b>	0.9 %	<b>Temp. de evaporación:</b>	-30.0 °C
<b>Caudal de aire:</b>	930 m <sup>3</sup> /h	<b>Sobrecalentamiento:</b>	5.0 K
<b>Entrada del aire:</b>	-22.0 °C	<b>Temp. de condensación:</b>	-5.0 °C
<b>Salida del aire:</b>	-25.8 °C	<b>Temp. de subenfriam.:</b>	-6.0 °C
<b>Presión atmosf.:</b>	1013 mbar		

<b>Ventiladores:</b>	1 Unidad(es) 1~230V 50-60Hz	<b>Nivel de presión sonora:</b>	43 dB(A) en 3.0 m <sup>(3)</sup>
<b>Datos por motor (datos nominales):</b>		<b>Nivel de potencia acústica:</b>	64 dB(A)
<b>Revoluciones:</b>	1250 min-1	<b>Tiro de aire:</b>	aprox. 7 m <sup>(4)</sup>
<b>Capacidad (mec./el.):</b>	0.02 kW/0.04 kW	<b>Hielo:</b>	0.0 mm
<b>Corriente:</b>	0.27 A <sup>(5)</sup>		
<b>ErP:</b>	Not relevant <sup>(6)</sup>		

<b>Potencia total absorbida:</b>	0.03 kW	<b>Clase de eficiencia energética:</b>	--
----------------------------------	---------	--	----

<b>Caja:</b>	AlMg, Pintada en polvo RAL 9003	<b>Tubos intercambiador:</b>	Cobre <sup>(7)</sup>
<b>Superf. de intercambio:</b>	5.9 m <sup>2</sup>	<b>Aletas:</b>	Aluminio <sup>(7)</sup>
<b>Volumen de tubos:</b>	2.1 l	<b>Pérdida pres. en distrib.:</b>	--
<b>Paso de aleta:</b>	7.00 mm	<b>Colector de aspiración:</b>	12.0 * 1.00 mm
<b>Peso vacío:</b>	13 kg <sup>(8)</sup>	<b>Entrada:</b>	12.0 * 1.00 mm
<b>Presión de servicio máxima:</b>	41.0 bar	<b>PED classification:</b>	Art. 3, par. 3 <sup>(9)</sup>

**Dimensiones:**



Atención: ¡Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!

Precio de lista, IVA excluido:	Unidad(es)	Precio unitario	Precio total
Precio unitario	1	649.00 EUR	649.00 EUR
Accesorios			
Conexión en caja de bornes, en lado corto	1		
<b>Total (Precio de lista sin IVA, inclusive embalaje)</b>		<b>Determination by calculation department</b>	

Tipo de entrega:  
 Condiciones de pago:  
 Plazo de entrega:  
 Validez de la oferta:  
 ¡Nuestras condiciones generales de venta y entrega son válidas!

**Important remarks / explanatory notes:**

(1) Capacity according to Eurovent



- (2) Grupo de fluidos 2 según Directiva 97/23//EG relativa a los equipos a presión, y la Directiva 67/548/EWG
- (3) Según Método de control en una superficie de medida envolvente sobre un plano reflectante, de acuerdo con la norma EN 13487, la tolerancia Eurovent = 2 dB (A) se aplica sólo a ventiladores AC con control sinusoidal o ventiladores EC; el ruido causado por otros métodos de control o sistema de aspersión con agua no se tiene en cuenta.
- (4) Distancia a la cual todavía se puede medir una velocidad de aire de 0.5 m/s en un espacio ideal a penetración a la profundidad que el flujo de aire alcanza en el cuarto frío depende de la geometría espacial y de otros factores.
- (5) El consumo de energía eléctrica puede diferir de acuerdo a la temperatura del aire y a la variación del voltaje en la red conforme a la norma VDE
- (6) Este aparato está equipado con ventiladores que no quedan dentro del ámbito de aplicación de la Directiva 2009/125/CE (Directiva ERP).
- (7) The unit may not be suitable for very corrosive atmospheres (close to shores, in smoke rooms, etc.). For further information see program menu "?", "Material recommendations brochure", or ask your sales partner.
- (8) Peso y dimensiones no aplican para todos los modelos, ya que pueden variar para unidades especiales (S- ... )
- (9) Piping (DN = 10.0 mm, T<sub>Smax</sub> = 100 °C, gaseiforme). Final classification according to pressure equipment directive 97/23/EC during order processing.

**Favor observar ...**

**Aparato es sólo para calculación:**

The prices are no longer valid.

Fecha: 2015-04-05  
 Solicitud del:  
 Proyecto:  
 No. de oferta:  
 Posición:  
 Responsable:

**Evaporador CXGDF 030.1A/17-AN152.E ¡Sólo para el cálculo!**

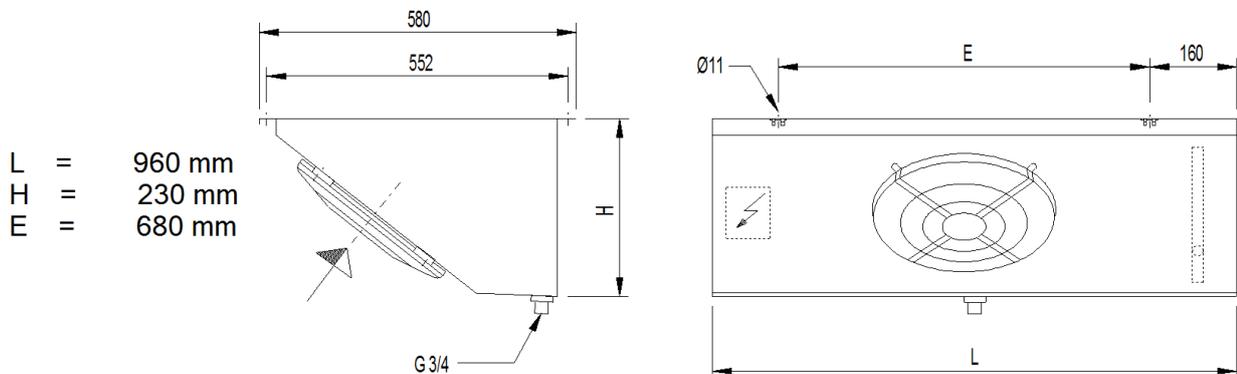
<b>Capacidad:</b>	1.00 kW <sup>(1)</sup>	<b>Refrigerante:</b>	CO2 (R744) <sup>(2)</sup>
<b>Superficie de reserva:</b>	3.0 %	<b>Temp. de evaporación:</b>	-30.0 °C
<b>Caudal de aire:</b>	1040 m <sup>3</sup> /h	<b>Sobrecalentamiento:</b>	5.0 K
<b>Entrada del aire:</b>	-20.0 °C	<b>Temp. de condensación:</b>	-5.0 °C
<b>Salida del aire:</b>	-22.4 °C	<b>Temp. de subenfriam.:</b>	-6.0 °C
<b>Presión atmosf.:</b>	1013 mbar		

