



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO
CON INTENSIFICACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO

Alumno: Amaia Mutilva Zabalegui

Tutor: José Ramón Alfaro López

Tudela, Septiembre de 2013



DOCUMENTOS

1. MEMORIA

2. CÁLCULOS

3. PLANOS

4. PLIEGO DE CONDICIONES

5. PRESUPUESTO

6. BIBLIOGRAFÍA

7. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO CON
INTENSIFICACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Alumno: Amaia Mutilva Zabalegui

Tutor: José Ramón Alfaro López

Tudela, Septiembre de 2013



AGRADECIMIENTOS

Quisiera dar las gracias a la empresa Exposición y Conservación de Alimentos S.A. (EXKAL) por acogerme y darme la oportunidad de conocer el mundo del frío industrial y comercial.

También al tutor de este proyecto, José Ramón Alfaro. No sólo por dirigirme el proyecto incluso en verano sino también por su apoyo durante toda mi época universitaria.

Por último, dar las gracias a mi familia, amigos y compañeros de clase por todo su apoyo durante toda la carrera.

“El ignorante afirma, el sabio duda y reflexiona”
Aristoteles



DOCUMENTO N° 1 MEMORIA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	8
1.2. ANTECEDENTES	8
1.3. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL LOCAL	8
1.4. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE	9
2. INTRODUCCIÓN A LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS PERECEDEROS	10
2.1. INTRODUCCIÓN. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO.....	10
2.2. REFRIGERACIÓN	10
2.2.1. EFECTO DE LA REFRIGERACIÓN SOBRE LOS MICROORGANISMOS.....	11
2.2.2. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DEL ALIMENTO DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN	11
2.3. CONGELACIÓN.....	12
2.3.1. ULTRACONGELACIÓN.....	13
2.4. TIEMPOS DE ENFRIAMIENTO Y CONGELACIÓN.....	13
2.4.1. TIEMPOS DE ENFRIAMIENTO	13
2.4.2. TIEMPOS DE CONGELACIÓN	14
2.5. TERMÓMETRO BACTEREOLÓGICO	15
2.6. OTROS SISTEMAS ACTUALES DE CONSERVACIÓN	15
2.6.1. CONSERVACIÓN POR CALOR.....	15
2.6.2. OZONO.....	16
3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO.....	17
3.1. MÉTODOS BASADOS EN PROCESOS QUÍMICOS	17
3.2. MÉTODOS BASADOS EN MEDIOS FÍSICOS	17
3.2.1. ELEVAR LA TEMPERATURA DE UN REFRIGERANTE	17
3.2.2. CAMBIO DE FASE	17
3.3. MÉTODOS ELÉCTRICOS.....	19
3.3.1. EFECTO PELTIER O TERMOELÉCTRICO.....	19



4. CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN SIMPLE	21
4.1. DIAGRAMA PRESIÓN (p)- ENTALPÍA (h).....	21
4.2. CICLO DE COMPRESIÓN DE VAPOR	22
4.2.1. CICLO FRIGORÍFICO DE CARNOT	22
4.2.2. CICLO DE COMPRESIÓN DE VAPOR IDEAL.....	22
4.2.3. CICLO DE COMPRESIÓN DE VAPOR REAL	24
4.2.3.1. Subenfriamiento de líquido	26
4.2.3.2. Recalentamiento de vapor.....	27
4.2.3.3. Efecto de la temperatura de evaporación	27
4.2.3.4. Efecto de la temperatura de condensación.....	28
4.2.4. CICLO DE COMPRESIÓN DE SIMPLE Y EXPANSIÓN MULTIPLE ...	29
4.2.5. CICLO DE COMPRESIÓN EN CASCADA	30
4.3. CICLO FRIGORÍFICO DE LA INSTALACIÓN	30
4.3.1. POTENCIAS.....	33
4.3.1.1. Central positiva	33
4.3.1.2. Central negativa	33
4.3.2. RELACIÓN DE COMPRESIÓN	33
4.3.3. RENDIMIENTO ISOENTROPICO DEL COMPRESOR.....	33
4.3.3.1. Central positiva	34
4.3.3.2. Central negativa	34
4.3.4. COP DE LA INSTALACIÓN	34
4.3.4.1. Central positiva	34
4.3.4.2. Central negativa	35
5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	36
5.1. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....	36
6. CLASES CLIMÁTICAS Y RANGO DE TEMPERATURAS	39
6.1. CLASES CLIMÁTICAS	39
6.2. RANGO DE TEMPERATURAS	39
7. MOBILIARIO FRIGORÍFICO	41
7.1. FUNCIONAMIENTO DE LOS MUEBLES.....	41
7.2. MUEBLES SELECCIONADOS	43
7.2.1. MURALES (VERTICALES)	43
7.2.2. ISLAS	44
7.2.3. VITRINAS (HORIZONTALES).....	45
7.3. DATOS TÉCNICOS	46



8. CÁMARAS Y OBRADORES.....	47
8.1. CLASIFICACIÓN POR SU TEMPERATURA.....	47
8.2. CÁMARAS DEL HIPERMERCADO DEL PROYECTO	47
8.3. CONSTRUCCIÓN	48
8.4. AISLAMIENTO	49
8.4.1. MATERIALES AISLANTES.....	49
8.4.2. AISLANTE UTILIZADO.....	51
8.4.3. ESPESOR DE AISLAMIENTO.....	53
8.4.4. AISLAMIENTO DE SUELOS	55
8.4.4.1. Temperatura del suelo.....	56
8.4.4.2. Recintos a aislar	56
8.4.4.3. Ejecución del aislamiento del suelo	56
8.4.5. DATOS DEL AISLAMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE TÉRMICO	58
8.5. OTROS ELEMENTOS Y ACCESORIOS DE LAS CÁMARAS	58
8.5.1. PUERTAS.....	58
8.5.2. SUMIDEROS EN EL SUELO	59
8.5.3. DESAGÜES DE EVAPORADORES	59
8.5.4. SISTEMA DE SEGURIDAD DE CÁMARAS NEGATIVAS	59
8.5.5. ILUMINACIÓN.....	59
8.6. FOTOS.....	60
9. BALANCE TÉRMICO DE CÁMARAS Y OBRADORES	61
9.1. TIPOS DE CARGAS TÉRMICAS Y FÓRMULAS DE CÁLCULO.....	61
9.1.1. CALOR DE OTRAS FUENTES	61
9.1.1.1. Calor en los cerramientos.....	61
9.1.1.2. Pérdidas por servicio.....	62
9.1.2. CALOR DE LOS PRODUCTOS	66
9.1.2.1. Calor de refrigeración de los alimentos	66
9.1.2.2. Calor de congelación de los alimentos.....	66
9.1.2.3. Calor de respiración de los alimentos	67
9.1.2.4. Calor de los embalajes	67
9.1.3. TABLAS	68
9.1.4. POTENCIA DE LA INSTALACIÓN.....	80
9.1.4.1. Número de horas de funcionamiento al día “t”.....	80
9.1.4.2. Potencia de los ventiladores y de desescarche del evaporador y elección del evaporador.....	80
9.1.5. FACTOR DE SEGURIDAD (NÚMEROS ÍNDICE).....	81
9.2. CÁLCULO BALANCE TÉRMICO CÁMARAS Y OBRADORES	81
9.2.1. DATOS GENERALES.....	81
9.2.2. CAPACIDAD DE UNA CÁMARA.....	82



9.2.3. ROTACIÓN DE PRODUCTOS.....	82
10. PUNTOS DE FRÍO (SERVICIOS) Y TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	83
10.1. INTRODUCCIÓN	83
10.2. PUNTOS DE FRÍO CENTRAL POSITIVA.....	84
10.3. PUNTOS DE FRÍO CENTRAL NEGATIVA	86
11. VÁLVULAS DE EXPANSIÓN	87
11.1. TIPOS DE DISPOSITIVOS DE EXPANSIÓN	87
11.2. VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICAS	87
11.2.1. FUNCIONAMIENTO	88
11.2.1.1. Efectos del sobrecalentamiento.....	88
11.2.1.2. Partes principales	92
11.2.1.3. Principios de operación.....	92
11.2.2. FOTOS DE VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS	94
11.3. INFLUENCIA DE LA SUCIEDAD Y LA HUMEDAD EN LA VÁLVULA TERMOSTÁTICA	95
12. EVAPORADORES	96
12.1. INTRODUCCIÓN	96
12.2. COMPORTAMIENTO GENÉRICO DE EVAPORADORES	96
12.2.1. TRANSMISIÓN DE CALOR	96
12.2.2. PROCESO DE EVAPORACIÓN DENTRO DE LOS TUBOS	97
12.3. CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE VAPORADORES	98
12.3.1. ENFRIAMIENTO DE LÍQUIDO	98
12.3.1.1. Evaporadores de carcasa y tubo	98
12.3.1.2. Evaporadores de placas.....	99
12.3.2. ENFRIAMIENTO DE AIRE	99
12.3.2.1. Evaporadores de tubo descubierto o liso	99
12.3.2.2. Evaporadores de placa	100
12.3.2.3. Evaporadores de tubo y aletas.....	100
12.4. SISTEMAS DE DESESCARCHE	108
12.4.1. DESESCARCHE POR AIRE (DESESCARCHE NATURAL).....	109
12.4.2. DESESCARCHE POR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS	109
12.5. TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN Y ΔT	112
12.6. SEPARACIÓN DE ALETAS.....	114
12.7. SELECCIÓN DEL TIPO DE EVAPORADOR	114



12.8. SELECCIÓN DE EVAPORADORES	115
22.8.1. MÉTODO DE SELECCIÓN	115
22.8.1.1. Cálculo de la capacidad frigorífica	115
22.8.1.2. Selección de un evaporador	115
22.8.1.3. Nivel sonoro.....	116
22.8.1.4. Proyección de aire.....	117
22.8.2. EVAPORADORES SELECCIONADOS.....	118
12.9. DESAGÜES DE EVAPORADORES.....	123
13. COMPRESORES.....	124
13.1. INTRODUCCIÓN	124
13.2. ESTRUCTURA DE LOS COMPRESORES	124
13.3. CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE COMPRESORES	125
13.3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS COMPRESORES.....	125
13.3.1.1. En función de la forma de compresión	125
13.3.1.2. En función de la separación compresor-accionamiento.....	125
13.3.2. COMPRESORES CENTRÍFUGOS	126
13.3.3. COMPRESORES AXIALES.....	128
13.3.4. COMPRESORES ROTATIVOS	129
13.3.5. COMPRESORES ALTERNATIVOS	129
13.3.6. COMPRESORES HERMÉTICOS, SEMIHERMÉTICOS Y ABIERTOS.....	132
13.3.6.1. Herméticos	132
13.3.6.2. Semiherméticos.....	133
13.3.6.3. Abiertos.....	133
13.4. LUBRICACIÓN Y REFRIGERACIÓN DEL COMPRESOR.....	134
13.4.1. LUBRICACIÓN DE COMPRESORES	134
13.4.2. REFRIGERACIÓN DEL COMPRESOR.....	134
13.5. SELECCIÓN DEL TIPO DE COMPRESOR	134
13.6. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE LOS COMPRESORES	135
13.7. COMPRESORES SELECCIONADOS.....	135
13.7.1. CENTRAL POSITIVA	135
13.7.2. CENTRAL NEGATIVA.....	136
14. CENTRALES DE FRÍO	138
14.1. REGULACIÓN	139
14.2. EQUIPAMIENTO DE LAS CENTRALES FRIGORÍFICAS	140
14.3. CENTRALES DE FRÍO UTILIZADAS	141
14.4. FOTOS CENTRALES DE FRÍO	142



15. SALA DE MÁQUINAS	144
15.1. COMPOSICIÓN Y COMUNICACIÓN CON EL RESTO DEL EDIFICIO	144
15.2. VENTILACIÓN	144
16. CONDENSADORES	146
16.1. INTRODUCCIÓN	146
16.2. TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE LOS CONDENSADORES.....	146
16.2.1. CONDENSADORES ENFRIADOS POR AIRE	146
16.2.1.1. Condensadores helicoidales (axiales) verticales u horizontales	147
16.2.1.2. Condensadores helicoidales (axiales) en V.....	148
16.2.1.3. Condensadores centrífugos	149
16.2.1.4. Condensadores multicircuito	149
16.2.2. CONDENSADORES ENFRIADOS POR AGUA.....	150
16.2.3. CONDENSADORES EVAPORATIVOS	150
16.2.4. TORRES DE REFRIGERACIÓN	151
16.3. CALOR A DISIPAR EN LOS CONDENSADORES.....	152
16.4. TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN Y SALTO TÉRMICO	152
16.5. SUBENFRIAMIENTO.....	153
16.6. SELECCIÓN DE CONDENSADORES	153
16.6.1. TIPO DE CONDENSADOR	153
16.6.2. MÉTODO DE SELECCIÓN DE CONDENSADORES FRIMETAL	153
16.6.3. CONDENSADOR CENTRAL POSITIVA.....	154
16.6.4. CONDENSADOR CENTRAL NEGATIVA	155
17. RED DE TUBERÍAS	156
17.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE REFRIGERACIÓN.....	156
17.2. CONSIDERACIONES GENERALES EN EL DISEÑO DE TUBERÍAS	158
17.3. EFECTOS DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA	158
17.3.1. ASPIRACIÓN (EVAPORADOR Y TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN) ...	159
17.3.2. VÁLVULAS DE DESCARGA	159
17.3.3. DESCARGA (TUBERÍA DE DESCARGA Y CONDENSADOR)	159
17.3.4. LÍQUIDO (CONDENSADOR-VÁLVULA DE EXPANSIÓN).....	159
17.4. DIMENSIONADO DE LAS LÍNEAS DE REFRIGERANTE	160
17.4.1. LÍNEA DE ASPIRACIÓN	160
17.4.1.1. Diseño de la tubería	160
17.4.2. LÍNEA DE DESCARGA.....	161
17.4.2.1. Diseño de la tubería	161
17.4.3. LÍNEA DE LÍQUIDO	161



17.4.3.1. Diseño de la tubería	162
17.5. TABLA DE CAPACIDAD DE TUBERÍAS.....	163
17.6. CARACTERÍSTICAS DEL MONTAJE DE LAS TUBERÍAS	165
17.7. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA.....	170
17.7.1. PÉRDIDAS ESTÁTICAS POR DIFERENCIA DE ALTURA.....	170
17.7.2. PÉRDIDAS DINÁMICAS POR ROZAMIENTO	170
17.8. TUBERÍAS UTILIZADAS	170
17.9. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS	171
17.9.1. INTRODUCCIÓN	171
17.9.2. MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN	171
17.9.2.1. Materiales.....	172
17.9.2.2. Colocación	172
17.9.3. AISLAMIENTO UTILIZADO EN LA INSTALACIÓN.....	173
17.10. PRUEBAS DE ESTANQUIDAD Y DE VACÍO DEL CIRCUITO.....	174
17.10.1. PRUEBAS DE ESTANQUIDAD (MI-IF-010).....	174
17.10.2. PRUEBAS DE VACÍO.....	176
18. REFRIGERANTES	177
18.1. REQUERIMIENTOS DE LOS REFRIGERANTES	177
18.1.1. PROPIEDADES TERMODINÁMICAS	177
18.1.1.1. Presión	177
18.1.1.2. Temperatura	178
18.1.1.3. Volumen.....	178
18.1.1.4. Entalpia	178
18.1.1.5. Densidad	179
18.1.1.6. Entropía.....	179
18.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	179
18.1.2.1. No debe ser tóxico ni venenoso	179
18.1.2.2. No debe ser explosivo ni inflamable.....	179
18.1.2.3. No debe tener efecto sobre otros materiales	180
18.1.2.4. Fácil de detectar cuando se fuga	180
18.1.2.5. Debe ser miscible con el aceite.....	181
18.1.2.6. No debe reaccionar con la humedad	181
18.1.2.7. Debe ser un compuesto estable.....	182
18.2. DATOS DE LOS DIFERENTES REFRIGERANTES	182
18.2.1. R-22	186
18.2.2. R-134A.....	189
18.2.3. R-507	192
18.2.4. R-404A.....	196
18.3. LEGISLACIÓN	202



18.3.1. LEYES QUE AFECTAN A LOS GASES REFRIGERANTES COMO RESIDUOS.....	202
18.3.2. REFRIGERANTES ALTERNATIVOS	203
18.4. REFRIGERANTE UTILIZADO Y CANTIDAD.....	206
19. RECIPIENTE DE LÍQUIDO	208
19.1. FUNCIONES	208
19.2. DIMENSIONAMIENTO.....	209
19.3. CONEXIÓN CONDENSADOR-RECIPIENTE	210
19.4. TIPOS DE RECIPIENTES	211
19.5. ELECCIÓN DEL TIPO DE RECIPIENTE	212
19.6. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.....	212
19.7. VISORES DE LÍQUIDO	212
19.8. RECIPIENTES DE LÍQUIDO SELECCIONADOS.....	213
19.8.1. CENTRAL POSITIVA	213
19.8.2. CENTRAL NEGATIVA.....	214
19.9. VÁLVULAS DE SEGURIDAD.....	214
19.9.1. INTRODUCCIÓN	214
19.9.2. TERMINOLOGÍA	215
19.9.3. TIPOS DE VÁLVULAS.....	216
19.9.4. PRESIONES	216
19.9.5. CÁLCULO DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD Y SELECCIÓN.....	216
19.9.5.1. Válvulas de seguridad del recipiente de la central positiva	217
19.9.5.2. Válvulas de seguridad del recipiente de la central negativa	217
19.9.6. DESCARGA DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD	217
20. CARGA DE REFRIGERANTE EN EVAPORADORES	219
20.1. CARGA DE REFRIGERANTE EN LOS DIFERENTES LOCALES.....	219
20.2. ADECUACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE LÍQUIDO	220

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el cálculo y diseño de la instalación frigorífica de Frío Industrial para la conservación de alimentos de un hipermercado de la cadena Hiperacor en Majadahonda.

Las etapas de desarrollo del proyecto serán:

- Análisis y cálculo de las necesidades frigoríficas de muebles, cámaras y obradores.
- Selección de evaporadores.
- Selección de compresores y condensadores.
- Cálculo y diseño de la red de tuberías.
- Cálculo y selección de recipientes de líquido.

1.2. ANTECEDENTES

Debido a la mejora de la calidad de vida en Majadahonda, se ha decidido construir un gran centro comercial.

Entre otras muchas secciones del centro comercial, una de ellas es un hipermercado donde se venderán productos alimenticios.

Tras el concurso realizado por el centro comercial, la cadena de hipermercados HIPERCOR S.A. ha sido contratada para ser la empresa que explote el hipermercado.

Para la ejecución de la instalación de frío, será necesario la elaboración del Proyecto de Instalación Frigorífica.

1.3. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL LOCAL

El hipermercado está ubicado en la planta baja del centro comercial situado en la Calle Valgrande nº 1 en Majadahonda.



La sala de ventas y las zonas de almacén y preparación de alimentos están situadas en la planta baja. La sala de máquinas está situada también en la planta baja. Los condensadores están ubicados en la cubierta del edificio (8 metros por encima de la central de frío).

La red de tuberías irá colgada del falso techo de la sala de ventas.



1.4. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

- Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas (Real decreto 138/2011) de 4 de Febrero y sus instrucciones complementarias IF, con la corrección de errores de 28 de Julio de 2011 y las Resoluciones de 1 de Marzo de 2012 y 16 de Abril de 2012 mediante las cuales se amplía la relación de refrigerantes.
- UNE-EN 12735-1 “Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para aire acondicionado y refrigeración. Parte 1: Tubos para canalizaciones”.
- Reglamento (CE) N° 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de junio de 2000 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono.
- Reglamento (CE) N° 842/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006 sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero.
- Decisión de la Comisión de 16 de enero de 2001 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE en lo que se refiere a la lista de residuos.
- Norma básica NBE-CT-79 sobre Condiciones Térmicas en los Edificios.
- RITE “Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios”.
- Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (IT.IC).
- Reglamento de Aparatos a Presión (Real decreto 2060/2008) de 12 de Diciembre.
- Reglamento de seguridad e higiene.