<b>Ventiladores:</b>	1 Unidad(es) 1~230V 50-60Hz	<b>Nivel de presión sonora:</b>	43 dB(A) en 3.0 m <sup>(3)</sup>
<b>Datos por motor (datos nominales):</b>		<b>Nivel de potencia acústica:</b>	64 dB(A)
Revoluciones:	1250 min-1	<b>Tiro de aire:</b>	aprox. 8 m <sup>(4)</sup>
Capacidad (mec./el.):	0.02 kW/0.04 kW	<b>Hielo:</b>	0.0 mm
Corriente:	0.27 A <sup>(5)</sup>		
<b>ErP:</b>	Not relevant <sup>(6)</sup>		

<b>Potencia total absorbida:</b>	30.00 kW	<b>Clase de eficiencia energética:</b>	--
----------------------------------	----------	--	----

<b>Caja:</b>	AlMg, Pintada en polvo RAL 9003	<b>Tubos intercambiador:</b>	Cobre <sup>(7)</sup>
<b>Superf. de intercambio:</b>	3.9 m <sup>2</sup>	<b>Aletas:</b>	Aluminio <sup>(7)</sup>
<b>Volumen de tubos:</b>	1.4 l	<b>Pérdida pres. en distrib.:</b>	--
<b>Paso de aleta:</b>	7.00 mm	<b>Colector de aspiración:</b>	12.0 * 1.00 mm
<b>Peso vacío:</b>	12 kg <sup>(8)</sup>	<b>Entrada:</b>	12.0 * 1.00 mm
<b>Presión de servicio máxima:</b>	54.0 bar	<b>PED classification:</b>	Art. 3, par. 3 <sup>(9)</sup>

**Dimensiones:**



Precio de lista, IVA excluido:	Unidad(es)	Precio unitario	Precio total
Precio unitario	1	628.00 EUR	628.00 EUR
<b>Accesorios</b>			
Conexión en caja de bornes, en lado corto	1		
<b>Total (Precio de lista sin IVA, inclusive embalaje)</b>		<b>Determination by calculation department</b>	

Tipo de entrega:  
 Condiciones de pago:  
 Plazo de entrega:  
 Validez de la oferta:

¡Nuestras condiciones generales de venta y entrega son válidas!

**Important remarks / explanatory notes:**

(1) Capacity according to Eurovent



- (2) Grupo de fluidos 2 según Directiva 97/23//EG relativa a los equipos a presión, y la Directiva 67/548/EWG
- (3) Según Método de control en una superficie de medida envolvente sobre un plano reflectante, de acuerdo con la norma EN 13487, la tolerancia Eurovent = 2 dB (A) se aplica sólo a ventiladores AC con control sinusoidal o ventiladores EC; el ruido causado por otros métodos de control o sistema de aspersión con agua no se tiene en cuenta.
- (4) Distancia a la cual todavía se puede medir una velocidad de aire de 0.5 m/s en un espacio ideal a penetración a la profundidad que el flujo de aire alcanza en el cuarto frío depende de la geometría espacial y de otros factores.
- (5) El consumo de energía eléctrica puede diferir de acuerdo a la temperatura del aire y a la variación del voltaje en la red conforme a la norma VDE
- (6) Este aparato está equipado con ventiladores que no quedan dentro del ámbito de aplicación de la Directiva 2009/125/CE (Directiva ERP).
- (7) The unit may not be suitable for very corrosive atmospheres (close to shores, in smoke rooms, etc.). For further information see program menu "?", "Material recommendations brochure", or ask your sales partner.
- (8) Peso y dimensiones no aplican para todos los modelos, ya que pueden variar para unidades especiales (S- ... )
- (9) Piping (DN = 10.0 mm, T<sub>Smax</sub> = 100 °C, gaseiforme). Final classification according to pressure equipment directive 97/23/EC during order processing.