2. INTRODUCCIÓN A LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS PERECEDEROS

2.1. INTRODUCCIÓN. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

La conservación de frutas, verduras, carnes, pescados, etc. a bajas temperaturas consigue detener el crecimiento de microorganismos que deterioran el producto.

Cada producto tiene distintas condiciones óptimas (temperatura y humedad relativa) de almacenamiento.

Las cámaras de almacenamiento que prestan servicio a diferentes productos deben ser flexibles en el establecimiento de diferentes temperaturas de consigna.

El control de temperatura debe ser preciso para que el producto no se congele.

Si la humedad relativa es distinta a la recomendada los productos pueden secarse produciendo una pérdida de peso, empeoramiento del aspecto, pérdida de sabor, y además de una disminución del contenido en vitamina C de los vegetales.

Tratamientos:

- Primarios: Enfriamiento
 - o Refrigeración ($t^a > t^a$ de congelación).
 - o Congelación ($-40^{\circ}\text{C} < t^a < -20^{\circ}\text{C}$).
- Secundario: Conservación
 - o Preenfriamiento previo
 - o Proceso de calentamiento o descongelación antes del consumo

Magnitudes a controlar:

- Temperatura del aire o medio alrededor del producto.
- Humedad relativa del aire.

Estos son función del tipo de tratamiento y el tipo de producto, existiendo diferencias entre los vegetales, carnes y pescado.

2.2. REFRIGERACIÓN

Alimento refrigerado es aquel que ha sido enfriado hasta la temperatura óptima de almacenamiento, aquella que es superior a la de su punto de congelación.

Aplicación	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Humedad relativa (%)	Tiempo
Carne	2 a 4	80-85	
Pescado	-1 a 4	75-95	
Manzanas	0 a 3	90-95	3-8 meses
Melocotones	-0.5 a 0	90-95	2-4 semanas
Tomates	7 a 10	90-95	4-7 días

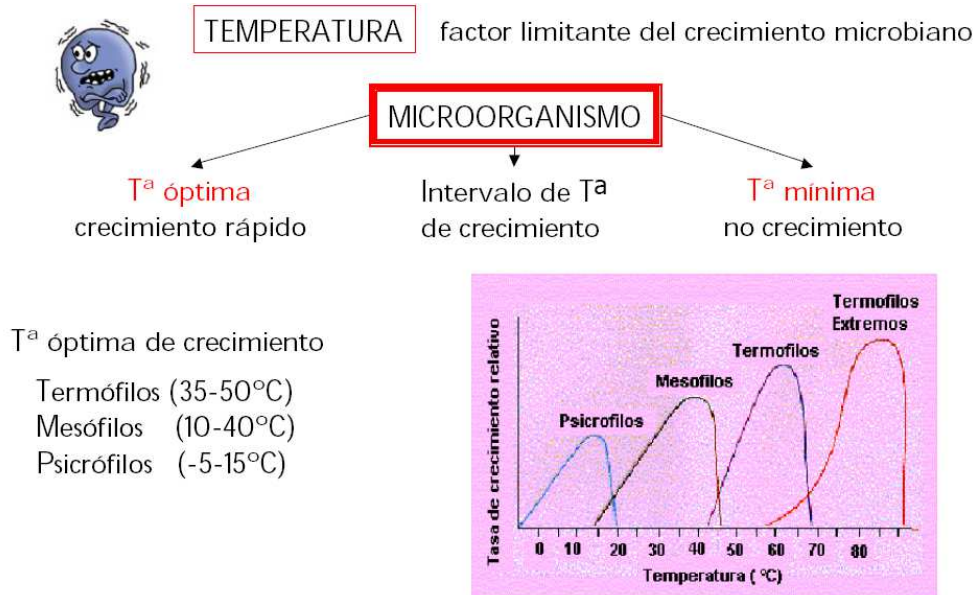
- La temperatura del producto se mantiene baja pero siempre por encima de 0°C .
- El desarrollo de microorganismos disminuye o no se producen gérmenes vivos.
- El alimento sólo se conserva a corto plazo.
- Se aumenta la vida útil de los alimentos.
- La repercusión en las características nutritivas es mínima.

Observaciones:

- Existen condiciones particulares para cada producto.

- Control preciso de la temperatura para no pasar a temperaturas de congelación.
- Control de la humedad relativa.

2.2.1. EFECTO DE LA REFRIGERACIÓN SOBRE LOS MICROORGANISMOS



2.2.2. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DEL ALIMENTO DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN

- Temperatura:
 - o Estable durante el almacenamiento, transporte, comercialización y hogar.
 - o Oscilación de temperatura $\pm 1^\circ\text{C}$.
- Humedad relativa:
 - o Si aumenta HR \rightarrow condensación de agua en superficie \rightarrow crecimiento de microorganismos
 - o Si disminuye HR \rightarrow deshidratación del producto
 - o Normal entre el 80-95%



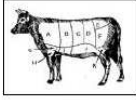
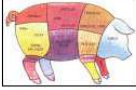



65-70%



50-60%

- Circulación del aire:
 - o El aire aumenta la deshidratación del alimento
 - o Purificación de aire: evita mezcla de aromas
- Luz:
 - o Oscuridad
 - o UV evita mohos y bacterias pero favorece la oxidación (sabor y olor extraño)

Condiciones recomendadas para almacenamiento en refrigeración:

	T ^a (°C)	HR (%)	Vida útil	
	Carne de vaca	-2-1.1	88-92	1-6 semanas
	Carne de cerdo	-2-1.1	85-90	5-12 días
	Aves	-2-0	85-90	1 semana
	Pescado fresco	0.5-4.4	90-95	5-20 días
	Naranjas	-1.1-1.1	85-90	8-10 semanas

Vida útil de alimentos a diferentes temperaturas (días)

	0°C	22°C	38°C
Carne	6-10	1	<1
Pescado	2-7	1	<1
Frutas	2-180	1-20	1-7
Semillas secas	>1000	>350	>100
Frutos secas	>1000	>350	>100
Vegetales frescos	3-20	1-7	1-3

2.3. CONGELACIÓN

Alimento congelado es aquel en el que la mayor parte de su agua de constitución se encuentra como hielo.

Aplicación	Temperatura de congelación (°C)	Aplicación	Temperatura de congelación (°C)
Carne de ave	-2.7	Carne de vacuno	-2
Pescado	-2.2	Lácteos	-4 a -0.5
Frutas	-0.3 a -3	Hortalizas	-0.5 a -1.5

La congelación de alimentos es un proceso bastante complicado.

- La congelación de muchos alimentos aumenta considerablemente su periodo de almacenamiento.
- El agua es el mayor componente de los alimentos (entre el 55 y 95% de la masa).
- Hay que evitar la formación de cristales de agua. Los cristales de agua rompen la textura del alimento, rompiendo las paredes de las células.
- Para evitar la formación de cristales hay que congelar rápidamente.



- Los productos no congelan a una temperatura fija, comienzan a congelar a temperaturas ligeramente inferiores a 0°C y finalizan la congelación algunos grados por debajo.
- Es importante mantener constante la temperatura durante todo el proceso.

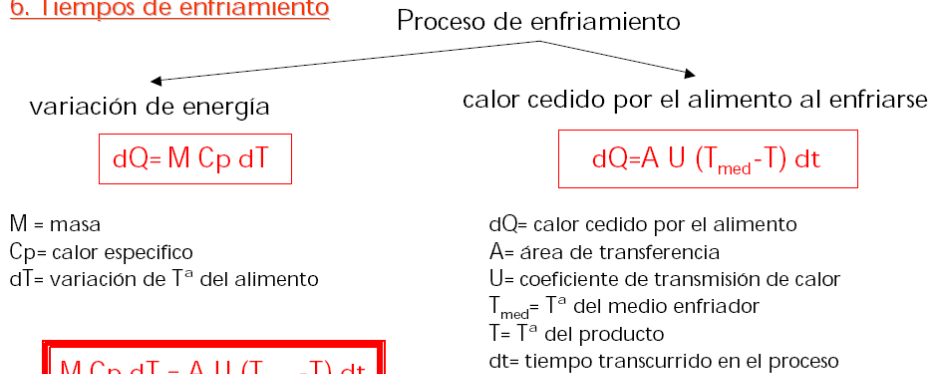
2.3.1. ULTRACONGELACIÓN

El alimento ultracongelado es aquel en el que la congelación se efectúa de forma que el intervalo de máxima cristalización transcurre rápidamente; en el que la temperatura de equilibrio alcanza -18°C (o inferior); en el que la temperatura se mantiene por debajo de -18°C (o inferior) durante su almacenamiento, transporte y distribución.

2.4. TIEMPOS DE ENFRIAMIENTO Y DE CONGELACIÓN

2.4.1. TIEMPOS DE ENFRIAMIENTO

6. Tiempos de enfriamiento



$$t = \frac{M C_p}{A U} \ln \frac{(T_{med} - T_i)}{(T_{med} - T_f)}$$

1. tipo de alimento

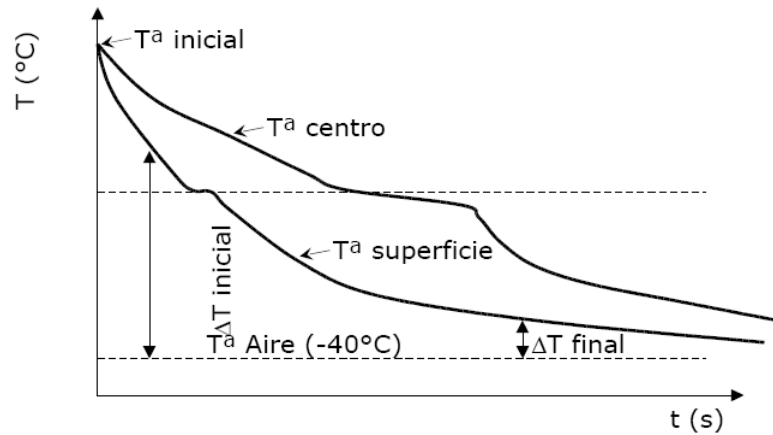
forma, tamaño, composición, Estructura, U, C_p...

2. sistemas de enfriamiento

La temperatura de entrada de los alimentos a las cámaras de almacenamiento debe ser la misma que se quiera mantener en el interior, por ello, es habitual utilizar procesos de preenfriamiento en los cuales el producto es llevado a la temperatura de almacenamiento (cámaras o túneles de preenfriamiento).



2.4.2. TIEMPOS DE CONGELACIÓN



Ecuación de Plank:

$$t_c = \frac{\rho \Delta h_{fc}}{(T_c - T_a)} \frac{D}{N} \left(\frac{D}{4k} + \frac{1}{h_c} \right)$$

t_c : Tiempo de congelación (s)

ρ : Densidad (kg/m³)

Δh_{fc} : Calor de congelación (J/kg)

T_c, T_a : Temperaturas de congelación y del aire (°C)

D : Distancia centro - superficie en la dirección del flujo (m)

N : Factor de forma 2 (placa), 4 (cilindro), 6 (esfera)

k : Conductividad térmica (W/m·K)

h_c : Coeficiente de película (W/m²K)

$$h_c \text{ [W/m}^2\text{K]} \approx 25 (v \text{ [m/s]})^{0.6}$$

Frutas-verduras: $k \text{ [W/m}\cdot\text{K]} \approx 0.148 + 0.493 F_{\text{agua}}$

Carnes: $k \text{ [W/m}\cdot\text{K]} \approx 0.08 + 0.52 F_{\text{agua}}$

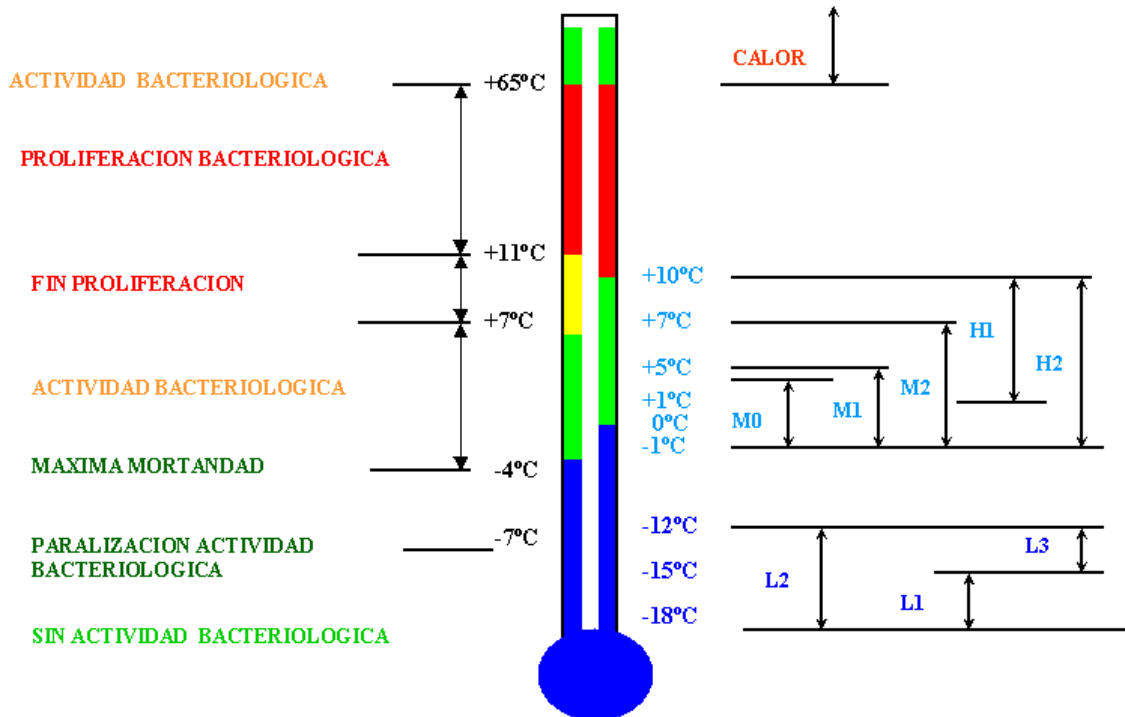
El tiempo de congelación de un producto es un dato bastante complicado ya que depende de: la temperatura del aire, la velocidad del aire sobre el producto, las dimensiones y propiedades térmicas del producto (conductividad, calor específico, densidad) y de la forma, empaquetado y disposición de los productos. Por tanto cualquier dato experimental disponible u obtenible es muy interesante.

La ecuación de Plank se utiliza para aproximar este valor. Puede usarse también con las entalpías de enfriamiento para estimar los tiempos de enfriamiento.

Para disminuir los tiempos de enfriamiento/congelación además de utilizar piezas pequeñas se debe aumentar el coeficiente de película. Doblando la velocidad del aire se obtiene un coeficiente de película 1.52 veces mayor, sin embargo el consumo del ventilador se multiplica por 8.

2.5. TERMÓMETRO BACTERIOLÓGICO

TERMOMETRO BACTERIOLOGICO



2.6. OTROS SISTEMAS ACTUALES DE CONSERVACIÓN

2.6.1. CONSERVACIÓN POR CALOR

Somete los alimentos a la acción del calor a temperatura y tiempos suficientes para reducir o eliminar la acción de los microorganismos y enzimas mediante los siguientes procedimientos:

Ebullición:

- 95-105 °C.
- Tiempos variables.
- Se asegura la destrucción de la mayor de la flora microbiana.
- Conservación: 4-10 días.

Esterilización:

- 115-130 °C.
- Destruye todos los microorganismos patógenos y no patógenos.
- Duración duradera del producto embasado.
- El cierre hermético impide la recontaminación.

Pasterización:

- Destrucción térmica de los microorganismos presentes en determinados alimentos.
- Conservación durante tiempo limitado.
- Pasterización en frío: 63-65°C durante 30 minutos.
- Pasterización en caliente: 72-75°C durante 15 minutos.



- Conservación: 2-4 días.

2.6.2. OZONO

Gas derivado del oxígeno que se emplea como fungicida y bactericida, para la desinfección y desodorización de todo tipo de ambientes, sin dejar trazas después de su acción. Puede actuar de forma permanente mediante su aplicación por medio de generadores.

Se aplica en cámaras frigoríficas para pastelería, ya que desinfecta totalmente, eliminando olores.



3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO

3.1. MÉTODOS BASADOS EN PROCESOS QUÍMICOS

Este tipo de refrigeración se utiliza en situaciones especiales que no se puede acudir a la refrigeración convencional por falta de electricidad.

Estos métodos están basados en la disolución de un líquido, proceso en el cual la disgregación de las moléculas del sólido precisa un cierto consumo de energía (reacción endotérmica).

3.2. MÉTODOS BASADOS EN MEDIOS FÍSICOS

3.2.1. ELEVAR LA TEMPERATURA DE UN REFRIGERANTE

Se utiliza un fluido que quita calor a otra materia.

3.2.2. CAMBIO DE FASE

Se basa en utilizar el calor latente. Hay un cambio de fase del refrigerante. Es a temperatura constante. El calor latente es mayor (del orden de 3 veces) que el calor sensible.

Sublimación: Sólido a vapor.

Es un proceso muy limitado pues el paso de sólido a vapor a presión atmosférica se da en muy pocas sustancias.

Fusión: Sólido a líquido.

Interesa sustancias con un punto de fusión a presión atmosférica bajo.

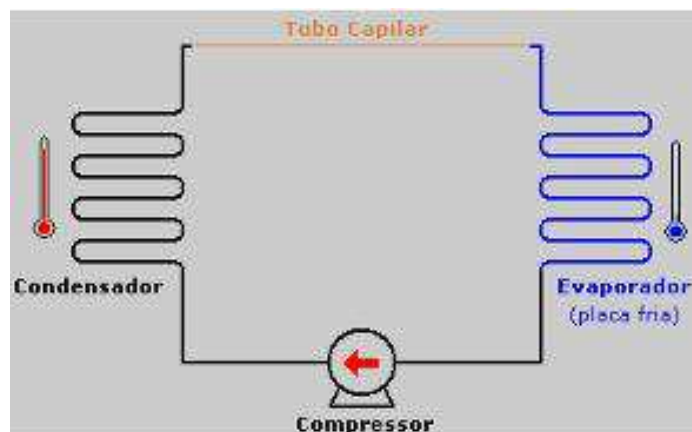
Evaporación: Líquido a vapor.

Interesan sustancias con un punto de evaporación bajo a presión atmosférica, o si no tendremos que conseguir la presión adecuada para que se produzca la evaporación a la temperatura deseada.

- Con fluido perdido.
- Con recuperación de vapores resultantes.

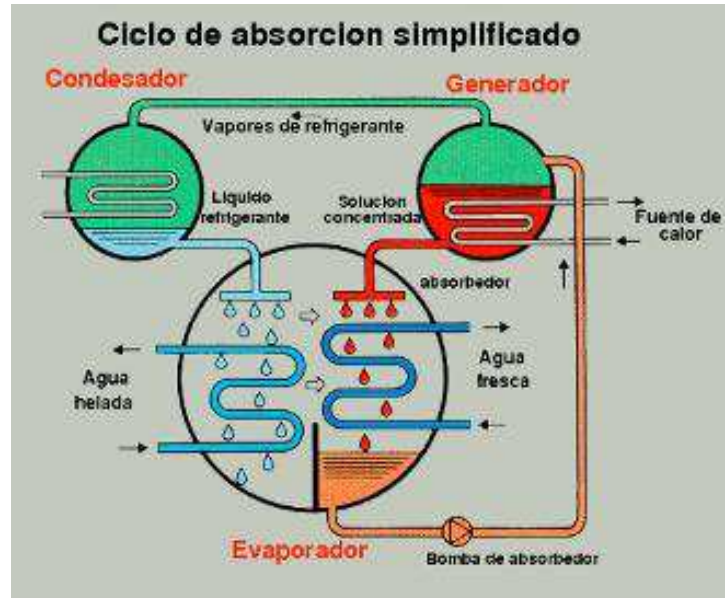
Máquina de compresión:

El compresor recupera el fluido consumiendo energía, y aumentando la presión.