**Favor observar ...**

**Aparato es sólo para calculación:**

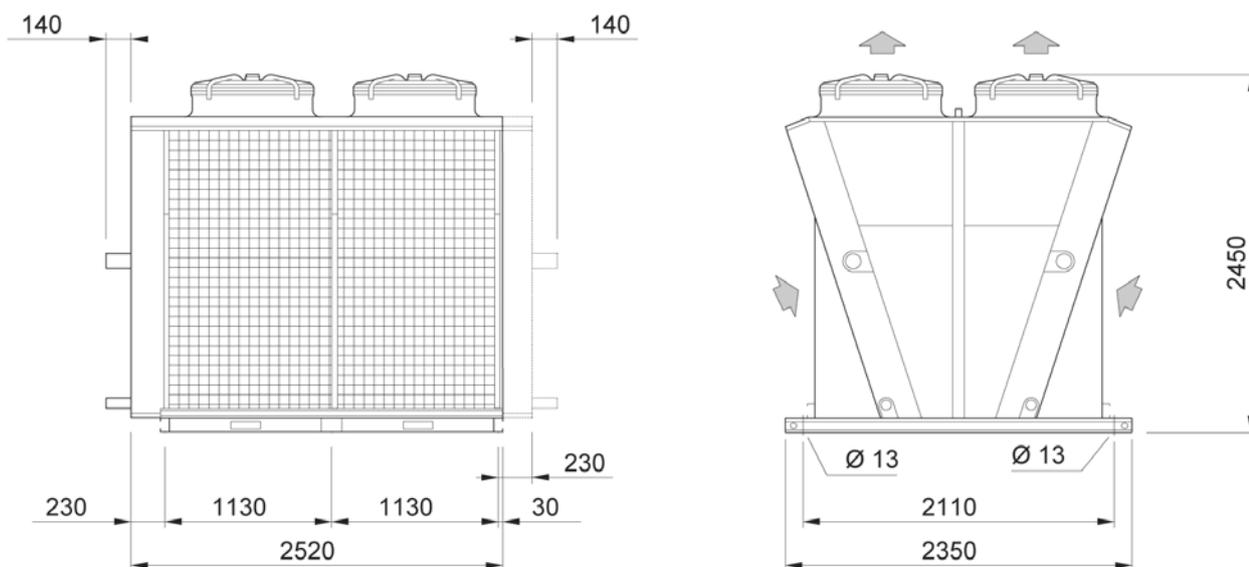
The prices are no longer valid.

Temperatura aire exterior	°C	35,0	Temperatura de condensación	°C	45,0
Refrigerante		R404A			
Altitud	m	0			
Desobrecalentamiento	°C	35,0			

Intercambiador * Bateria	Standard	Alimentación	Standard
Motor / Ventilador	Standard	Flujo aire	V

Modelo Seleccionado: 1 x VCE 804D3-D

Capacidad	kW	119,858			
DT	°C	10,0	Hot Gas	°C	80,0
Tot.Caud.Aire	m3/h	37800	Pres. son. tot. 10 mt.	dB(A)	38



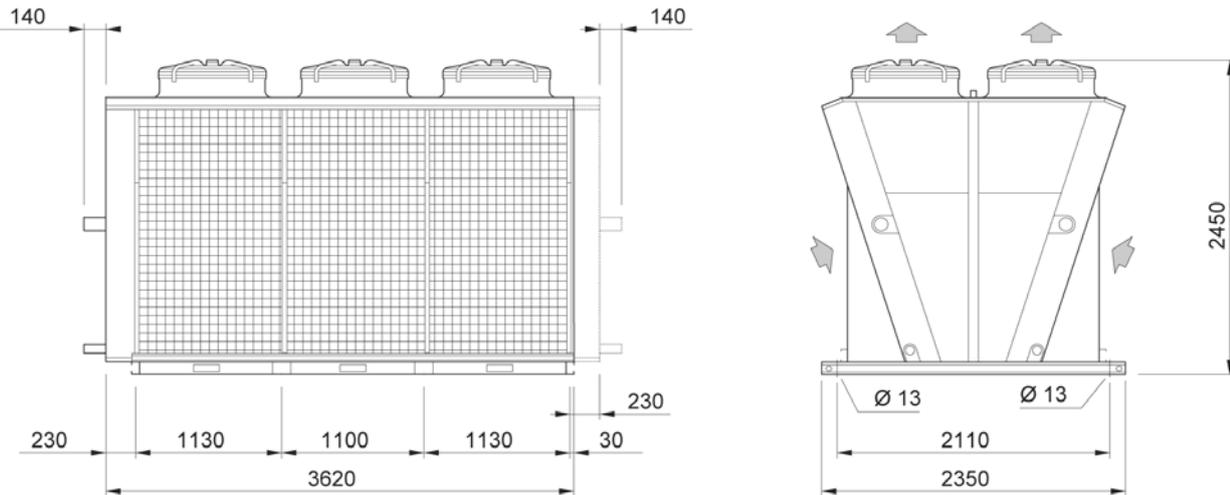
Peso	kg	1170,000			
Superficie externa	m2	760,00	Superficie interna	m2	44,79
Conexión entrada		2 x 54 mm	Conexión salida		2 x 42 mm
Paso aletas	mm	2.1	Capacidad circuito	dm3	102,00
Ventilador	n.	4	Diámetro	mm	800
Caudal aire	m3/h	37800	Potencia sonora	dB(A)	71
Conexión	Delta		Velocidad de rotación	r.p.m.	440
Alimentación	V	Standard	Número de polos	n.	12
Consumo Total	A	4,8	Clase de eficiencia		B
Potencia nominal	Watt	1480	Potencia absorbida	Watt	1440

Temperatura aire exterior	°C	35,0	Temperatura de condensación	°C	45,0
Refrigerante		R404A			
Altitud	m	0			
Desobrecalentamiento	°C	35,0			

Intercambiador * Bateria	Standard	Alimentación	Standard
Motor / Ventilador	Standard	Flujo aire	V

Modelo Seleccionado: 1 x VCE 806B4-D

Capacidad	kW	347,575			
DT	°C	10,0	Hot Gas	°C	80,0
Tot.Caud.Aire	m3/h	117600	Pres. son. tot. 10 mt.	dB(A)	56



Peso	kg	1850,000			
Superficie externa	m2	1519,00	Superficie interna	m2	89,58
Conexión entrada		2 x 70 mm	Conexión salida		2 x 54 mm
Paso aletas	mm	2.1	Capacidad circuito	dm3	198,00
Ventilador	n.	6	Diámetro	mm	800
Caudal aire	m3/h	117600	Potencia sonora	dB(A)	89
Conexión	Delta		Velocidad de rotación	r.p.m.	890
Alimentación	V	Standard	Número de polos	n.	6
Consumo Total	A	24	Clase de eficiencia		D
Potencia nominal	Watt	12000	Potencia absorbida	Watt	11000

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CONDENSADOR R134A

Selección Condensador

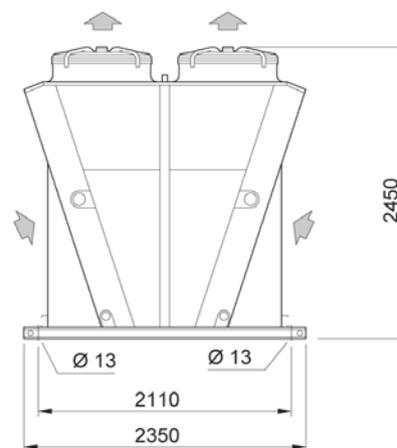
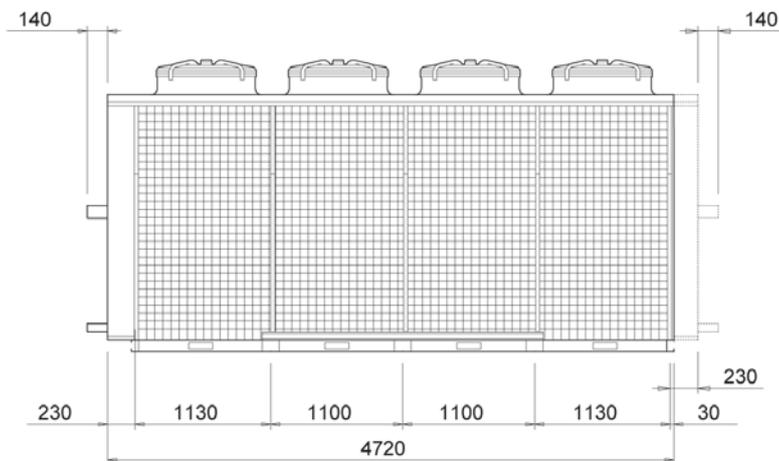
08/02/2015

Capacidad del Condensador	kW	410,000	Temperatura de condensación	°C	45,0
Temperatura aire exterior	°C	35,0	Refrigerante		R134a
Altitud	m	0	Desobrecalentamiento	°C	35,0

Intercambiador * Bateria	Standard	Alimentación	Standard
Motor / Ventilador	Standard	Flujo aire	V

Modelo Seleccionado: 1 x VCE 808B4-D

Capacidad	kW	423,715	Margen de reserva	%	3,3
DT	°C	10,0	Hot Gas	°C	80,0
Tot.Caud.Aire	m3/h	156800	Pres. son. tot. 10 mt.	dB(A)	57



Peso	kg	2370,000			
Superficie externa	m2	2026,00	Superficie interna	m2	119,45
Conexión entrada		2 x 70 mm	Conexión salida		2 x 54 mm
Paso aletas	mm	2.1	Capacidad circuito	dm3	254,00
Ventilador	n.	8	Diámetro	mm	800
Caudal aire	m3/h	156800	Potencia sonora	dB(A)	90
Conexión	Delta		Velocidad de rotación	r.p.m.	890
Alimentación	V	Standard	Número de polos	n.	6
Consumo Total	A	32	Clase de eficiencia		E
Potencia nominal	Watt	16000	Potencia absorbida	Watt	14600

Usuario CONEN Selección Condensador  
Referencia Cliente CONDENSADOR R407F NEGATIVA

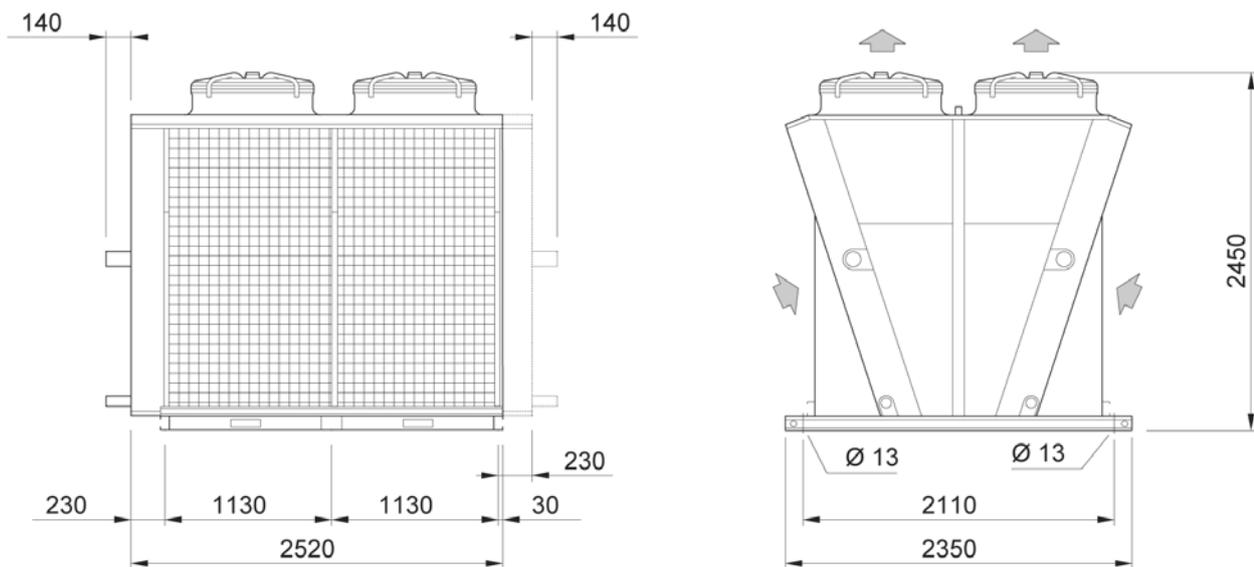
01/02/2015

Capacidad del Condensador	kW	117,000	Temperatura de condensación	°C	45,0
Temperatura aire exterior	°C	35,0	Refrigerante		R404A
Altitud	m	0	Desobrecalentamiento	°C	35,0

Intercambiador * Bateria	Standard	Alimentación	Standard
Motor / Ventilador	Standard	Flujo aire	V