Máquina de absorción:

Una solución líquida absorbe ese vapor resultando una nueva solución líquida. Ese líquido se bombea y mediante un aporte de calor se separan los componentes.

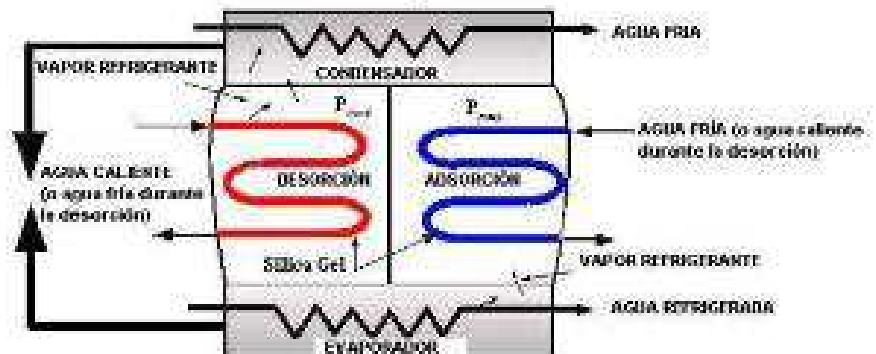


Máquina de adsorción:

Igual que en absorción, pero en lugar de ser un líquido el que capta el vapor, es un sólido.

Este método de refrigeración se ha considerado recientemente como una alternativa práctica para la utilización de fuentes de energía renovable para la producción de frío.

Esquema de una enfriadora por adsorción:



Máquina de eyección:

Igual que la compresión, pero el aumento de presión en lugar de dárselo un compresor se lo da la inyección de un chorro de líquido que arrastra a los vapores por efecto Venturi.

3.3. MÉTODOS ELÉCTRICOS

Existen varios tipos de métodos eléctricos:

- Efecto Peltier o termoelectrico
- Efecto Ettinghausen o magnetotermoelectrico
- Efecto Haas-Keenson o magnetotermico

Debido a que últimamente el más mencionado en el primero profundizaremos en él.

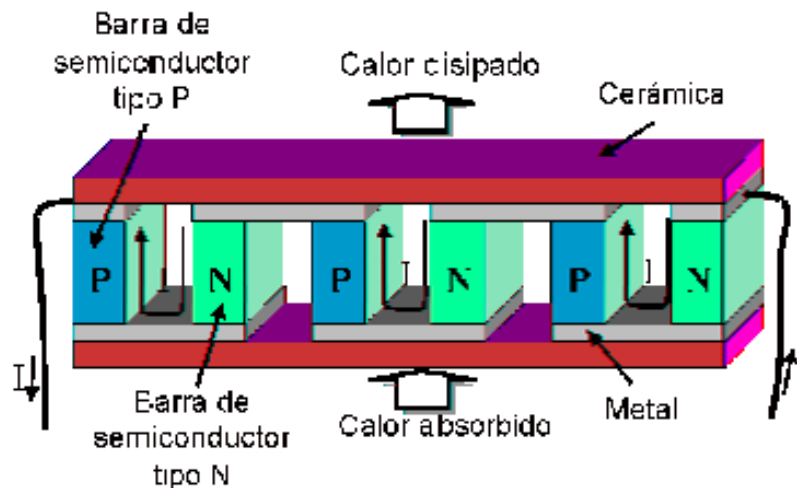
3.3.1. EFECTO PELTIER O TERMOELÉCTRICO

Este método está siendo utilizado más recientemente para pequeñas neveras que han empezado a aparecer en el mercado para uso doméstico.

Se basa en la utilización del enfriamiento que se produce en uno de los extremos del termopar sometido a la circulación de corriente eléctrica continua.

Hasta hace pocos años este método se utilizaba para la fabricación de termopares de medición y para la producción de electricidad a muy baja escala. En cambio, con el desarrollo de cerámicas semiconductoras capaces de generar frío al circular electricidad por ellas se ha abierto un nuevo campo de construcción de refrigeradores capaces de competir con los tradicionales.

En la siguiente imagen se muestra un típico refrigerador Peltier:





Funciona como bomba de calor entre dos placas. Absorbe el calor por una a la vez que enfría el ambiente que la rodea y lo disipa por la otra. Estas placas están unidas por cerámicas semiconductoras especiales que tienen un marcado efecto Peltier. Al circular corriente continua en una dirección el calor se transporta de una placa a otra en esa misma dirección. Si se invirtiera la polaridad, se invierte también la dirección de tránsito de calor.

Esta posibilidad de cambiar las placas es interesante ya que estas neveras pueden funcionar tanto de refrigeradores como de calentadores.

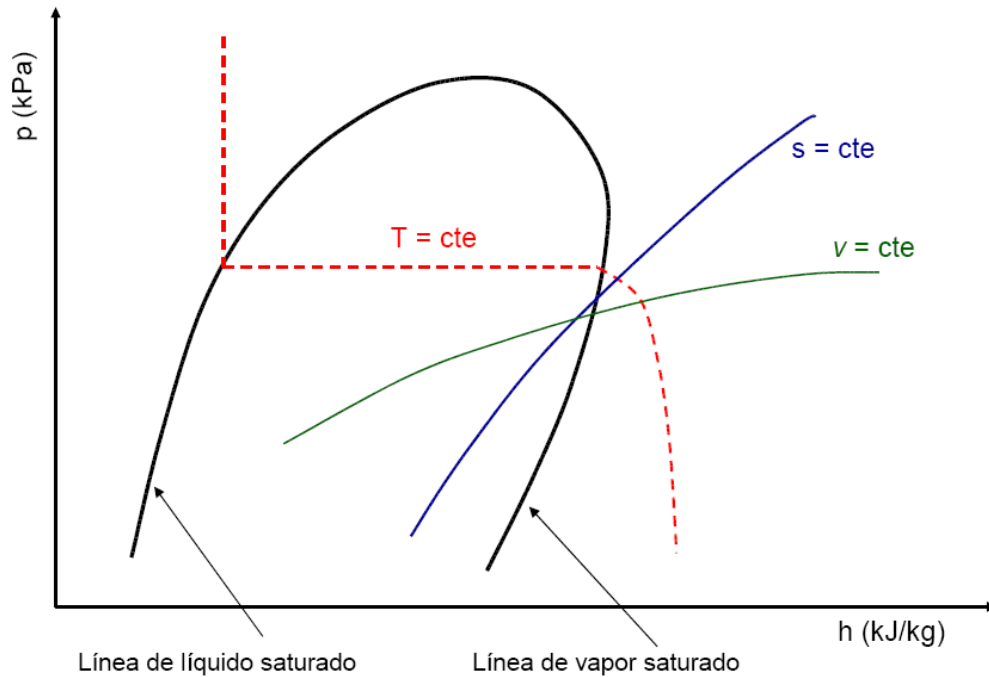


4. CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN SIMPLE

Es el que se utiliza en este tipo de instalaciones.

4.1. DIAGRAMA PRESIÓN (p) – ENTALPÍA (h)

Para cada refrigerante existe un diagrama presión (p) – entalpía (h), cuya forma es la representada en la figura:



En el interior de la campana se da el cambio de fase, el cual es a presión y temperatura constante, variando la entalpía.

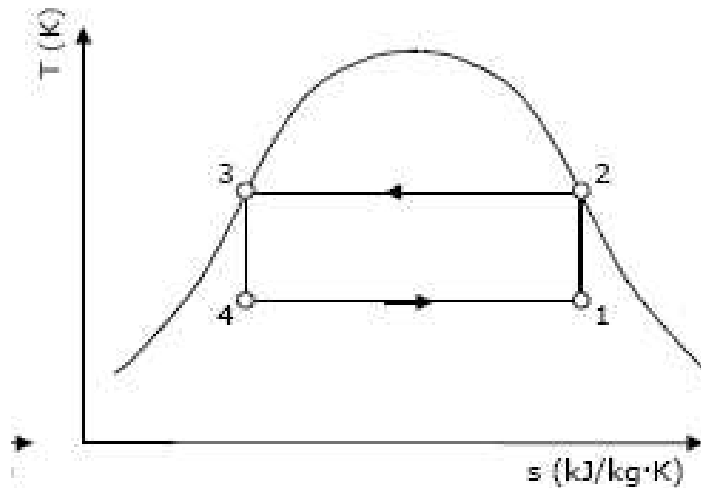
Las líneas isotermas son prácticamente verticales en la zona de líquido subenfriado, horizontales en la zona de cambio de estado, y descendentes con mucha pendiente pero no verticales en la zona de vapor recalentado.



4.2. CICLO DE COMPRESIÓN DE VAPOR

4.2.1. CICLO FRIGORÍFICO DE CARNOT

El ciclo frigorífico de Carnot es el ciclo de mayor eficacia posible. Todos sus procesos son reversibles.



El ciclo inverso de Carnot es el ciclo de máxima eficiencia posible trabajando entre 2 temperaturas dadas.

Procesos en el ciclo inverso de Carnot:

1-2: Compresión adiabática y reversible: isentrópica.

2-3: Evacuación de calor isoterma. Condensación completa del vapor desde vapor recalentado a líquido saturado.

3-4: Expansión adiabática y reversible: isentrópica.

4-1: Absorción de calor isoterma.

En el diagrama T-s los calores son las áreas por debajo de las curvas.

$$Q_{2-3} = T_2 \cdot (S_2 - S_3)$$

$$Q_{4-1} = T_1 \cdot (S_1 - S_4)$$

$$W = Q_{2-3} - Q_{4-1} = T_2 \cdot (S_2 - S_3) - T_1 \cdot (S_1 - S_4)$$

Teniendo en cuenta que $S_2 = S_1$ y que $S_3 = S_4 \rightarrow W = (T_2 - T_1) \cdot (S_2 - S_3)$

$$\text{COP} = \frac{Q_{4-1}}{W} = \frac{T_1 \cdot (S_1 - S_4)}{(T_2 - T_1) \cdot (S_2 - S_3)} = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$$

4.2.2. CICLO DE COMPRESIÓN DE VAPOR IDEAL

Las evoluciones del fluido en la máquina pueden realizarse con más o menos imperfección.

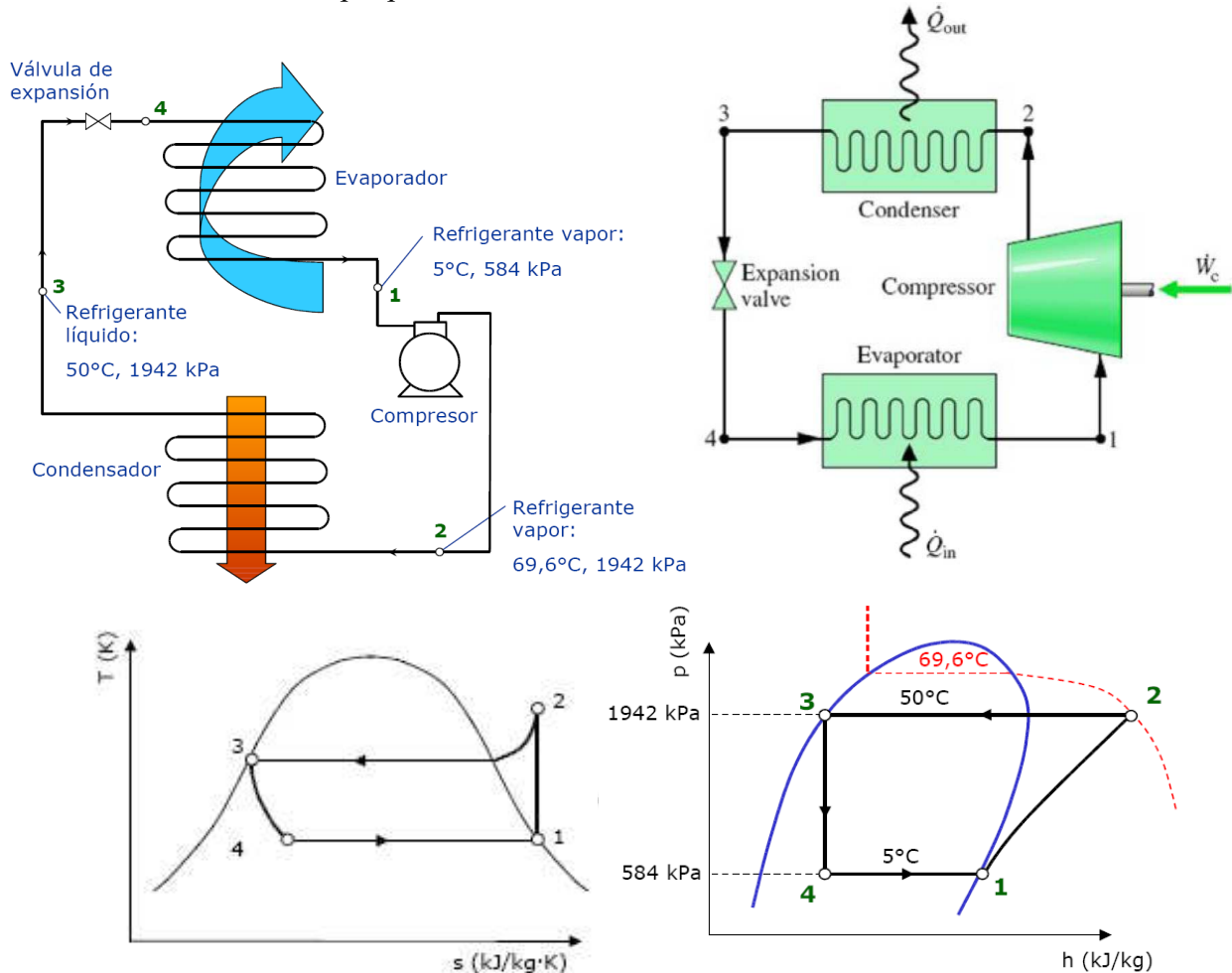
Entendemos por máquina ideal, aquella en la que se cumplirán las siguientes hipótesis:

- Los cambios térmicos entre el condensador y el medio exterior a calentar, y entre el evaporador y su medio exterior a enfriar, se efectúan de forma reversible, lo que supone una diferencia de temperatura infinitamente



pequeña, y por lo tanto, superficies de intercambio infinitamente grandes y caudal de fluidos exteriores también infinitamente grandes.

- La circulación del fluido frigorífico se hace sin pérdida de carga.
- El compresor es isoentrópico.
- La expansión es isoentálpica y no isoentrópica, ya que hay un aumento de entropía por rozamiento. Es irreversible.



- Proceso 1-2 (Compresor): Compresión isentrópica desde vapor saturado a la presión de evaporación hasta la presión de condensación, siendo el punto 2 vapor sobrecalentado. A diferencia del ciclo de Carnot, comenzamos a comprimir en vapor saturado ya que si llegase líquido al compresor, éste se rompería.
- Proceso 2-3 (Condensador): Evacuación de calor a presión constante (enfriamiento sensible + condensación), desde el punto 2 que es vapor sobrecalentado al punto 3 que es líquido subenfriado. El proceso es reversible ya que la diferencia de temperatura entre el refrigerante y el medio exterior es 0.
- Proceso 3-4 (Válvula de expansión): Expansión adiabática e irreversible (isoentálpica) desde líquido saturado hasta la presión de evaporación. Hay un aumento de entropía por el rozamiento, por lo que no puede ser un proceso isoentrópico.



- **Proceso 4-1 (Evaporador):** Absorción de calor a presión constante hasta vapor saturado (evaporación).

El proceso es reversible ya que la diferencia de temperatura entre el refrigerante y el medio exterior es 0.

Parámetros directamente extraíbles del diagrama p-h:

Trabajo de compresión por kg de refrigerante: $h_2 - h_1$ (kJ/kg)

Potencia de compresión necesaria: $\dot{W}_C = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1)$ (kW)

Efecto frigorífico (calor absorbido por kg de refrigerante): $h_4 - h_1$ (kJ/kg)

Potencia frigorífica suministrada: $\dot{Q}_{\text{evap}} = \dot{m} \cdot (h_1 - h_4)$ (kW)

Potencia cedida en el condensador: $\dot{Q}_{\text{cond}} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_3)$ (kW)

Coefficiente de eficiencia energética (COP):

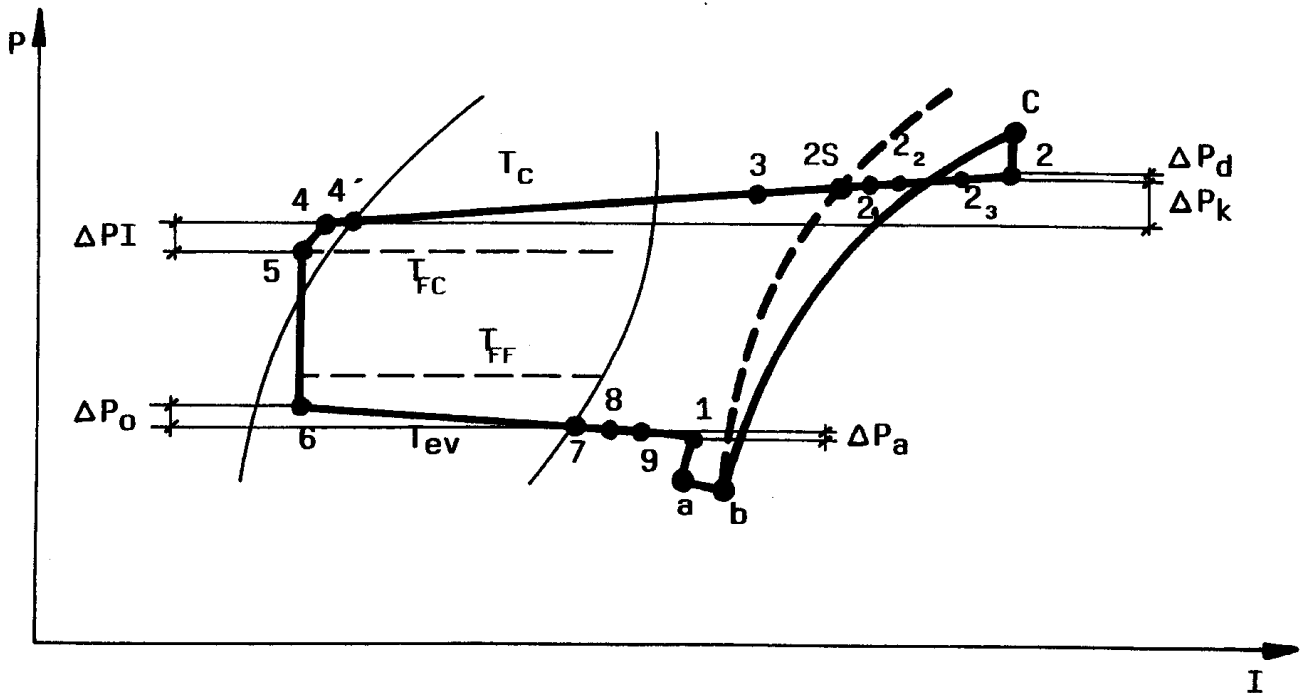
$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_{\text{evap}}}{\dot{W}_C} = \frac{\dot{m} \cdot (h_1 - h_4)}{\dot{m} \cdot (h_2 - h_1)} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

4.2.3. CICLO DE COMPRESIÓN DE VAPOR REAL

El ciclo frigorífico descrito hasta ahora es un ciclo ideal en el cual sólo se ha considerado las irreversibilidades de la expansión. Sin embargo el ciclo real tiene otras muchas irreversibilidades.

Estas irreversibilidades del ciclo real de compresión de vapor son:

- La superficie de los condensadores no puede ser infinita, ni disponemos de infinitas fuentes a temperatura entre T y TC. La máquina se acercará tanto más a la máquina perfecta, cuanto mayor sea el condensador y por consiguiente menor la diferencia entre TC y la temperatura del medio exterior.
- Lo mismo puede decirse de los evaporadores.
- La compresión no es isoentrópica. Hay un aumento de entropía en el compresor.
- La circulación del fluido se hace con pérdidas de carga; el que estas sean mayores o menores dependerá del diseño de las tuberías y de los aparatos. Cuanto menores sean las pérdidas de carga, tanto más nos acercaremos a la máquina perfecta.
- La presión de descarga es superior a la presión media de condensación del refrigerante. Hay pérdida de carga tanto en la válvula de descarga del compresor como en la tubería de descarga.
- La presión de aspiración del compresor, es inferior a la presión media de evaporación. Hay pérdida de carga tanto en la válvula de aspiración del compresor como en la tubería de aspiración, así como debido al calentamiento del refrigerante por transmisión de calor desde el cilindro.
- La expansión no es reversible.



La evolución real queda por lo tanto de la siguiente forma:

- 1-a: Pérdida de carga en la válvula de aspiración del compresor
- a-b: Calentamiento debido a la transmisión de calor desde el cilindro
- b-c: Compresión real no isoentrópica
- c-2: Pérdida de carga en la válvula de escape del compresor
- 2-3: Enfriamiento y pérdida de carga en las tuberías de descarga
- 3-4: Evolución en el condensador con su pérdida de carga
- 4'-4: Posible subenfriamiento en el condensador
- 4-5: Transferencia de calor y pérdida de carga en tuberías de líquido más la variación de presión por diferencia de cotas, más el subenfriamiento en el recipiente de líquido
- 5-6: Expansión isoentrópica en la válvula
- 6-8: Evolución en el evaporador con su correspondiente pérdida de carga y recalentamiento útil (evaporadores secos)
- 7-8: Recalentamiento útil en el evaporador (si es evaporador seco)
- 8-9: Recalentamiento útil en la línea de aspiración
- 9-1: Recalentamiento no útil en la línea de aspiración
- ΔP_k : Pérdida de carga en el condensador
- ΔP_o : Pérdida de carga en el evaporador
- ΔP_a : Pérdida de carga en las tuberías de aspiración
- ΔP_d : Pérdida de carga en las tuberías de descarga
- ΔP_l : Pérdida de carga en las tuberías de líquido
- T_C : Temperatura de condensación
- T_{FC} : Temperatura del medio exterior (condensante)
- ΔT_C : Diferencia de T^a entre condensación y ambiente = $T_C - T_{FC}$
- T_{EV} : Temperatura de evaporación
- T_{FE} : Temperatura del medio evaporante
- ΔT_E : Diferencia de T^a entre recinto frío y evaporación = $T_{FE} - T_{EV}$



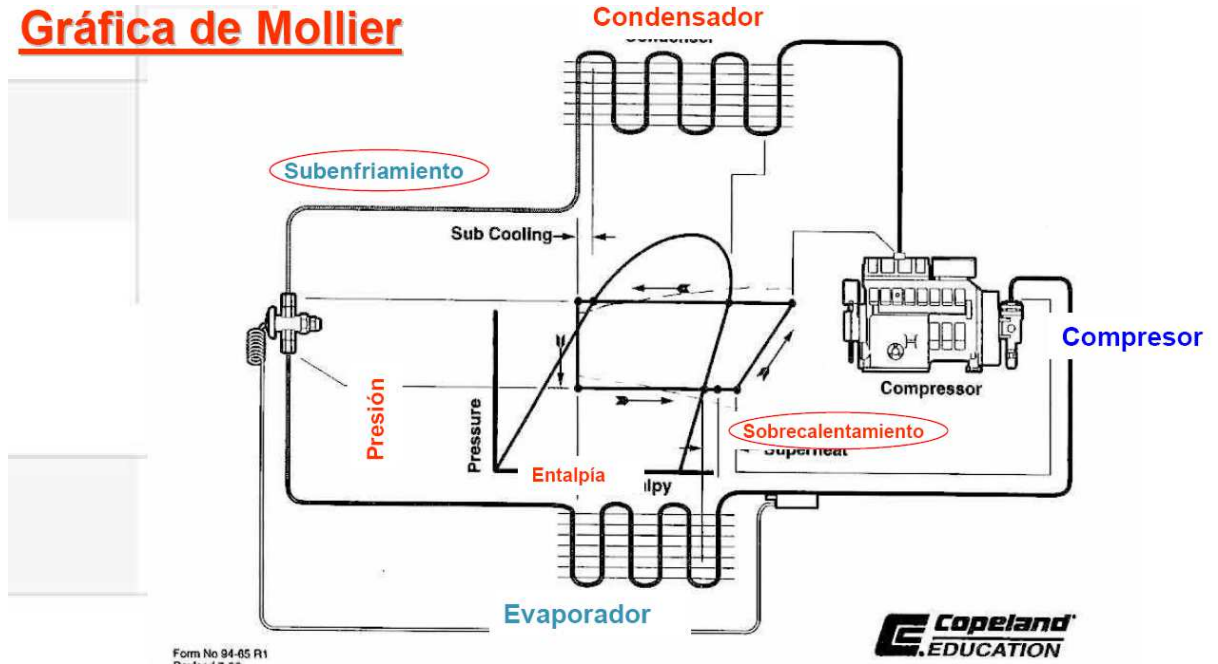
Relación de compresión:

$$\text{Ideal: } R_{C\text{-ideal}} = \frac{P_{FC}}{P_{FE}}$$

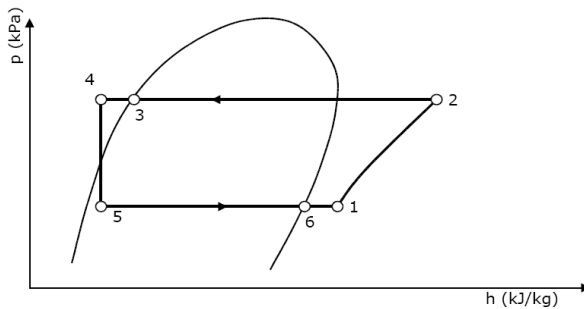
$$\text{Real: } R_C = \frac{P_C}{P_{EV}} > R_{C\text{-ideal}}$$

En la máquina real se necesita una mayor relación de compresión que en la ideal.

Gráfica de Mollier



4.2.3.1. Subenfriamiento de líquido



El subenfriamiento es el tramo 3-4 del diagrama.

Al subenfriar más:

- Se consume lo mismo en el compresor
- El COP es mayor
- La potencia frigorífica que es capaz de dar el sistema en los evaporadores es mayor

El límite de subenfriamiento es la temperatura ambiente, ya que no se podrá bajar la temperatura por debajo de la temperatura ambiente.

4.2.3.2. Recalentamiento de vapor

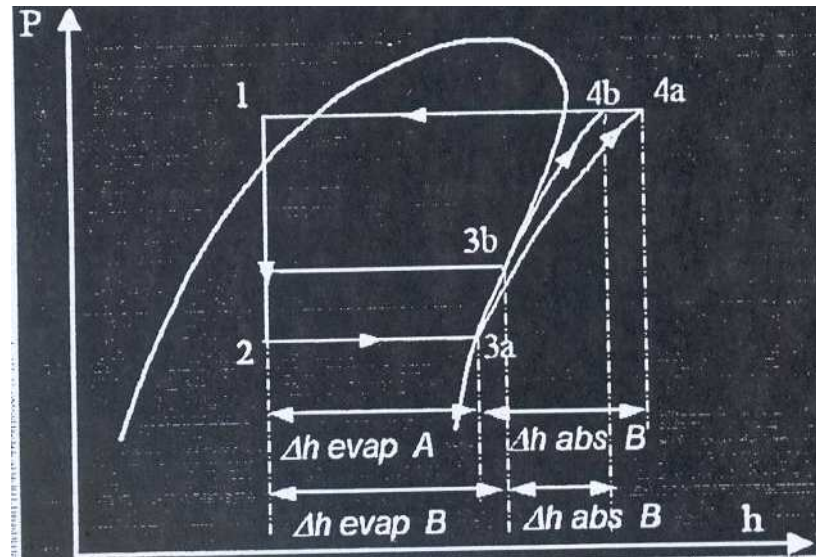
En la figura anterior, el recalentamiento es el tramo 6-1.

Se divide en recalentamiento útil que es el que se da en el evaporador y que hace aumentar la capacidad del evaporador, y en recalentamiento no útil o menos útil que no quita frío pero que sí ayuda a tener un cierto recalentamiento en el compresor.

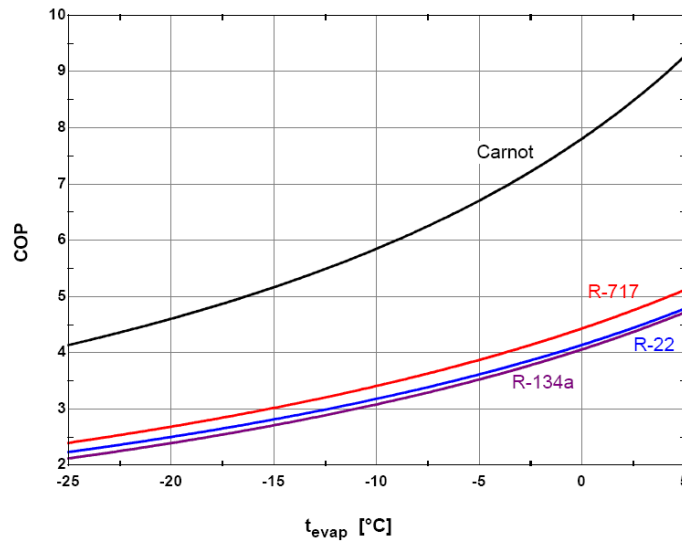
Mediante el recalentamiento se protege el compresor asegurando compresión seca (se evita el retorno de líquido).

Aunque con el recalentamiento se aumenta la potencia frigorífica de los evaporadores, también se desplaza la compresión hacia la derecha en el diagrama p-h con lo cual aumenta el volumen específico y la potencia de compresión. Por tanto en general el COP suele bajar.

4.2.3.3. Efecto de la temperatura de evaporación



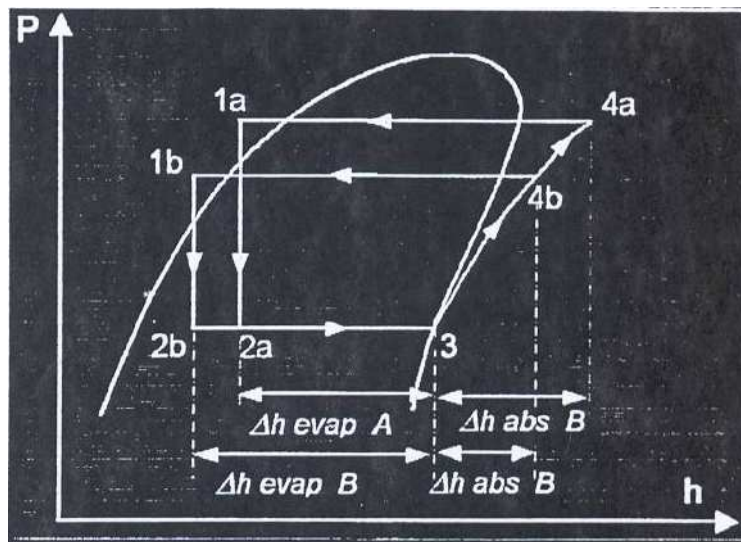
Al aumentar la temperatura de evaporación se aumenta la capacidad del evaporador y se reduce la potencia absorbida en el compresor. Por tanto el COP también aumenta.



Las bajas temperaturas de evaporación suponen un aumento de la relación de compresión, lo que conlleva:

- Mayor consumo relativo del compresor.
- Reducción del rendimiento volumétrico.
- Disminución del COP.
- Aumento de la temperatura de descarga.
- Problemas de lubricación.
- Empeora la estanqueidad.
- La proporción líquido/vapor que entra en el evaporador es reducida.

4.2.3.4. Efecto de la temperatura de condensación

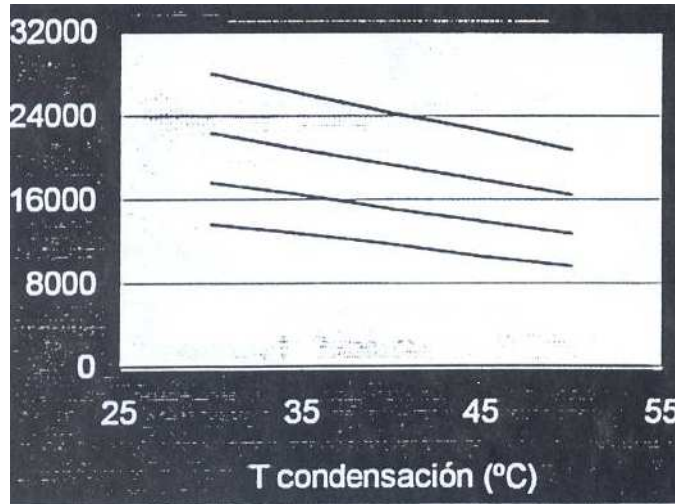
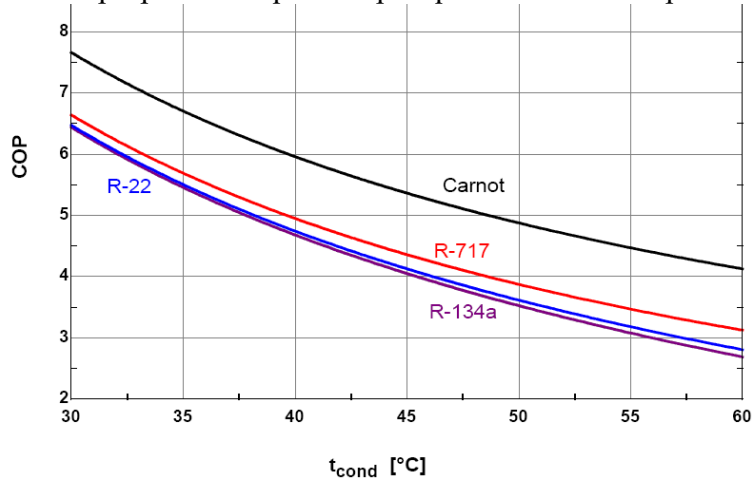


Un aumento en la temperatura de condensación supone:

- Mayor consumo relativo del compresor
- Reducción del rendimiento volumétrico
- Disminución del COP
- Aumento de la temperatura de descarga
- Problemas de lubricación



- Empeora la estanqueidad
- La proporción líquido/vapor que entra en el evaporador es reducida



4.2.4. CICLO DE COMPRESIÓN SIMPLE Y EXPANSIÓN MÚLTIPLE

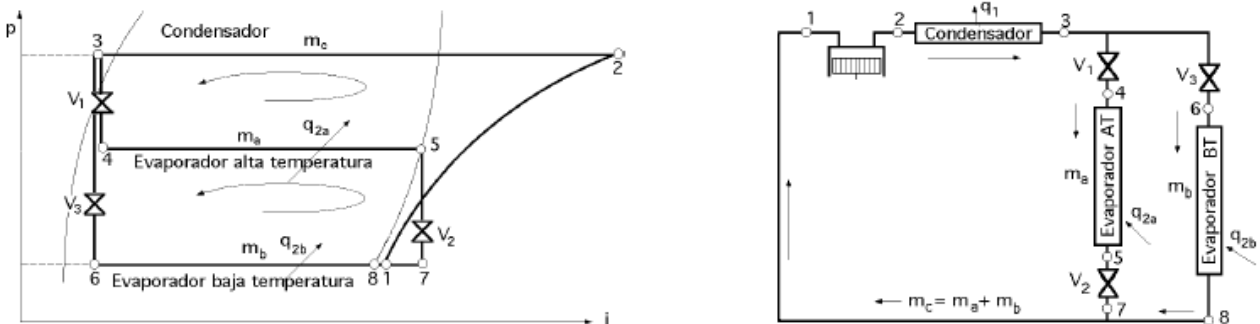


Fig XIV.16.- Sistema de compresión simple y expansión múltiple



4.2.5. CICLO DE COMPRESIÓN EN CASCADA

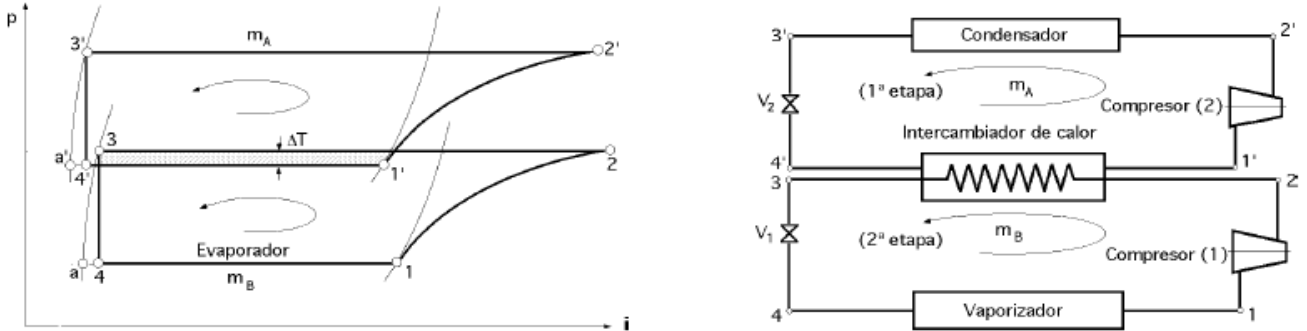
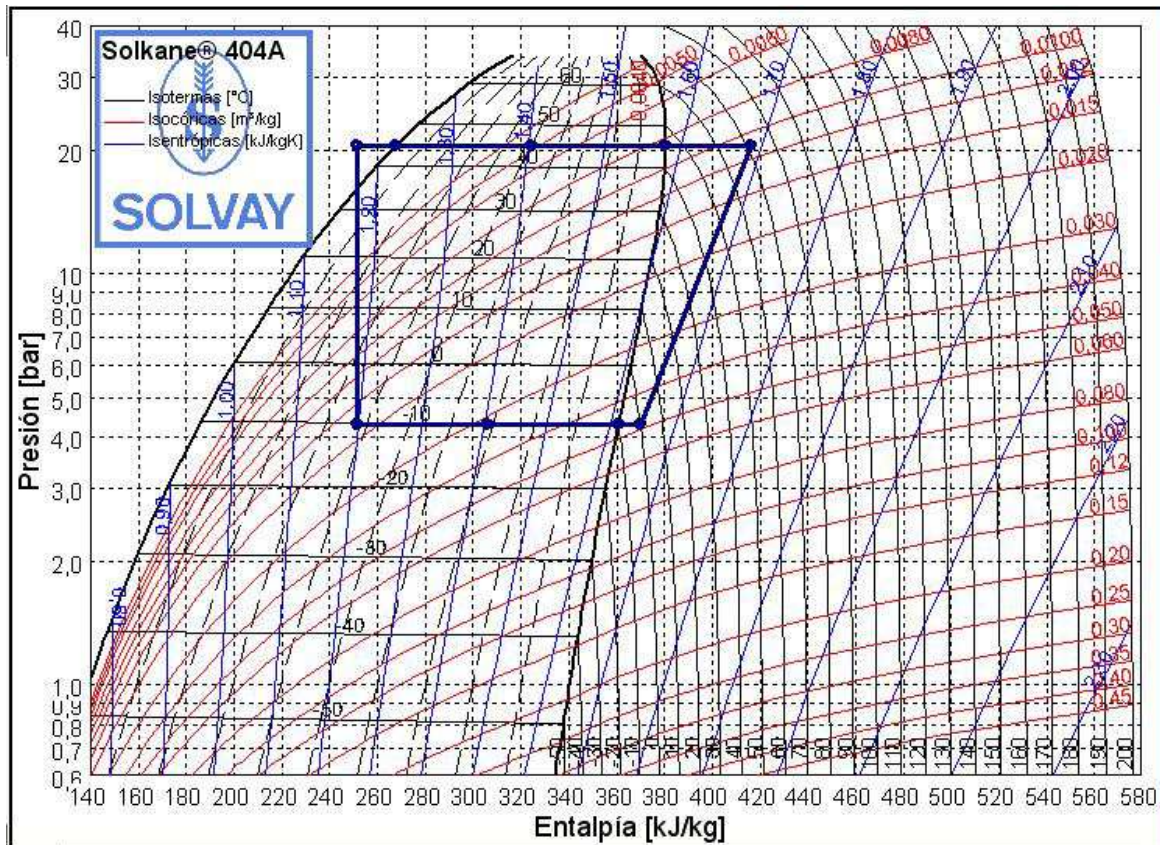