Modelo Seleccionado: 1 x VCE 804D3-D

Capacidad	kW	119,858	Margen de reserva	%	2,4
DT	°C	10,0	Hot Gas	°C	80,0
Tot.Caud.Aire	m3/h	37800	Pres. son. tot. 10 mt.	dB(A)	38



Peso	kg	1170,000	Superficie interna	m2	44,79
Superficie externa	m2	760,00	Conexión salida		2 x 42 mm
Conexión entrada		2 x 54 mm	Capacidad circuito	dm3	102,00
Paso aletas	mm	2.1	Ventilador	n.	4
Ventilador	n.	4	Diámetro	mm	800
Caudal aire	m3/h	37800	Potencia sonora	dB(A)	71
Conexión	Delta		Velocidad de rotación	r.p.m.	440
Alimentación	V	Standard	Número de polos	n.	12
Consumo Total	A	4,8	Clase de eficiencia		B
Potencia nominal	Watt	1480	Potencia absorbida	Watt	1440

Usuario CONEN  
Referencia Cliente CONDENSADOR R407F

Selección Condensador

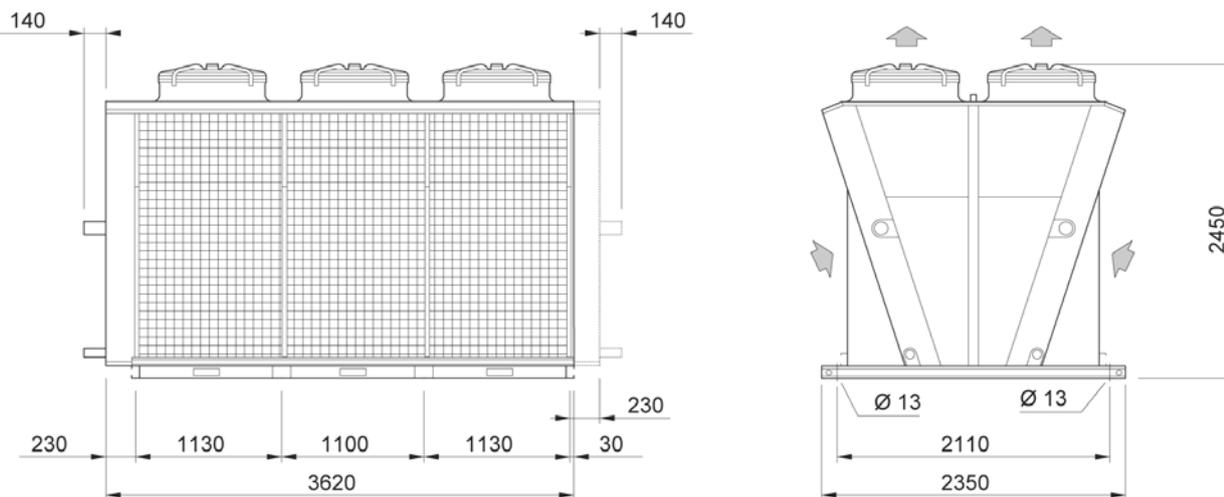
01/02/2015

Capacidad del Condensador	kW	340,000	Temperatura de condensación	°C	45,0
Temperatura aire exterior	°C	35,0	Refrigerante		R404A
Altitud	m	0	Desobrecalentamiento	°C	35,0

Intercambiador * Bateria	Standard	Alimentación	Standard
Motor / Ventilador	Standard	Flujo aire	V

Modelo Seleccionado: 1 x VCE 806B4-D

Capacidad	kW	347,575	Margen de reserva	%	2,2
DT	°C	10,0	Hot Gas	°C	80,0
Tot.Caud.Aire	m3/h	117600	Pres. son. tot. 10 mt.	dB(A)	56



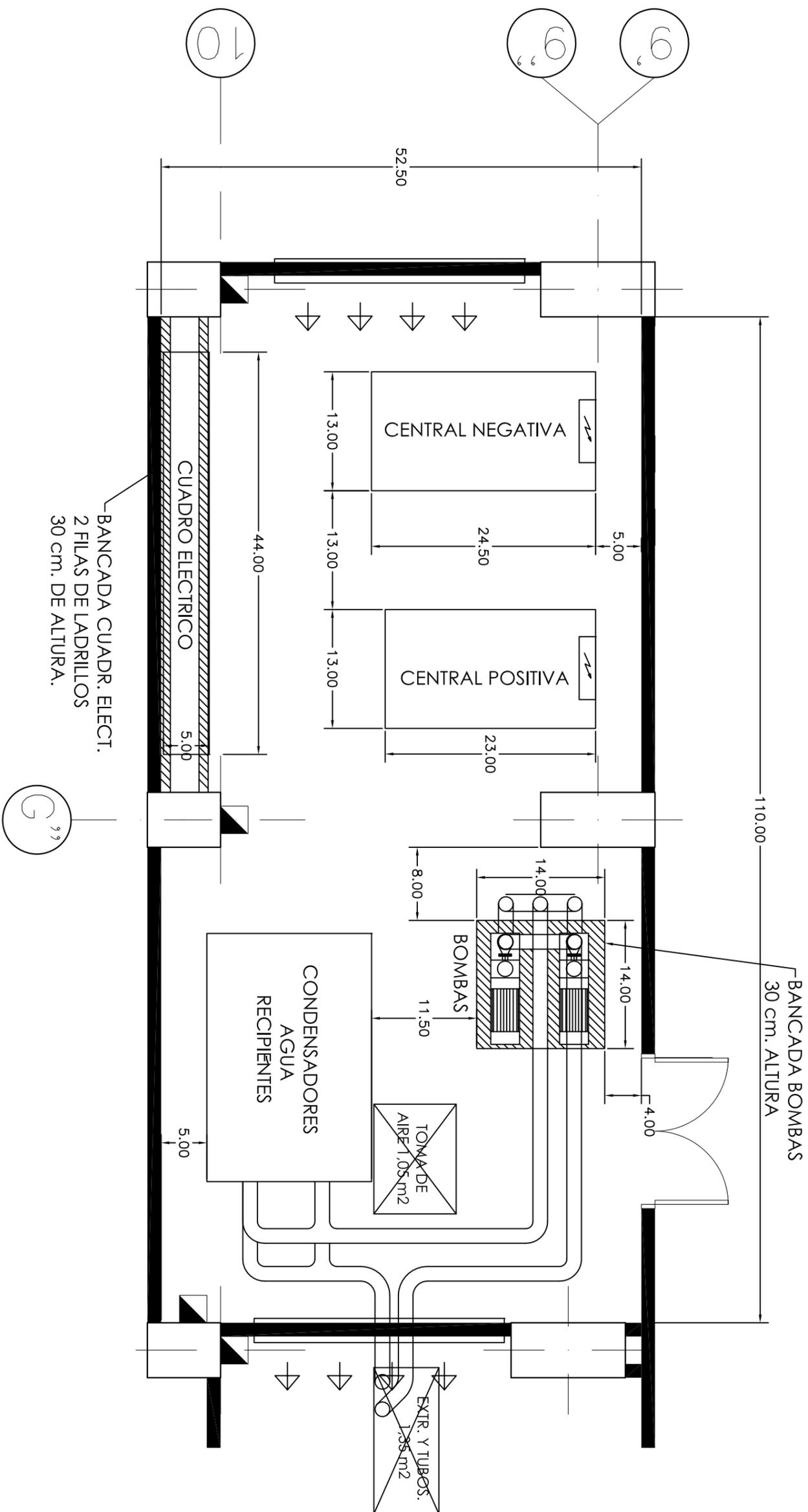
Peso	kg	1850,000	Superficie interna	m2	89,58
Superficie externa	m2	1519,00	Conexión salida		2 x 54 mm
Conexión entrada		2 x 70 mm	Capacidad circuito	dm3	198,00
Paso aletas	mm	2.1	Ventilador	n.	6
Ventilador	n.	6	Diámetro	mm	800
Caudal aire	m3/h	117600	Potencia sonora	dB(A)	89
Conexión	Delta		Velocidad de rotación	r.p.m.	890
Alimentación	V	Standard	Número de polos	n.	6
Consumo Total	A	24	Clase de eficiencia		D
Potencia nominal	Watt	12000	Potencia absorbida	Watt	11000

---

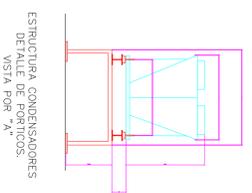
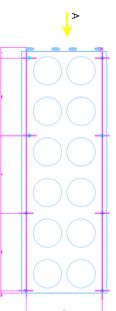
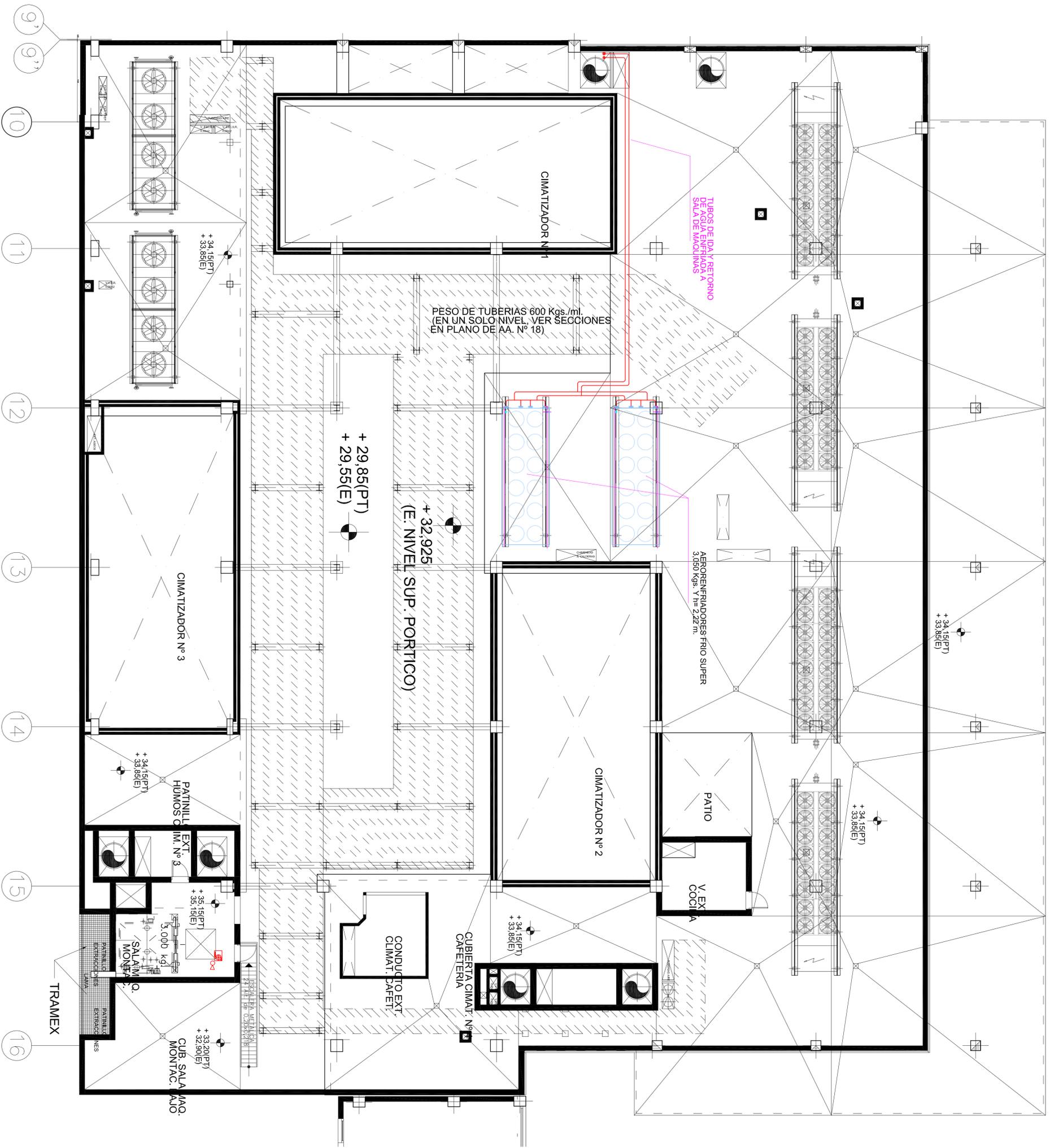
# PLANOS