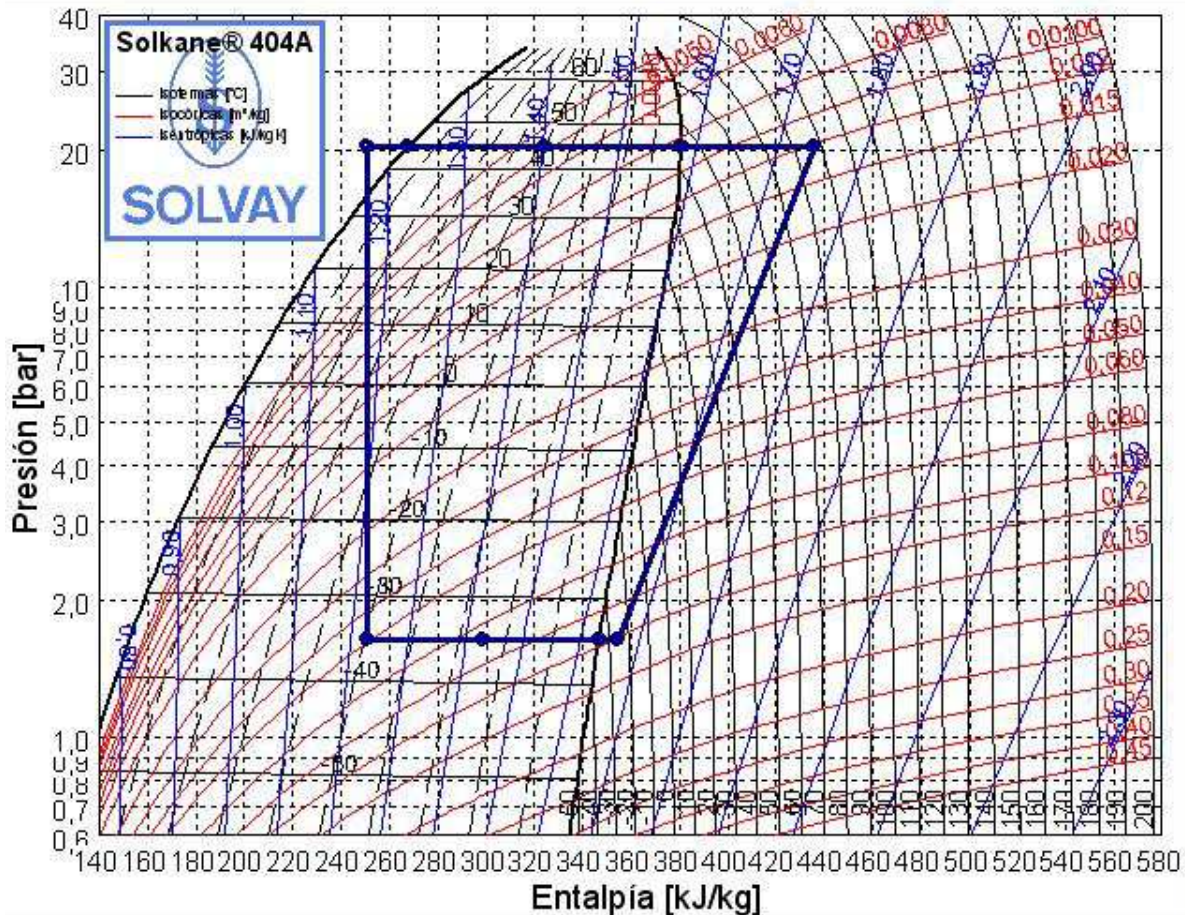
Fig XIV.13.- Método de cascada con dos etapas de compresión

4.3. CICLO FRIGORÍFICO DE LA INSTALACIÓN

Central positiva:



Central negativa:



Temperatura de evaporación:

- Central positiva: -10°C
- Central negativa: -35°C

Temperatura de condensación:

La temperatura de condensación 45°C.

Recalentamiento:

Consideraremos un recalentamiento de los gases de aspiración de 7°C en las tres centrales.

Subenfriamiento:

Consideraremos un subenfriamiento del líquido de 5°C en las tres centrales.

Con esto obtenemos los datos de los puntos del diagrama.



		P bar	T °C	Densidad kg/m ³	Viscosidad kg/m·s	Evaporador			h kJ/kg	s kJ/kg·K	Cp kJ/kg·K	Cv kJ/kg·K
						h1 kJ/kg	h2 kJ/kg	Dh kJ/kg				
POSITIVA	ASPIRACIÓN	4,333	0,089	20,583	1,161215596E-05	263,248	371,225	107,977	371,23	1,65227	0,86563276	0,74283702
	DESCARGA	20,449	59,804	100,150	1,408061392E-05				404,02	1,65227	-----	-----
	LÍQUIDO	20,449	39,722	1023,1	1,131516837E-04				263,25	-----	-----	-----
NEGATIVA	ASPIRACIÓN	1,658	-24,930	8,218	1,061677455E-05	263,248	354,937	91,689	354,94	1,66598	0,79151859	0,69098591
	DESCARGA	20,449	63,728	97,059	1,424972174E-05				408,62	1,66598	-----	-----
	LÍQUIDO	20,449	39,722	1023,1	1,131516837E-04				263,25	-----	-----	-----



4.3.1. POTENCIAS

4.3.1.1. Central positiva

Capacidad central = 148500 W → Calor de los evaporadores

Calor a disipar en condensadores = 183500 W

Potencia absorbida por el refrigerante = 183500 – 148500 = 35000 W

Flujo másico = 1,25 kg/s

4.3.1.2. Central negativa

Capacidad central = 41200 W → Calor de los evaporadores

Calor a disipar en condensadores = 77800 W

Potencia absorbida por el refrigerante = 77800 – 41200 = 36600 W

Flujo másico = 0,40 kg/s

4.3.2. RELACIÓN DE COMPRESIÓN

$$R_c = \frac{P_{\text{condensación}}}{P_{\text{evaporación}}}$$

- Central positiva:

$$R_c = \frac{P_{\text{condensación}}}{P_{\text{evaporación}}} = \frac{20,449}{4,333} = 4,72$$

- Central negativa:

$$R_c = \frac{P_{\text{condensación}}}{P_{\text{evaporación}}} = \frac{20,449}{1,658} = 12,33$$

No hay que confundir la presión de evaporación y condensación con las presiones de aspiración y descarga respectivamente.

La presión de aspiración es siempre algo menor que la de evaporación debido a las válvulas de aspiración del compresor.

La presión de descarga es siempre mayor que la de condensación debido a las válvulas de descarga del compresor.

Por tanto, la relación de compresión real del compresor es algo mayor que la relación de compresión entre presión de condensación y de evaporación.

En cualquier caso, en todos los catálogos de compresores, se busca el compresor a partir de las presiones de evaporación y condensación y no con las de aspiración y descarga, las cuales no se conocen.

4.3.3. RENDIMIENTO ISOENTRÓPICO DEL COMPRESOR

En una compresión entre el punto 1 y 2, el rendimiento isoentrópico es:

$$\eta_s = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$$

De la tabla de arriba obtenemos los valores de h_1 y h_{2s} . Nos falta calcular el punto h_2 . Para ello dividimos la potencia suministrada por el compresor al refrigerante



por el caudal másico. Estos datos los obtenemos de los datos técnicos de los compresores.

4.3.3.1. Central positiva

$$h_1 = 371,23 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{2s} = 404,02 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Capacidad central} = 148500 \text{ W}$$

$$\text{Calor a disipar en condensadores} = 183500 \text{ W}$$

$$\text{Flujo másico} = 1,25 \text{ kg/s}$$

$$\text{Calor absorbido} = 183500 - 148500 = 35000 \text{ W}$$

$$h_2 - h_1 = \frac{Q}{\dot{m}} \rightarrow h_2 = h_1 + \frac{Q}{\dot{m}} = 371,23 \text{ kJ/kg} + \frac{62,5 \text{ kW}}{1,73 \text{ kg/s}} = 407,36 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_s = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{404,02 - 371,23}{407,36 - 371,23} = 0,91$$

4.3.3.2. Central negativa

$$h_1 = 354,94 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{2s} = 408,62 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Capacidad central} = 41200 \text{ W}$$

$$\text{Calor a disipar en condensadores} = 77800 \text{ W}$$

$$\text{Flujo másico} = 0,40 \text{ kg/s}$$

$$\text{Calor absorbido} = 77800 - 41200 = 36600 \text{ W}$$

$$h_2 - h_1 = \frac{Q}{\dot{m}} \rightarrow h_2 = h_1 + \frac{Q}{\dot{m}} = 354,94 \text{ kJ/kg} + \frac{55,5 \text{ kW}}{0,81 \text{ kg/s}} = 423,46 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_s = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{408,62 - 354,94}{423,46 - 354,94} = 0,78$$

4.3.4. COP DE LA INSTALACIÓN

$$\text{COP} = \frac{\text{Calor absorbido por evaporadores}}{\text{Potencia absorbida del compresor}}$$

4.3.4.1. Central positiva

$$\text{Capacidad central} = 148500 \text{ W} = \text{Calor absorbido por los evaporadores}$$

$$\text{Potencia cedida al refrigerante} = 183500 - 148500 = 35000 \text{ W}$$

$$\text{COP} = \frac{148500}{35000} = 4,24$$



4.3.4.2. Central negativa

Capacidad central = 41200 W = Calor absorbido por los evaporadores

Potencia cedida al refrigerante = 77800 – 41200 = 36600 W

$$COP = \frac{41200}{36600} = 1,12$$



5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

La instalación frigorífica funciona mediante un sistema de expansión directa de una sola etapa.

Está compuesta por dos circuitos de frío independientes con equipos centralizados de compresión – condensación para satisfacer los dos niveles de frío:

- Refrigeración: 0°C (Temperatura de evaporación -10 °C)
- Congelación: -25°C (Temperatura de evaporación -35 °C)

En cada uno de ellos hay 4 componentes básicos sin los cuales la instalación no podría funcionar. Estos componentes son las válvulas termostáticas, los evaporadores, los compresores y el condensador. Además hay otros componentes cuya finalidad es la eficiencia o la seguridad de la instalación

Los diferentes puntos de frío están distribuidos según el plano de implantación que se adjunta con este proyecto. Cada punto de frío está compuesto por una cámara u obrador, o por un conjunto de muebles.

Cada evaporador de cámara u obrador y cada mueble llevan un evaporador y una válvula termostática.

Cada evaporador va en serie seguido de la válvula termostática, y los diferentes conjuntos válvula- evaporador están en paralelo entre sí.

Mediante una válvula solenoide que actúa sobre todos los evaporadores del punto de frío situada antes de las válvulas termostáticas y controlada por el termostato, se abre o se cierra el paso de refrigerante por dicho punto de frío.

Todos los puntos de frío son abastecidos por una central de frío formada por un determinado número de compresores también en paralelo entre sí. En función de las necesidades frigoríficas de cada momento, el número de compresores en funcionamiento irá variando.

Tras la central de frío se colocan los condensadores, en los cuales el número de ventiladores en marcha dependerá de las necesidades. Además los ventiladores dispondrán de variador de velocidad.

Entre los condensadores y los puntos de frío irá ubicado un recipiente de líquido en el cual se almacena el refrigerante líquido que llega del condensador para distribuirlo por los puntos de frío.

Todos los elementos del circuito están interconexionados a través de las tuberías de cobre, que en el caso de las de aspiración están aisladas para evitar condensaciones.

5.1. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

Componentes básicos

- Válvulas termostáticas.
- Evaporadores.
- Compresores.
- Condensadores.
- Recipiente de líquido.

**Accesorios en cada servicio o punto de frío**

- Termostato.

Tubería de líquido:

- Llave seccionamiento manual.
- Filtro deshidratador-antiácido.
- Visor de líquido.
- Válvula solenoide.

Tubería de aspiración:

- Llave seccionamiento manual del tipo esfera.

Accesorios en las líneas generales aspiración

- Unión flexible antivibratoria.
- Llave seccionamiento manual del tipo esfera.

Accesorios en el colector de aspiración

- Manómetro de baja presión con llave de seccionamiento y latiguillos flexibles de conexión (para evitar vibraciones) en colector de aspiración.
- Presostato control baja presión y presostato de zona muerta con llave de seccionamiento y latiguillos flexibles de conexión (para evitar vibraciones) en colector de aspiración.

Accesorios en cada compresor

- Filtro mecánico en la entrada.
- Llave seccionamiento manual del tipo esfera en la entrada.
- Presostato de alta y baja presión para parar automáticamente cada compresor cuando la presión de descarga supere los 22 bar o cuando la presión de aspiración descienda a 0,1 bar.
- Válvula de retención en la descarga.

Otros accesorios:

- Control de capacidad (reducción de capacidad por culata).
- Resistencia de cárter.
- Enfriamiento adicional (Ventilador de flujo de aire vertical).
- Temporizadores de arranque.
- Dispositivo de arranque en vacío.
- Silenciadores de descarga.
- Sensores de temperatura de descarga de compresor.

**Accesorios en el colector de descarga**

- Manómetro de alta presión con llave de seccionamiento y latiguillos flexibles de conexión (para evitar vibraciones) en colector de descarga.

Accesorios circuito de aceite

- Separador de aceite automático.
- Recipiente de aceite con visor de nivel y válvula de presión.
- Válvula de compensación de aceite entre colector de aspiración y recipiente de aceite, con llave de seccionamiento y válvula solenoide.

Alimentación de aceite de cada compresor:

- Llave seccionamiento manual.
- Filtro mecánico.
- Regulador de aceite.
- Visor.

En cada compresor:

- Válvula presión diferencial de aceite.
- Manómetro presión de aceite con llaves de seccionamiento y latiguillos flexibles de conexión (para evitar vibraciones).

Accesorios en la tubería de descarga

- Llave seccionamiento manual en colector de descarga.
- Unión flexible antivibratoria.

Accesorios condensadores

- Llave seccionamiento manual a la entrada y a la salida.

Accesorios en la tubería de líquido condensador-recipiente

- Unión flexible antivibratoria.

Accesorios recipiente de líquido

- Válvulas de seguridad.
- Llave seccionamiento manual a la entrada y a la salida.

Accesorios en la tubería de líquido tras el recipiente

- Filtro deshidratador antiácido.
- Visor de líquido.

Accesorios en las líneas generales líquido

- Unión flexible antivibratoria.
- Llave seccionamiento manual.



6. CLASES CLIMÁTICAS Y RANGO DE TEMPERATURAS

6.1. CLASES CLIMÁTICAS

Todos los muebles EXKAL están diseñados para funcionar en unas condiciones ambientales máximas correspondientes a la clase climática 3, según la norma UNE-EN-ISO-23953:2003 (sustitutiva del proyecto de norma europea EN-441:1994).

Table 3 — Climate classes

Test room climate class	Dry bulb temperature °C	Relative humidity %	Dew point °C	Water weight in dry air g/kg
0	20	50	9,3	7,3
1	16	80	12,6	9,1
2	22	65	15,2	10,8
3	25	60	16,7	12,0
4	30	55	20,0	14,8
6	27	70	21,1	15,8
5	40	40	23,9	18,8
7	35	75	30,0	27,3

La clase climática 3 corresponde a 25°C de temperatura con una humedad relativa del 60%.

Esta clase climática es la estándar para la realización de los ensayos de laboratorio de los muebles, y respecto de la cual se ofrecen los datos técnicos.

6.2. RANGO DE TEMPERATURA

Con el Rango se expresa la temperatura de producto en los muebles. La clasificación de rangos según la norma UNE-EN-ISO-23953:2003 es:

Table 1 — M-package temperature classes

Class	The highest temperature θ_{ah} of the warmest M-package equal to or lower than (see Figure 25) °C	The lowest temperature θ_b of the coldest M-package equal to or higher than (see Figure 25) °C	The lowest temperature θ_{al} of the warmest M-package equal to or lower than (see Figure 25) °C
L1	-15	-	-18
L2	-12	-	-18
L3	-12	-	-15
M1	+5	-1	-
M2	+7	-1	-
H1	+10	+1	-
H2	+10	-1	-
S	special classification		

La equivalencia aproximada entre temperatura de regulación y temperatura de producto según clases de la citada norma, se expresa en la siguiente tabla, así como la temperatura del punto más caliente:



CLASE	Tª REGULACIÓN	Tª DE PRODUCTO
H	+6/+8° C	+1/+10 °C
M2	+4/+6° C	-1/+7 °C
M1	+2/+4° C	-1/+5 °C
S1	-1/+1° C	-1/+3 °C
L2	-20/-22 °C	-12 Punto Caliente
L1	-23/-25 °C	-15 Punto Caliente



7. MOBILIARIO FRIGORÍFICO

7.1. FUNCIONAMIENTO DE LOS MUEBLES

En primer lugar es importante destacar que los muebles frigoríficos están diseñados para la conservación de productos fríos y no para su enfriamiento o congelación. Si se introduce un producto caliente tardará varias horas en adquirir la temperatura deseada.

Los muebles frigoríficos pueden ser de funcionamiento a distancia (remotos) o de grupo incorporado (enchufables). Los muebles a distancia son muebles en los que sólo están el evaporador y la válvula termostática, y estos muebles se conectan a una central de frío común para todo el supermercado. Los muebles de grupo incorporado son muebles en los que está incorporado todo el grupo frigorífico (evaporador, compresor, condensador, recipiente de líquido y válvula termostática); estos muebles tan solo hay que conectarlos a la red eléctrica (monofásica) para que funcionen.

Los muebles frigoríficos funcionan mediante una cortina de aire frío en la parte exterior la cual ejerce de aislante entre el interior y el exterior.

El aire pasa por el evaporador y posteriormente es conducido hasta los deflectores o el panel de abeja de salida de aire. Aquí se forma una cortina de aire hasta llegar a la rejilla de entrada de aire donde es reconducido nuevamente al evaporador.

La cortina de aire está compuesta a su vez por varias cortinas de aire paralelas formando así un gradiente de velocidad entre la cara exterior y la interior. La velocidad en la parte interior es mayor que en la exterior para que así en el interior el intercambio de calor sea grande con el producto y en el exterior el intercambio de la cortina fría con el ambiente sea pequeño.

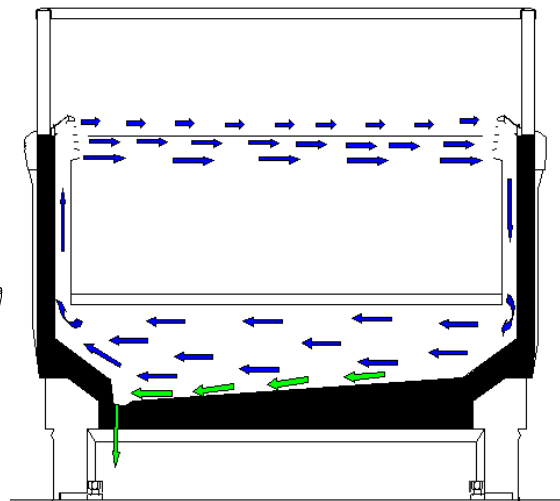
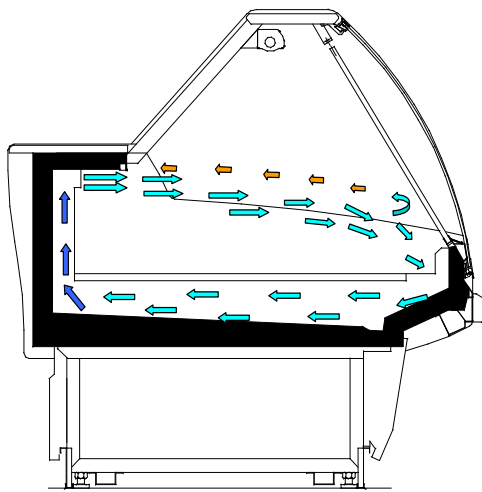
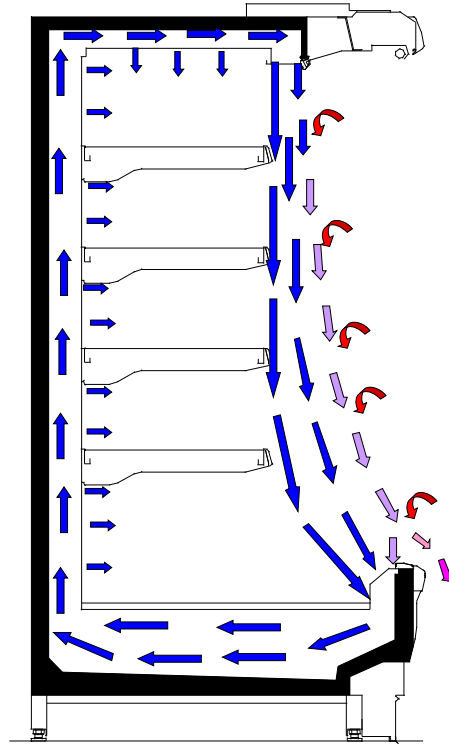
Las cortinas formadas mediante deflectores se utilizan en murales e islas. En este tipo de cortina el gradiente de velocidad es grande, pero sin embargo el flujo es algo más turbulento. Este tipo de cortinas son las más eficaces.

Las cortinas mediante panel de abeja ofrecen un gradiente de velocidad menor. Pero necesariamente se deben utilizar en vitrinas y semimurales ya que es la única forma de dar a la cortina una trayectoria curva que es la que se necesita en este tipo de muebles.

Además de la cortina, por la parte trasera del mueble también sale aire frío hacia el producto para que el enfriamiento sea más rápido.

Desescarche

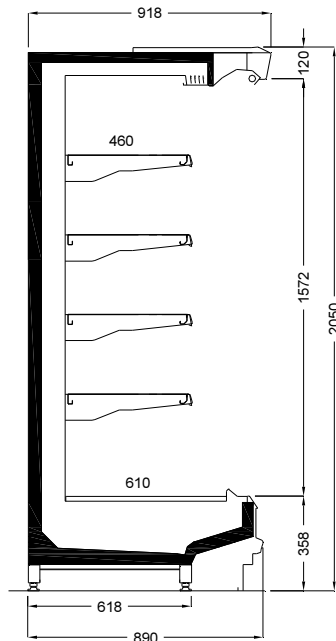
El desescarche de los muebles de refrigeración es natural (sin resistencias de desescarche) mientras que los muebles de congelación sí tienen resistencias de desescarche.



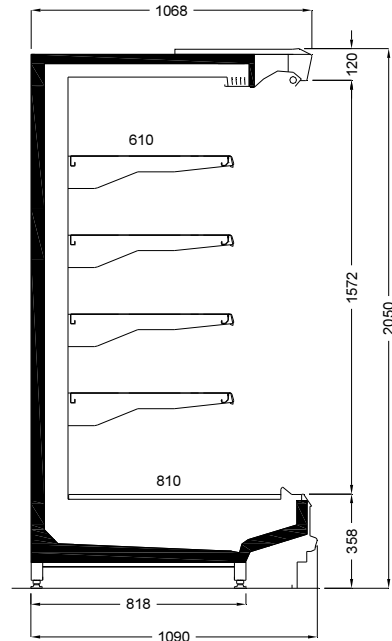
7.2. MUEBLES SELECCIONADOS

7.2.1. MURALES (VERTICALES)

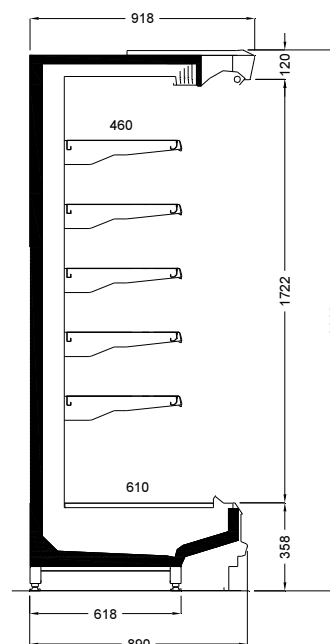
Familia completa en cuanto a la oferta de dimensiones exteriores (largos, alturas, fondo), configuración interna (estantes, espejos, opciones y accesorios) y terminaciones de línea (laterales opacos, espejo, panorámicos y cabeceras para las configuraciones formando islas).



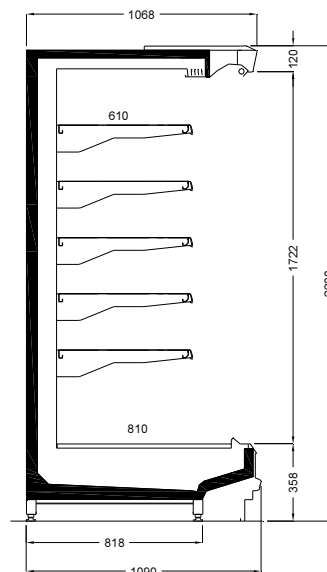
VLNB



VLWB



VHNB

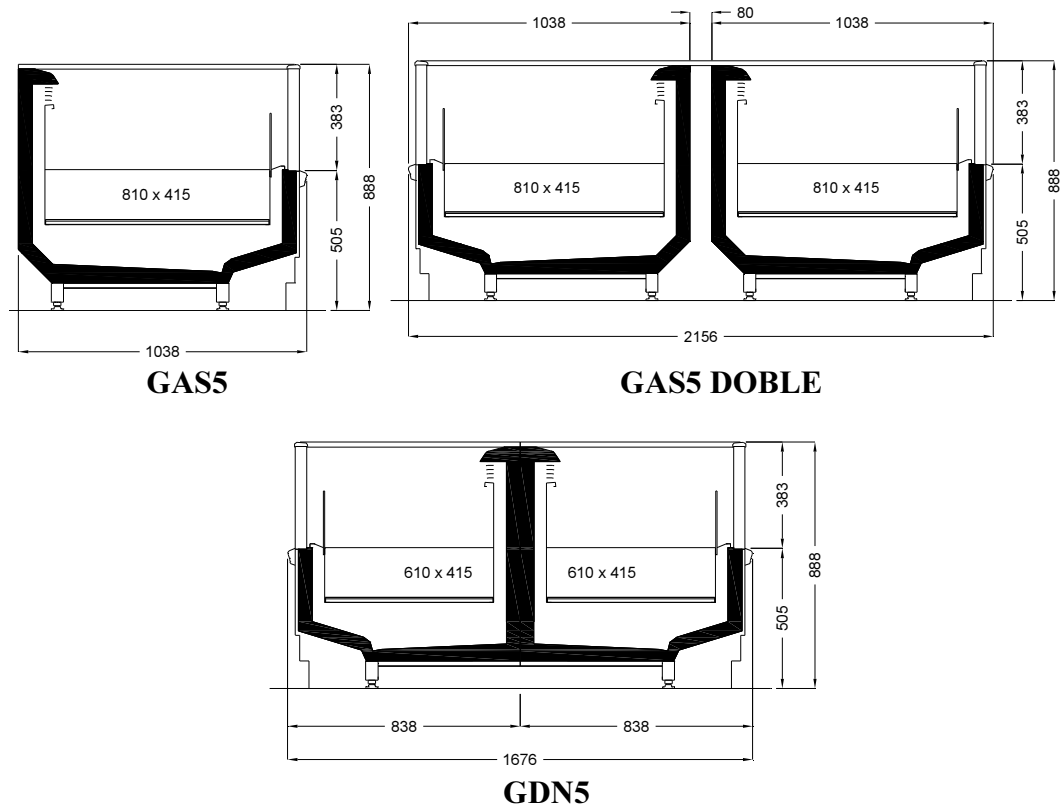


VHWB



7.2.2. ISLAS

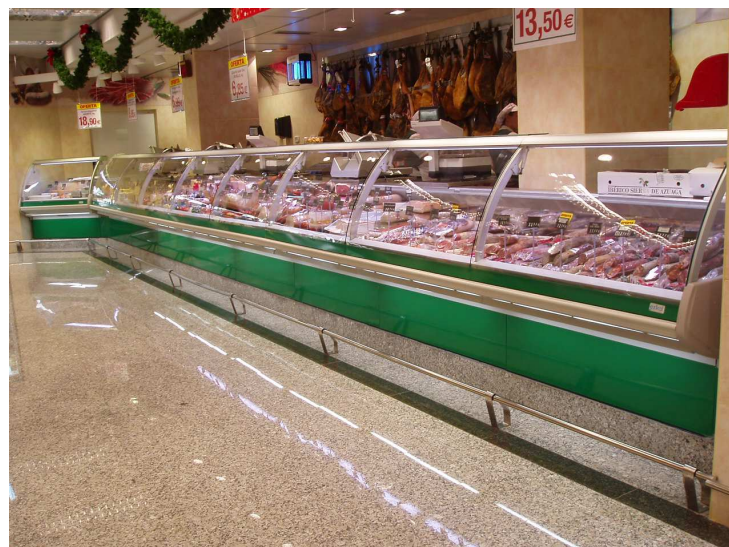
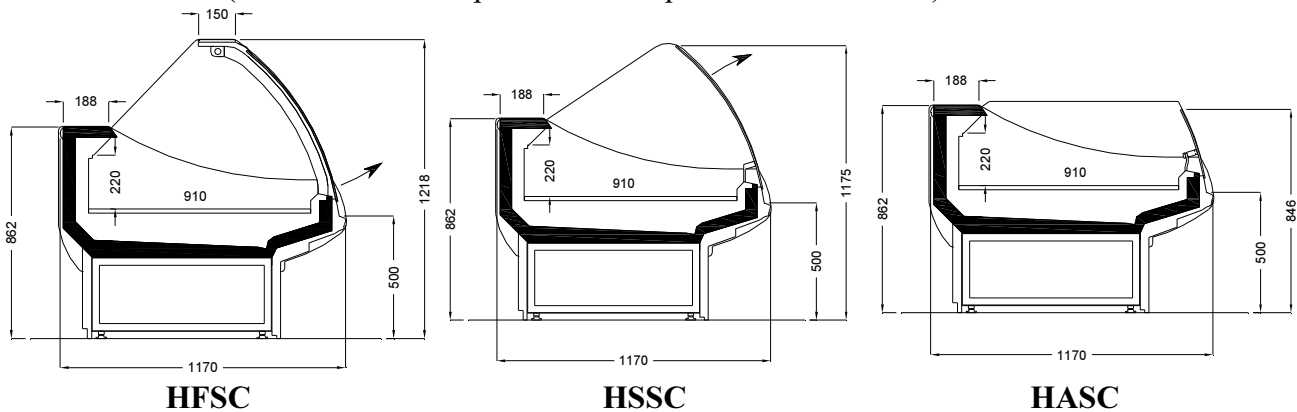
Familia completa de muebles con el frente acristalado amplia oferta de dimensiones exteriores (largo y fondo), configuración (en línea o doble espalda contra espalda formando islas), configuración interna (opciones y accesorios) y terminaciones de línea (laterales panorámicos y cabeceras para las configuraciones formando islas).





7.2.3. VITRINAS (HORIZONTALES)

Familia completa en cuanto a la oferta de configuración externa (con estructura, sin estructura, autoservicio, largos, ángulos interiores y exteriores), configuración interna (niveles de exposición, materiales, opciones y accesorios) y configuración de línea (en línea o doble espalda contra espalda formando islas).





7.3. DATOS TÉCNICOS

Son facilitados por el fabricante del mobiliario frigorífico para poder hacer el cálculo de la instalación.



8. CÁMARAS Y OBRADORES

8.1. CLASIFICACIÓN POR SU TEMPERATURA

- CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN
 - Temperatura: 0 / +5°C.
 - Se utilizan para la conservación de productos refrigerados. El producto entra ya frío (entre 8 y 15°C).
- CÁMARAS DE CONGELADOS
 - Temperatura: -20 / -25°C.
 - Se utilizan para la conservación de productos congelados. El producto entra ya congelado (entre -10 y -15°C).
- OBRADORES
 - Temperatura:
 - Por ley: +8 / +10°C.
 - En realidad: +12°C para que las condiciones de trabajo no sean tan duras.
 - Se utilizan para preparar alimentos. El producto entra frío desde la cámara de refrigeración, por lo que no supone aporte de calor a la hora de realizar el balance térmico.
 -

8.2. CÁMARAS DEL HIPERMERCADO DEL PROYECTO

En cualquier supermercado o hipermercado en los que sólo se procede a la conservación de productos perecederos, tan sólo hay cámaras de conservación de refrigeración y de congelados y obradores.

En nuestro hipermercado las cámaras utilizadas son:

CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN				
Nº	SERVICIO	Tª regulación	Tª diseño	Volumen m ³
13	Cámara frutas y verduras	+3/+6°C	5	32,93
14	Cámara pescado	0/+2°C	0	21,62
15	Cámara basuras	0/+2°C	0	11,04
16	Cámara carnes	0/+2°C	0	26,28
17	Cámara curados	+3/+6°C	5	26,42
18	Cámara quesos	+3/+6°C	5	18,67
19	Cámara lácteos	+3/+6°C	5	57,53



OBRADORES				
Nº	SERVICIO	Tª regulación	Tª diseño	Volumen m³
20	Obrador fruta	+12°C	12	35,49
21	Obrador pescado	+12°C	12	30,42
22	Obrador carne	+12°C	12	33,30
23	Obrador charcutería	+12°C	12	30,12

CÁMARAS DE CONGELACIÓN				
Nº	SERVICIO	Tª regulación	Tª diseño	Volumen m³
28	Cámara congelado pescado	-18°C/-22°C	-20	32,64
29	Cámara congelados	-23°C/-25°C	-25	30,816

NOTAS IMPORTANTES:

- La cámara de Quesos se separa de la de Lácteos debido a los olores que pudiera desprender el queso.

8.3. CONSTRUCCIÓN

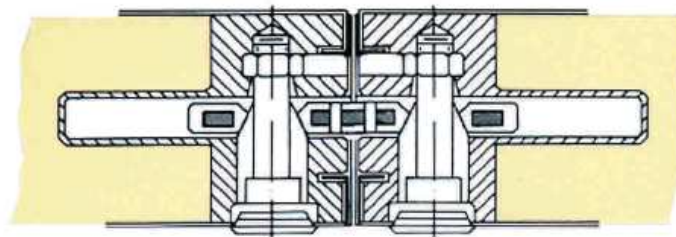
Las cámaras estarán construidas basándose en paneles desmontables, prefabricados en chapa de acero galvanizado de bajo contenido en carbono prelacada de poliéster de 25 micras color blanco.

Las dos chapas de acero llevan en el reborde un perfil esponjoso para lograr la perfecta estanqueidad.

Todos los revestimientos son de calidad alimentaria.

Cada panel está construido por dos gruesas chapas y unidas entre sí por el aislamiento formando un "sándwich".

El panel lleva en su periferia una serie de tacos de nylon, integrados en el poliuretano y las chapas llevan en todo su contorno, un doble plegado que aumenta la resistencia.



DETALLE UNIÓN ENTRE PANELES

8.4. AISLAMIENTO

8.4.1. MATERIALES AISLANTES

Los materiales aislantes utilizados en la industria frigorífica suelen estar constituidos por multitud de celdillas o células que contienen en su interior aire u otros gases en reposo, dando lugar a una conductividad térmica muy pequeña.

La utilización de estos materiales es esencial en las instalaciones frigoríficas, limitando considerablemente la entrada de calor y reduciendo los costes de instalación y funcionamiento de las mismas.

Los materiales aislantes se identifican en base a las características de conductividad térmica, densidad aparente, permeabilidad al vapor de agua, absorción de agua por volumen o peso, propiedades de resistencia mecánica a compresión y flexión, módulo de elasticidad, envejecimiento ante la presencia de humedad, calor y radiaciones, coeficiente de dilatación térmica y comportamiento frente a parásitos, agentes químicos y fuego.

Según norma, los distintos materiales aislantes se subdividen en las siguientes clases:

- **MIF** = Materiales Inorgánicos Fibrosos (lana de roca, fibra de vidrio, amianto), para aplicaciones desde 0 °C hasta 650 °C, según el material.



- **MIC** = Materiales Inorgánicos Celulares (vidrio celular), para aplicaciones desde - 50 °C hasta 100 °C, en planchas rígidas.
- **MIG** = Materiales Inorgánicos Granulares (perlita, vermiculita, silicato cálcico).
- **MOC** = Materiales Orgánicos Celulares (corcho, poliestireno, poliuretano, espumas elastoméricas y fenólicas), para aplicaciones desde - 50 °C hasta 100 °C.
- **MRL** = Materiales Reflectantes en Láminas enrollables (aluminio, acero, cobre).

En particular, algunos de los materiales aislantes que se utilizan generalmente en el aislamiento térmico de cámaras frigoríficas son los siguientes:

- **Corcho**, bien sea en aglomerado ($k = 0,039 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$), expandido ($k = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$) o en tableros ($k = 0,042 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$). Es el material más tradicional ya que, si se instala adecuadamente, se conserva bien durante largo tiempo. Tiene una buena resistencia mecánica, siendo adecuado para el aislamiento de suelos de cámaras frigoríficas.
- **Poliestireno expandido** ($k = 0,03$ a $0,057 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$). Material sintético más moderno, más económico y de montaje más simple, es uno de los más utilizados en instalaciones frigoríficas. No debe utilizarse en el aislamiento de suelos, debido a su baja resistencia mecánica. Se suelen presentar en paneles de $1,20 \times 0,60 \text{ m}$ con espesores de 60, 120 o 140 mm, siendo los de 120 mm los más comunes.
- **Espuma de poliuretano** ($k = 0,023 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ para la mayoría de los tipos). Material sintético económico y de fácil manejo. Puede obtenerse como espuma rígida (poliuretano conformado) o aplicarse en el momento (poliuretano aplicado in situ). Este último método ha sido muy utilizado, ya que la expansión puede realizarse en el interior del molde que se desea aislar. En la actualidad, los paneles prefabricados resultan más baratos y requieren menos mano de obra a la hora de colocarlos. Suele aplicarse únicamente en el intervalo de temperaturas entre -30 °C y 70 °C , por lo que no puede utilizarse en túneles de congelación con temperaturas muy bajas ni, por ejemplo, en tuberías de vapor.
- **Espuma sólida de vidrio (foamglas) o vidrio celular** ($k = 0,044 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$). Se presenta en bloques rígidos que permiten su utilización como elementos resistentes y de cerramiento, pudiendo ser utilizado en suelos y superficies cargadas. Esto abarata la obra civil de la cámara, ya que sustituye a los materiales tradicionales más su correspondiente aislamiento.
- **Fibra de vidrio, lana de vidrio o lana mineral**, cuya aplicación se limita a temperaturas superiores a 0 °C . Se distinguen hasta seis tipos, dependiendo de su densidad (desde semirrígidos hasta rígidos), con conductividades entre $0,033 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ y $0,044 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$. Si no se especifica el tipo, se toma un valor medio de conductividad de $0,035 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$.
- **Espuma rígida de poliestireno extrusinado**, con conductividad $0,033 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$, que se comercializa en paneles de $1,25 \text{ m}$ por $0,60 \text{ m}$ y espesores de 30 mm, 40 mm y 50 mm, mecanizados a media madera para eliminar el puente térmico que se origina al unir unos con otros.