---





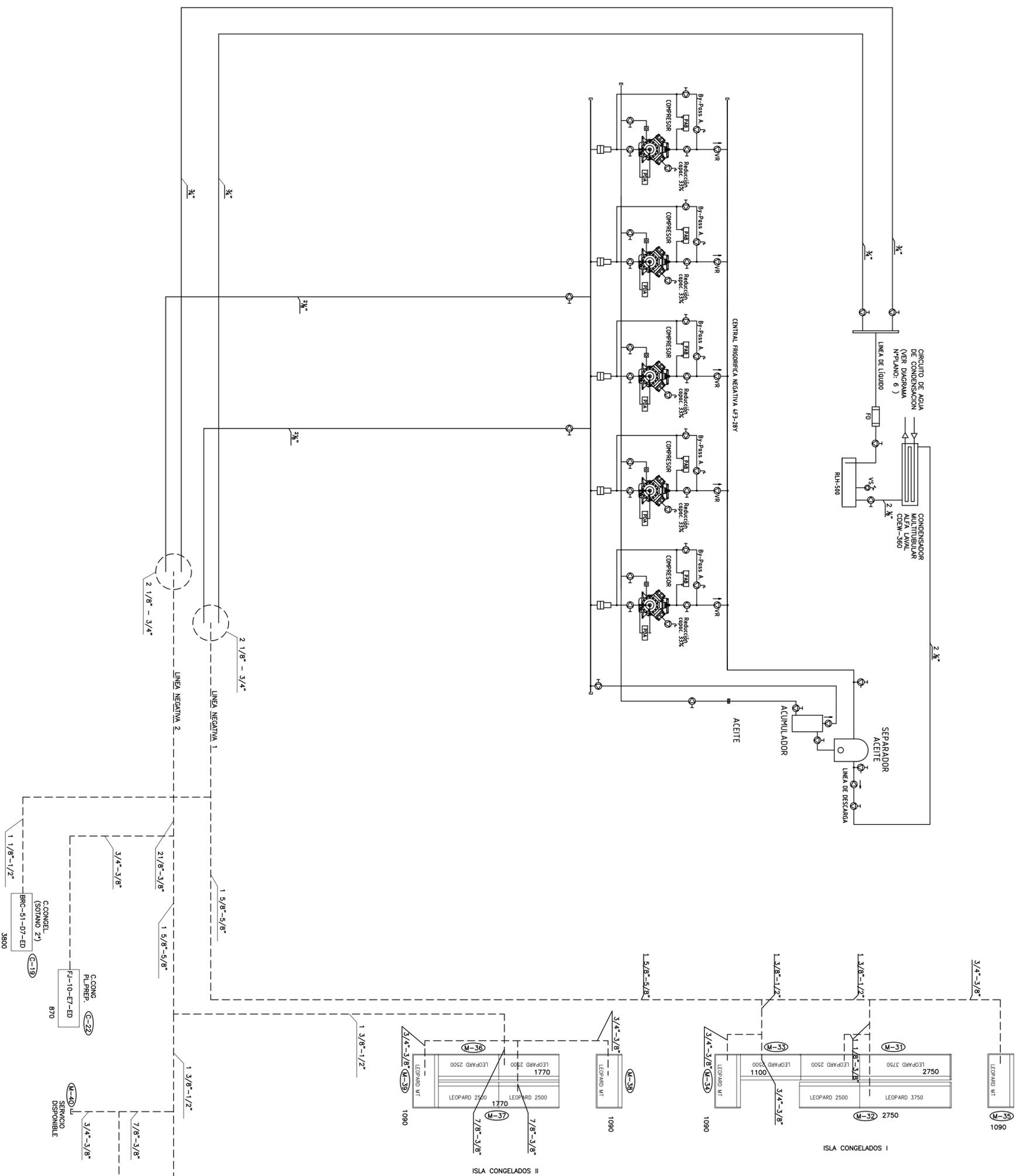
<b>MEJORA Y REMODELACION DE INSTALACION FRIGORIFICA DE HIPERMERCADO</b>		<b>MAYO 2015</b>	
PLANO: SALA DE MAQUINAS - INSTALACION EXISTENTE	PLANO N°: <b>2</b>	ESCALA: 1:50 A3	EL CORTE INGLES TALAVERA DE LA REINA (INSTALACION EXISTENTE R404A)
		GRADUADA EN INGENIERIA MECANICA NOELIA VELASCO PRIETO	



MEJORA Y REMODELACION DE INSTALACION FRIGORIFICA DE HIPERMERCADO		Escala: 1:100 (A1)		MAIO 2015	
OBJETO: CUBIERTA - DISTRIBUCION DE AEROREFRIGERADORES		Elaborado por: EL CORTE INGONES		DISEÑADO POR: GARCIA INGENIERIA MECANICA	
FOLIO: 3		TAMBIEN DE: TABLERA DE LA SIEMMA		MODULO: VELASCO PABLO	
FOLIO: 3		INSTALACION EXISTENTE (RODA)			



SERVICIOS NEGATIVOS		
REF	MUEBLES DENOMINACION	MODULACION MUEBLES
M 31	ISLA CONGELADOS I	3.75+2.50
M 32	ISLA CONGELADOS II	3.75+2.50
M 33	ISLA CONGELADOS III	2.50
M 34	ISLA CONGELADOS IV	MT
M 35	CABECERA CONGELADOS I	MT
M 36	ISLA CONGELADOS V	2x2.50
M 37	ISLA CONGELADOS VI	2x2.50
M 38	CABECERA CONGELADOS II	MT
M 39	CABECERA CONGELADOS III	MT
M 40	VITR. PASTEL. CONGEL.	DISPONIBLE
REF	CAMARAS DENOMINACION	MODELO EVAPORADOR
C.19	CAMARA CONGEL. GENERAL (SOT.2)	BRC 51 D7 ED
C.20	CAMARA CONGEL. ENVIOS	BRC 38 D7 ED
C.21	CAMARA CONGEL. PASTELERIA	BRC 25 D7 ED
C.22	CAMARA CONGEL. PLATOS PR.	F.J.-10-E7-ED



MEJORA Y REMODELACION DE INSTALACION FRIGORIFICA DE HIPERMERCADO

ESCALA: S/E A2

EL CORTE INGLES TALAVERA DE LA REINA (INSTALACION EXISTENTE RM04A)

PLANO: 5

PLANO VC:

ESQUEMA DE PRINCIPIO - CENTRAL NEGATIVA RM04A

MAYO 2015

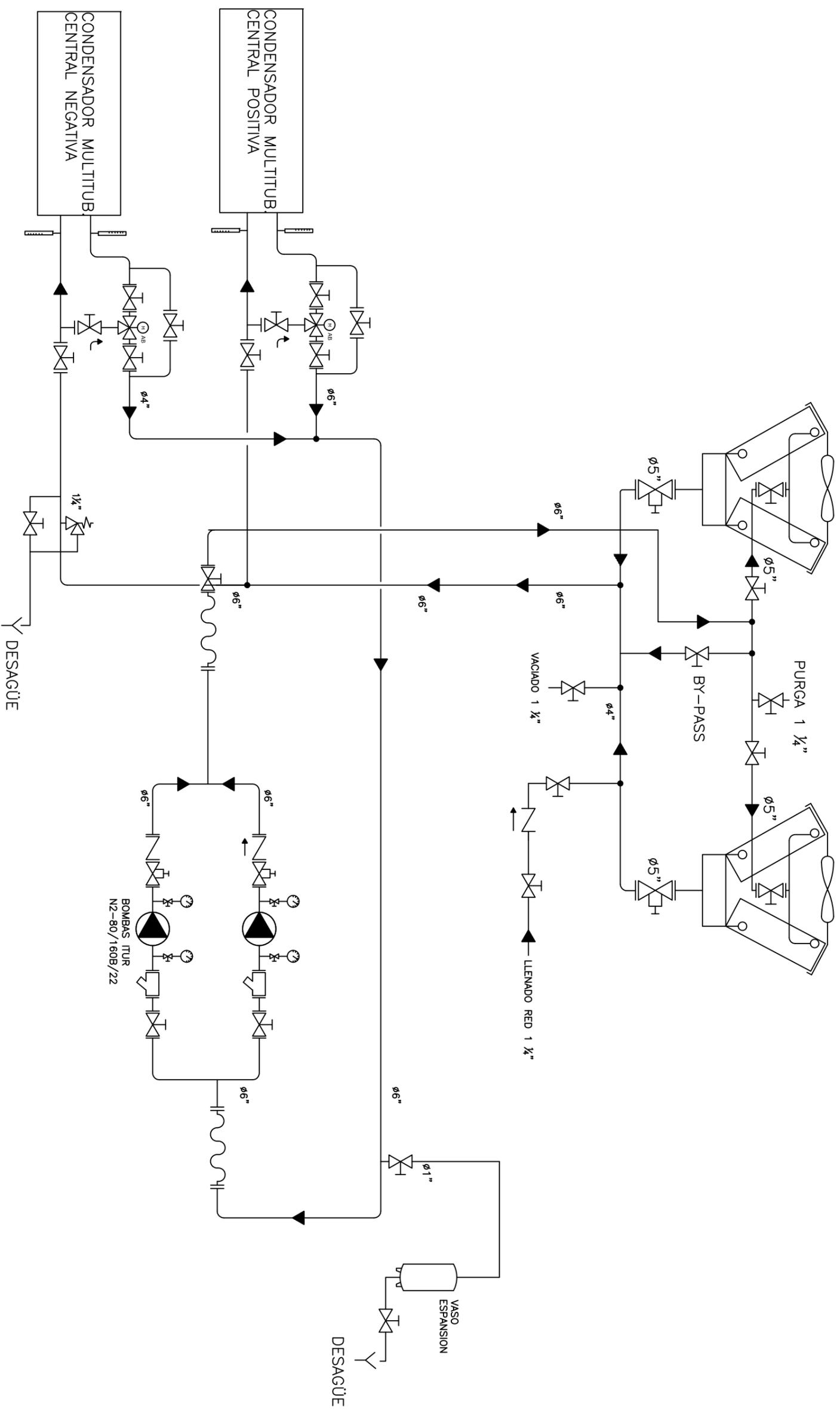
GRADUADA EN INGENIERIA MECANICA

NOELIA VELASCO PRIETO

AEROENFRIADORES

MARCA: LVE-CONTARDO

MODELO: SHDLN-852E/12VENT.



LEYENDA

-  FILTRO
-  VALVULA DE CORTE
-  VALVULA DE REGULACION
-  VALVULA MOTORIZADA 3 VIAS
-  MANOMETRO
-  VALVULA DE SEGURIDAD
-  VALVULA DE RETENCION

<p>MEJORA Y REMODELACION DE INSTALACION FRIGORIFICA DE HIPERMERCADO</p>		ESCALA:	MAYO 2015
		S/E	
PLANO:	PLANO N°:	EL CORTE INGLES TALAVERA DE LA REINA (INSTALACION EXISTENTE R404A)	
ESQUEMA DE PRINCIPIO - CONDENSACION		6	GRADUADA EN INGENIERIA MECANICA NOELIA VELASCO PRIETO