Materiales aislantes	Densidad (kg/m ³)	Conductividad térmica k
		W/m·K
Aglomerado de corcho	110	0,039
Espuma elastomérica	60	0,034
Lana de vidrio Tipo I	10-18	0,044
Lana de vidrio Tipo II	19-30	0,037
Lana de vidrio Tipo III	31-45	0,034
Lana de vidrio Tipo IV	46-65	0,033
Lana de vidrio Tipo V	66-90	0,033
Lana de vidrio Tipo VI	91	0,036
Lana mineral Tipo I	30-50	0,042
Lana mineral Tipo II	51-70	0,040
Lana mineral Tipo III	71-90	0,038
Lana mineral Tipo IV	91-120	0,038
Lana mineral Tipo V	121-150	0,038
Perlita extendida	130	0,047
Poliestireno expandido Tipo I	10	0,057
Poliestireno expandido Tipo II	12	0,044
Poliestireno expandido Tipo III	15	0,037
Poliestireno expandido Tipo IV	20	0,034
Poliestireno expandido Tipo V	25	0,033
Poliestireno extrusionado	33	0,033
Polietileno reticulado	30	0,038
Polisocianurato, espuma de	35	0,026
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo I	32	0,023
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo II	35	0,023
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo III	40	0,023
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo IV	80	0,040
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de - Tipo I	35	0,023
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de - Tipo II	40	0,023
Poliuretano expandido (inyectado)	40	0,024
Urea formol, espuma de	10-12	0,034
	12-14	0,035
Vermiculita expandida	120	0,035
Vidrio celular	160	0,044

FUENTE: NBE-CT-79

8.4.2. AISLANTE UTILIZADO

El aislamiento que utilizaremos es poliuretano expandido, situado entre las chapas de acero galvanizado formando un panel tipo sándwich.

La inyección se hace estando el futuro panel encerrado en un molde y condicionado en temperatura, para evitar la variación de densidad en el producto a causa de las variaciones climáticas ambientales.

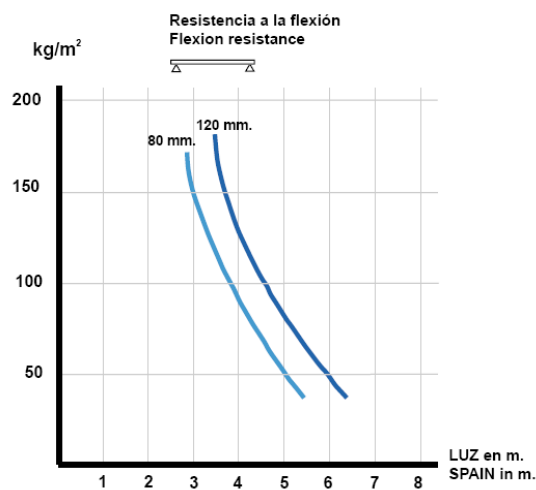


Características técnicas:

- Densidad = 40/42 kg/m³
- Conductividad k = 0,023 W/m·°C

Espesor Thickness		mm.	60	80	100	120	140	160	200
Coeficiente de transmisión Transmission coefficient	kcal./Hm ² °C		0,344	0,258	0,206	0,172	0,147	0,129	0,103
	W/m ² h°K		0,40	0,30	0,24	0,20	0,17	0,15	0,12
Peso por m ² (Densidad 40 kg./m ³) kg/m ² Weight per m ² (Density 40 kg./m ³) kg/m ²			13,44	14,07	14,90	15,70	16,50	17,34	19,00
Cargas en Kg/m ² (*) Luz libre en m. Loads in Kg/m ² (*) free span in m.	2,32		164	242	323	405	487	568	648
	2,90		108	166	219	265	312	358	404
	3,77		60	97	124	151	178	205	232
	4,64		34	60	78	95	113	130	146
	5,51		19	37	51	63	75	88	100
	6,38		9	22	35	44	52	61	70
	7,25		-	10	21	30	37	45	52

Fijación de paneles exteriores: a estudiar en cada caso, en función del Δt (diferencial de temperatura) y acciones de vientos en cerramientos verticales.
* Carga uniforme para una flecha f=L/240



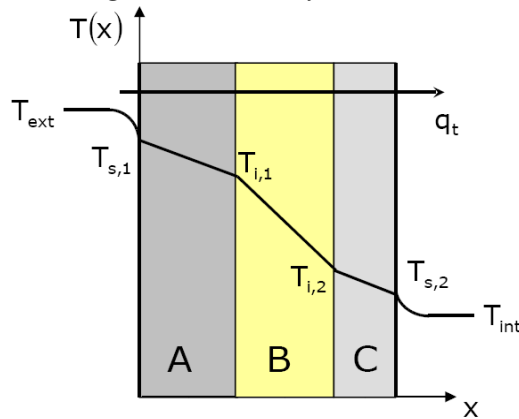


8.4.3. ESPESOR DE AISLAMIENTO

El cálculo del espesor que tiene que tener la capa de aislante tiene una cierta importancia práctica. Así, si la cámara se aísla deficientemente será necesario invertir en mejores equipos frigoríficos y aumentarán los gastos energéticos. Por el contrario, si se aísla en exceso los equipos de refrigeración y el consumo serán menores, pero aumentará el coste del aislamiento. Es necesario, por tanto, establecer un cierto equilibrio entre ambos extremos.

En principio, el espesor del aislante vendrá dado por el flujo de calor que exista, por la diferencia de temperaturas externa e interna, por la superficie a aislar, y por el tipo de aislante seleccionado.

En la práctica no suele conocerse el flujo de calor, por ello se recurre a ciertas reglas o normas prácticas. Así, por ejemplo, se suele estimar que el flujo de calor por unidad de superficie para un aislamiento en cámaras de refrigeración se sitúa entre 9 y 11 W/m², y en cámara de congelados entre 7 y 9 W/m².



$$q_t = \frac{(T_{ext} - T_{int})}{\sum R_t} = \frac{(T_{ext} - T_{int})}{\frac{1}{h_{ext} A} + \frac{e_A}{k_A A} + \frac{e_B}{k_B A} + \frac{e_C}{k_C A} + \frac{1}{h_{int} A}}$$

Coefficiente global de transferencia de calor

$$q_t = UA(T_{ext} - T_{int}) \quad U = \frac{1}{\frac{1}{h_{ext}} + \frac{e_A}{k_A} + \frac{e_B}{k_B} + \frac{e_C}{k_C} + \frac{1}{h_{int}}}$$



Cálculo:

En una pared plana que separa dos fluidos, el calor pasa desde el fluido más caliente a temperatura t_1 , a la cara de la pared en contacto con el mismo, realizándose la transmisión por radiación y convección simultánea; por conductibilidad, el calor atraviesa la pared compuesta de varias capas y finalmente el calor pasa de esta segunda cara al fluido a temperatura inferior t_2 , por convección y radiación simultánea.

La cantidad de calor transmitida de un fluido a otro, vendrá dada por la expresión:

$$Q = U \cdot A \cdot (t_1 - t_2)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum_1^n \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_i}}$$

Siendo:

Q = Cantidad de calor transmitida en W

U = Coeficiente global de transmisión de calor de la pared en $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

A = Superficie de la pared en m^2 .

t_1 = Temperatura ambiente, en $^\circ C$.

t_2 = Temperatura interior de la cámara, en $^\circ C$.

h_e = Coeficiente superficial de transmisión de calor exterior, en $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

h_i = Coeficiente superficial de transmisión de calor, interior en $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

e = Espesor de cada una de las distintas capas en metros.

k = Coeficiente de conductividad térmica de cada capa en $W/m \cdot ^\circ C$.

Para h_e y h_i tomaremos los siguientes valores:

Cerramiento vertical, de separación con espacio abierto.

$$h_e = 15$$

$$h_i = 7$$

Cerramiento horizontal y flujo descendente de separación con espacio abierto.

$$h_e = 17$$

$$h_i = 5$$

Cerramiento horizontal y flujo ascendente.

$$h_e = 17$$

$$h_i = 9$$

Admitiendo un flujo máximo de calor a través de las paredes de $10 W/m^2$ para cámara de refrigeración ($0^\circ C$), $9 W/m^2$ para cámara de congelación ($-20^\circ C$) y $12 W/m^2$ para obradores ($12^\circ C$), con una temperatura exterior de $25^\circ C$ y aislamiento de poliuretano expandido con conductividad térmica $k = 0,024 W/m \cdot ^\circ C$, obtenemos los siguiente espesores de aislamiento:

Cámaras de refrigeración ($0^\circ C$):

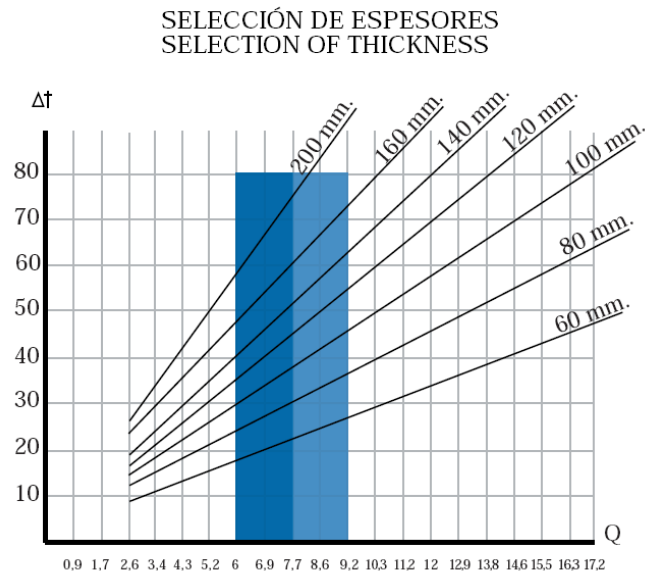
- Espesor calculado: 67 mm
- Espesor elegido: 80 mm

Cámaras de congelación ($-20^\circ C$):

- Espesor calculado: 127 mm
- Espesor elegido: 150 mm

Obradores (12°C):

- Espesor calculado: 39 mm
- Espesor elegido: 60 mm



- temperatura negativa
negative temperature
- temperatura positiva
positive temperature
- Q pérdidas kcal/hm²
loss kcal/hm²
- Δt diferencia de temperatura °C
temperature difference °C
- λ Coeficiente de conductividad térmica del poliuretano=0,020kcal/hm°C
(0,024W/°K)
Ensayo realizado en equipo que cumple la norma UNE 92.202-89
- Thermal conductivity coefficient of the polyurethane=0,020kcal/hm°C
(0,024W/°K)
Test performed with system in compliance with UNE 92.202-89

8.4.4. AISLAMIENTO DE SUELOS

El aislamiento de los suelos de una cámara tiene una doble importancia. En primer lugar con aislamiento se reducen las pérdidas de calor al exterior, y en segundo lugar se evitan problemas de condensaciones en el forjado del edificio.

El aislamiento de suelo se puede hacer de dos formas:

- Colocar directamente sobre el suelo de obra civil paneles similares a los de techo y paredes.

Es un método sencillo, barato y rápido, sin necesidad de obra civil. Sin embargo la resistencia del suelo de panel de la cámara es limitada y no puede soportar grandes pesos. Además el suelo de la cámara estará más elevado que el del resto del edificio.



- Colocar sobre el forjado planchas de poliuretano y sobre él echar hormigón hasta igualar el nivel del suelo de obra civil del resto del edificio.
Es un método más costoso ya que requiere de obra civil, pero que sin embargo tiene las ventajas de que el suelo aguanta más peso y además está al nivel del suelo del resto de edificio. El aislamiento está “camuflado” en el suelo de obra civil.

Cuando la cámara está sobre un suelo que esté sobre el terreno (planta más baja del edificio), a pesar del aislamiento debido al contenido de humedad del terreno el agua contenida en éste puede llegar a congelarse, con el riesgo de fractura de la estructura. En estos casos es conveniente calentar el suelo, colocando uno de los siguientes sistemas por debajo del aislamiento:

- Construcción de un vacío sanitario mediante el cual se hace circular aire (aireación de suelo).
- Calentamiento mediante resistencias.
- Calentamiento por medio de agua glicolada.

8.4.4.1. Temperatura del suelo

Suelo sobre terreno

$$T^a \text{ del suelo} = 1/2 * T^a \text{ ambiente}$$

Suelo sobre forjado con otra planta debajo

$$T^a \text{ del suelo} = T^a \text{ ambiente} - 5^{\circ}\text{C}$$

8.4.4.2. Recintos a aislar

Cámaras de congelación

Las cámaras de congelación siempre deben llevar aislamiento de suelo ya que las pérdidas serían considerables y la condensación sería muy grande.

Cámaras de refrigeración

En las cámaras de refrigeración es recomendable que lleven aislamiento de suelo, simplemente por la transmisión de calor.

En el caso de que por debajo de la cámara está el terreno, no es necesario el aislamiento desde el punto de vista de condensaciones. Sin embargo si hay otra planta del edificio, entonces sí que sería imprescindible aislar el suelo para evitar las condensaciones en el techo de la planta inferior.

Obradores

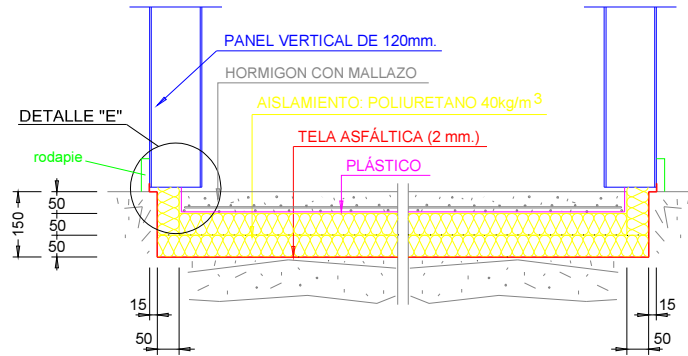
En el caso de obradores, en principio no sería necesario aislar el suelo ya que no habría problemas de condensación. Sin embargo el ahorro energético sería muy grande.

8.4.4.3. Ejecución del aislamiento del suelo

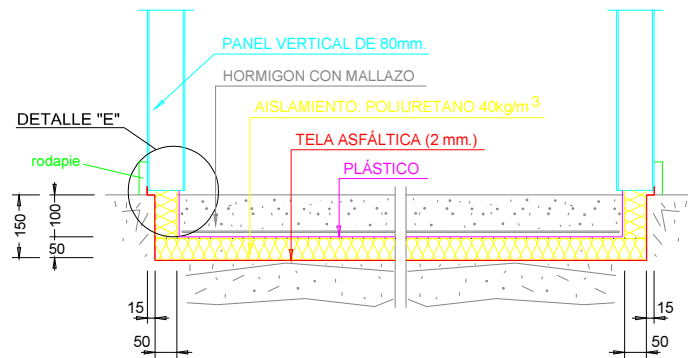
El aislamiento del suelo que realizaremos será mediante placas de poliuretano expandido de conductividad térmica $k = 0,024 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$.

Para refrigeración y obradores se pondrá una capa de 50 mm de espesor y para congelación se montarán dos capas de 50 mm cada una (100 mm en total).

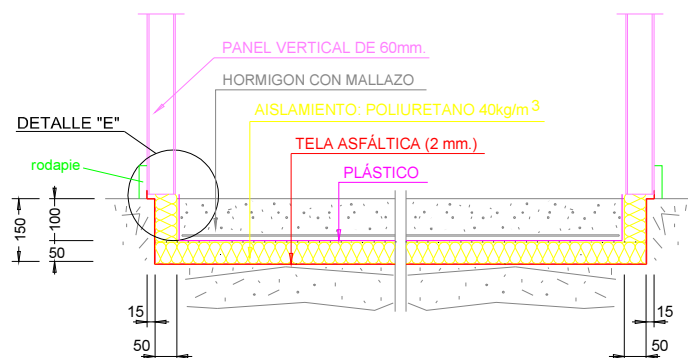
SECCION TIPO CONGELADO



SECCION TIPO REFRIGERADO



SECCION TIPO OBRADOR



8.4.5. DATOS DE AISLAMIENTOS PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE TÉRMICO

- Condiciones ambientales:
 - Temperatura: 25°C
- Temperatura suelo: 20°C
- Aislamiento
 - Paredes y techo
 - Cámaras refrigeración: Panel poliuretano expandido de 80 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Cámaras congelación: Panel poliuretano expandido de 150 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,16 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Obradores: Panel poliuretano expandido de 60 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Suelo
 - Cámaras refrigeración: Placas poliuretano expandido de 50 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,48 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Cámaras congelación: Placas poliuretano expandido de 100 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Obradores: Placas poliuretano expandido de 50 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,48 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Edificio
 - Forjado (suelo y techo) de hormigón armado de 350 mm
Coeficiente transmisión $U = 4,66 \text{ W/m}^2$

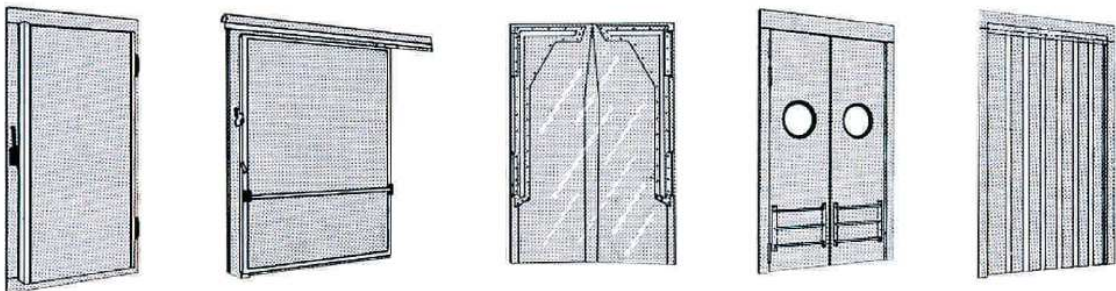
8.5. OTROS ELEMENTOS Y ACCESORIOS DE LAS CÁMARAS

8.5.1. PUERTAS

Diferentes tipos de puertas (en orden de la figura):

- Pivotante
- Corredera
- De plástico
- Pivotante de apertura a ambos lados
- De lamas de plástico

PUERTAS. DOORS





8.5.2. SUMIDEROS EN EL SUELO

En cámaras de refrigeración y obradores se deberán colocar desagües en el suelo para evacuar el agua utilizada en la limpieza del suelo o paredes.

En función de las dimensiones de la cámara habrá uno o dos desagües. El suelo de la cámara deberá hacer pendiente hacia el desagüe.

En cámaras de congelados no se deben poner desagües ya que el agua se congelaría, no sólo el agua de limpieza sino también el vapor de agua que sube por el propio desagüe procedente de la red de tuberías de saneamiento.

8.5.3. DESAGÜES DE EVAPORADORES

Todos los evaporadores deben tener un desagüe para el agua procedente del desescarche.

Estos desagües deberán transcurrir la menor distancia posible en el interior de cámaras con temperatura menor que 0°C. Para estas cámaras se deberá sacar el tubo de desagüe lo más cerca posible a pasillo o a una cámara colindante de temperatura mayor que 0°C.

En cámaras de refrigeración y obradores estos desagües serán de PVC. Para las cámaras de congelados deberán ser de acero ya que deben llevar resistencias eléctricas para evitar la congelación del agua.

8.5.4. SISTEMA DE SEGURIDAD DE CÁMARAS NEGATIVAS

En las cámaras que funcionen con temperaturas negativas se debe instalar un sistema de seguridad con doble sistema de indicación de alarma autorecargable y un hacha de tipo bombero, en cumplimiento de la instrucción MI IF-012 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

Junto a la puerta, se coloca un dispositivo de llamada (timbre, sirena o teléfono), el cual se accionará mecánicamente; este dispositivo va convenientemente iluminado mediante piloto, de forma que se impide la formación de escarcha sobre él. El piloto se encenderá siempre que la puerta de la cámara se encuentre cerrada, conectándose automáticamente a la red del alumbrado de emergencia, en el caso de que falle el circuito eléctrico.

A su vez en el interior de la cámara y junto a la puerta se dispondrá de un hacha del tipo de bombero.

Resistencia de las puertas

En las cámaras con temperaturas negativas, se dota a las puertas de una resistencia eléctrica a 24 V anticondensadora para evitar su bloqueo.

8.5.5. ILUMINACIÓN

Las cámaras dispondrán de iluminación interior mediante tubos fluorescentes o bombillas incandescentes. En nuestro caso será mediante tubos fluorescentes.

El interruptor estará situado en el exterior de la cámara junto a la puerta, excepto en obradores que también habrá interruptor en el interior.



8.6. FOTOS





9. BALANCE TÉRMICO DE CÁMARAS Y OBRADORES

9.1. TIPOS DE CARGAS TÉRMICAS Y FÓRMULAS DE CÁLCULO

Cuando se diseña un sistema de refrigeración, se cono T_i (temperatura del sistema) y se necesitará calcular la potencia frigorífica de la instalación, y en base a ello se dimensionará la instalación.

Las cargas térmicas se dividen en dos tipos:

$$\dot{Q}_{\text{TOTAL}} = \dot{Q}_{\text{productos}} + \dot{Q}_{\text{otras fuentes}}$$

$$\dot{Q}_{\text{productos}} \left\{ \begin{array}{l} \text{Refrigeración de los alimentos} \\ \text{Calor de respiración de frutas y verduras} \\ \text{Calor de la mercancía y su embalaje} \\ \text{Congelación de los alimentos} \end{array} \right.$$

$$\dot{Q}_{\text{otras fuentes}} \left\{ \begin{array}{l} \text{Flujo de calor a través de los cerramientos} \\ \text{Entrada de aire exterior} \\ \text{Calor de iluminación} \\ \text{Calor liberado por personas} \\ \text{Calor de los ventiladores} \end{array} \right.$$

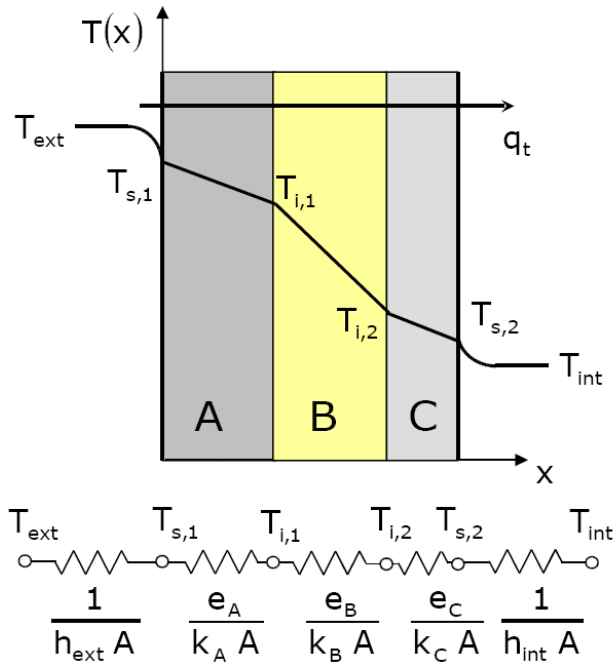
9.1.1. CALOR DE OTRAS FUENTES $\rightarrow \dot{Q}_F$

$$\dot{Q}_{\text{otras fuentes}} \equiv \dot{Q}_F = \dot{Q}_t + \dot{Q}_{\text{serv}} = \dot{Q}_t + \dot{Q}_a + \dot{Q}_i + \dot{Q}_p + \dot{Q}_m + \dot{Q}_d$$

9.1.1.1. Calor en los cerramientos

$$\dot{Q}_{\text{cerramientos}} \equiv \dot{Q}_t$$

El calor que entra o sale por las paredes o cerramientos



Condiciones exteriores e interiores	Coef. de película (W/m ² K)
Exterior, invierno (6,7 m/s)	34
Exterior, verano (3,4 m/s)	23
Interior, superficie vertical	8,3
Interior, superficie horizontal, flujo ascendente	9,3
Interior, superficie horizontal, flujo descendente	6,1

$$\dot{Q}_t = \sum_i \dot{Q}_{t_i} \quad [W]$$

$$\dot{Q}_{t_i} = U \cdot A \cdot \Delta t \quad [W]$$

U = Coeficiente global de transmisión de calor del material [W/m²·K]

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_A}{k_A} + \frac{e_B}{k_B} + \dots + \frac{1}{h_i}}$$

en cartesianas (Tabla 1)

A = Superficie exterior de la cámara en m²

$$\Delta t = t_e - t_i + t'$$

t_e = Temperatura exterior ambiente máxima media

t_i = Temperatura en el interior de la cámara

t' ≡ incremento por radiación solar (Tabla 2)

9.1.1.2. Pérdidas por servicio

Las frigorías que son necesarias aportar para compensar estas pérdidas son:

$$Q_{serv} = \frac{V \cdot F_s}{0,86 \cdot 24} \quad [W]$$



Donde:

V = Volumen de la cámara

FS = Factor de servicio en [Kcal/m³] en un día → Tabla 3

Para cámaras, basta con calcularlo de esta forma. Sin embargo en obradores donde hay mucho mayor movimiento, gente, iluminación y maquinaria, es necesario descomponer estas pérdidas tal como se detalla a continuación.

Nosotros calcularemos las pérdidas por servicio de esta segunda forma, es decir, descomponiéndola en diferentes tipos de pérdidas. Estos son:

o Carga de infiltración Q_a

Debido a las infiltraciones de aire

La infiltración de aire está en función de: Dimensión de la puerta, número de veces que se abre, temperatura cámara, volumen de la cámara, ...

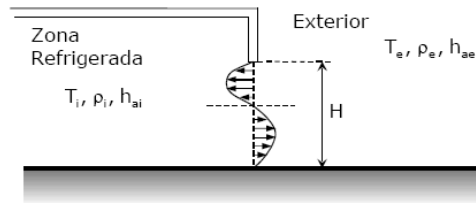
A través de las puertas, cuando éstas se encuentran abiertas, se establece un flujo de aire debido a las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior de la zona refrigerada. Las presiones a ambos lados de las puertas son diferentes debido a las diferentes densidades. El aire frío sale de la cámara por la parte inferior y por continuidad el caliente ingresa a la cámara por la zona superior de la apertura.

En las cámaras positivas hay un mayor número de renovaciones debido a que siempre hay más actividad de manipulación del producto.

Los métodos más usados para intentar reducir la carga de infiltración son:

- Cortinas de aire: Pueden producir una reducción del 65 al 80%
- Vestíbulos: Caros y enlentecen mucho el trasiego
- Persianas de plástico: Hasta un 85% de reducción
- Muelles de carga refrigerados: Estos se acondicionan a una temperatura positiva intermedia y condensan gran cantidad del agua infiltrada que en el almacén se convertiría en hielo.

La fórmula de Gosney y Olama establece el caudal de aire entre dos zonas a diferente temperatura. Para el cálculo final de la carga de infiltración otro valor muy importante es el tiempo que se estima que la puerta estará abierta respecto al tiempo total de funcionamiento.



Fórmula de Gosney y Olama:

$$\dot{V} = C_{\text{inf}} A \sqrt{H} \left(\frac{\rho_i - \rho_e}{\rho_i} \right)^{1/2} \left(\frac{2}{1 + (\rho_i / \rho_e)^{1/3}} \right)^{3/2}$$

\dot{V} : Caudal de aire infiltrado (m^3/s)

C_{inf} : $0,692 \sqrt{m} / \text{s}$

A : Área de la apertura (m)

H : Altura de la apertura (m)

ρ_i, ρ_e : Densidades del aire interior y exterior (kg/m^3)

h_c : Coeficiente de película ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

$$\dot{m} = \dot{V} \left(\frac{\rho_i + \rho_e}{2} \right) \quad q_{\text{inf}} = \dot{m} (h_{\text{ae}} - h_{\text{ai}}) \frac{\Delta t_{\text{abierta}}}{\Delta t_{\text{func}}}$$

En la práctica se calculan mediante la siguiente expresión:

$$\dot{Q}_a = \frac{V \cdot n \cdot q}{86,4} \quad [\text{W}]$$

$V \equiv$ Volumen interior de la cámara en [m^3]

$n \equiv$ N° de renovaciones de aire por día \rightarrow Tabla 4

$q \equiv$ Calor total por m^3 de aire de infiltración a extraer de éste para llevarlo de las condiciones exteriores a las condiciones de la cámara en [kJ/m^3] \rightarrow Tabla 5

- o Calor de la iluminación

$$\dot{Q}_i = P \cdot \frac{t}{24} \quad [\text{W}]$$

$P \equiv$ potencia de la iluminación en [W]

$P = 15 \text{ W}/\text{m}^2$ en salas de proceso, despice, etc.

$P = 5 \text{ W}/\text{m}^2$ en almacén de congelados

$t \equiv$ tiempo de funcionamiento al día en [horas/día]

Si las lámparas son fluorescentes:

$$\dot{Q}_i = 1,25 \cdot P \cdot \frac{t}{24}$$

- o Calor desprendido por las personas

$$\dot{Q}_p = \frac{q \cdot n \cdot t}{24} \quad [\text{W}]$$

$q \equiv$ calor liberado por cada persona en [W] \rightarrow Tabla 6

$q = 270 - 6 \cdot T [^{\circ}\text{C}]$

$n \equiv$ N° de personas que entran en la cámara

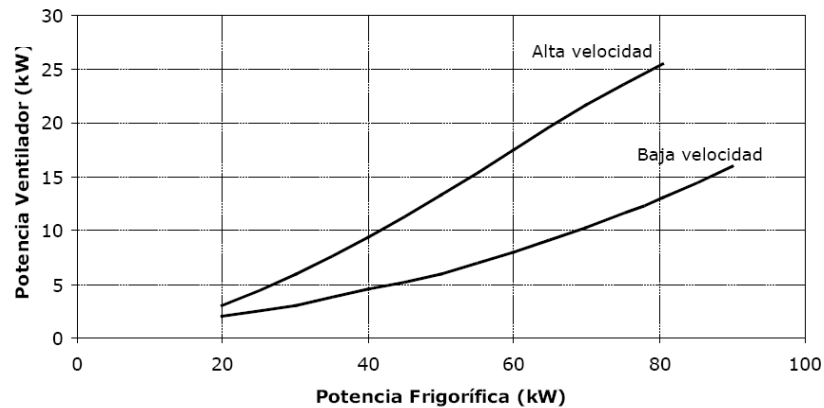
$t \equiv$ horas al día que permanecen dentro cada persona [horas/día]



o Calor desprendido por los motores eléctricos

Los evaporadores llevan ventiladores para homogeneizar la T^a y sobre todo para tener un coeficiente de convección más alto en la cámara.

La potencia desprendida por los ventiladores depende de la potencia frigorífica del evaporador que inicialmente no se conoce. La siguiente gráfica da una estimación inicial que posteriormente debe ser revisada y reajustada una vez elegido el evaporador y comprobar si éste sigue siendo válido.



También puede haber otros motores: carretillas, maquinaria de manipulación de alimentos, ...

El calor de los motores se calcula de la siguiente manera:

$$\dot{Q}_m = 0,86 \cdot \sum_i \frac{P_i \cdot t}{24} \quad [\text{W}]$$

$t \equiv$ tiempo en horas [horas/día]

$P_i \equiv$ calor de cada motor [W] \rightarrow Tabla 7

El 0,86 es al dividir 632 entre 736 (1 cv = 736 W)

A veces no se considera este factor y se calcula directamente como $P \cdot t / 24$.

o Pérdidas por desescarche

$$\dot{Q}_d = \frac{860 \cdot P \cdot t}{24} \quad [\text{W}]$$

$P \equiv$ potencia del desescarche en [kW]

$t \equiv$ horas al día que dura el desescarche [horas/día]

La carga por desescarche de los evaporadores depende del método de desescarche utilizado, en principio el calor de desescarche debe invertirse en descongelar el agua que posteriormente es eliminada. Sin embargo la eficiencia del desescarche es baja y se suele considerar toda la potencia. Muchos diseñadores no la consideran y la incluyen en el sobredimensionado.

La potencia por desescarche depende del evaporador elegido que inicialmente no se conoce.

o Carga debida a otras fuentes internas



- Maquinaria transportadora: Casi todos los almacenes disponen de pequeños carros para transporte y elevación de mercancía. Su consumo a plena potencia oscila entre 5-10 kW, este valor debe ser multiplicado por la fracción de tiempo que estos equipos están operando.
- Equipo de procesamiento: En las salas de procesamiento existe maquinaria diversa cuyo consumo también debe ser tenido en cuenta como fuente interna

9.1.2. CALOR DE LOS PRODUCTOS $\rightarrow \dot{Q}_P$

Esta carga térmica no se da en los obradores, sólo hay en las cámaras. En los obradores simplemente se manipulan durante un corto periodo de tiempo los alimentos que habían sido traídos de la cámara y después vuelven a la cámara.

$$\dot{Q}_{\text{productos}} \equiv \dot{Q}_P = \dot{Q}_r + \dot{Q}_C + \dot{Q}_S + \dot{Q}_e$$

Capacidad de una cámara

La capacidad de la cámara se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q = q \cdot V$$

Q = capacidad de la cámara en kg

V = volumen de la misma en m³

q = capacidad específica del producto a conservar en kg/m³

El valor de “q” lo deducimos de las tablas de Graff, teniendo en cuenta la necesidad de renovación de aire, las características del producto almacenado y el tipo de almacenamiento empleado.

Los valores que se suelen coger de q son:

REFRIGERACIÓN q = 250 kg/m³

CONGELACIÓN q = 300 kg/m³

Rotación de productos

Por norma general se suele considerar una rotación de 1/5 o 1/6 al día de la capacidad de la cámara.

Nosotros tomaremos como rotación 1/5.

9.1.2.1. Calor de refrigeración de los alimentos

$$\dot{Q}_r = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_e - T_i)}{86,4} \quad [\text{W}]$$

C_p ≡ calor específico a P constante [kJ/kg·K] \rightarrow Tabla 8

T_e ≡ temperatura entrada del alimento

T_i ≡ temperatura interior de la cámara

\dot{m} ≡ masa de alimentos que introducimos al día [kg/día]

9.1.2.2. Calor de congelación de los alimentos

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_{CL} + \dot{Q}_{C2} + \dot{Q}_{C3} \quad [\text{W}]$$

\dot{Q}_{CL} ≡ Calor hasta la temperatura de congelación



$$\dot{Q}_{CL} = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_e - T_c)}{86,4} \quad [\text{W}]$$

\dot{m} \equiv masa de alimentos que introducimos al día [kg/día]

T_c \equiv Temperatura de congelación

C_p \equiv calor específico antes de congelarse [kJ/kg·K] \rightarrow Tabla 8

\dot{Q}_{C2} \equiv Calor para congelar el alimento

$$\dot{Q}_{C2} = \frac{\dot{m} \cdot c_L}{86,4} \quad [\text{W}]$$

c_L \equiv calor latente de congelación [kJ/kg] \rightarrow Tabla 8

\dot{Q}_{C3} \equiv Calor para pasar hasta la temperatura final una vez congelado

$$\dot{Q}_{C3} = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_c - T_i)}{86,4} \quad [\text{W}]$$

c_p \equiv calor específico después de congelarse [kJ/kg·K] \rightarrow Tabla 8

En un supermercado no se realiza congelación de alimentos. Los alimentos congelados llegan ya congelados a las cámaras. Por tanto no consideraremos este calor.

9.1.2.3. Calor de respiración de los alimentos

Las frutas y verduras siguen “vivas” en la cámara y por tanto emiten calor.

$$\dot{Q}_S = \frac{c_S \cdot m}{86,4} \quad [\text{W}]$$

m \equiv masa de alimentos que “respiran” [kg]

c_S \equiv calor de respiración en [kJ/kg·día] \rightarrow Tabla 8

El calor de respiración depende de la temperatura. Si la T^a aumenta, c_S aumenta. Como la rotación de la cámara es baja (en torno al 15%), tomamos el calor de respiración c_S a una temperatura en torno a la del interior de la cámara (tal vez un poco mayor).

9.1.2.4. Calor de los embalajes

$$\dot{Q}_e = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_e - T_i)}{86,4} \quad [\text{W}]$$

$\dot{m} \rightarrow$ [kg/día]

Debe también tenerse en cuenta el calor de enfriamiento del embalaje o cajas en las cuales el producto se encuentra almacenado. A falta de mejores datos, tomamos un calor equivalente al 10% de la masa entrante con calor específico 0,5 kcal/kg·°C = 2,0934 kJ/kg·K.



9.1.3. TABLAS

TABLA 1 - Coeficiente de transmisión calórica U para materiales usuales, en W/m²·K

Materiales aislantes	Densidad (kg/m ³)	Conductividad térmica k W/m·K	Espesor del aislante (e), en mm					
			60	80	100	120	140	160
Aglomerado de corcho	110	0,039	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28	0,24
Espuma elastomérica	60	0,034	0,57	0,43	0,34	0,28	0,24	0,21
Lana de vidrio Tipo I	10-18	0,044	0,73	0,55	0,44	0,37	0,31	0,28
Lana de vidrio Tipo II	19-30	0,037	0,62	0,46	0,37	0,31	0,26	0,23
Lana de vidrio Tipo III	31-45	0,034	0,57	0,43	0,34	0,28	0,24	0,21
Lana de vidrio Tipo IV	46-65	0,033	0,55	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21
Lana de vidrio Tipo V	66-90	0,033	0,55	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21
Lana de vidrio Tipo VI	91	0,036	0,60	0,45	0,36	0,30	0,26	0,23
Lana mineral Tipo I	30-50	0,042	0,70	0,53	0,42	0,35	0,30	0,26
Lana mineral Tipo II	51-70	0,040	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29	0,25
Lana mineral Tipo III	71-90	0,038	0,63	0,48	0,38	0,32	0,27	0,24
Lana mineral Tipo IV	91-120	0,038	0,63	0,48	0,38	0,32	0,27	0,24
Lana mineral Tipo V	121-150	0,038	0,63	0,48	0,38	0,32	0,27	0,24
Perlita extendida	130	0,047	0,78	0,59	0,47	0,39	0,34	0,29
Poliestireno expandido Tipo I	10	0,057	0,95	0,71	0,57	0,48	0,41	0,36
Poliestireno expandido Tipo II	12	0,044	0,73	0,55	0,44	0,37	0,31	0,28
Poliestireno expandido Tipo III	15	0,037	0,62	0,46	0,37	0,31	0,26	0,23
Poliestireno expandido Tipo IV	20	0,034	0,57	0,43	0,34	0,28	0,24	0,21
Poliestireno expandido Tipo V	25	0,033	0,55	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21
Poliestireno extrusionado	33	0,033	0,55	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21
Polietileno reticulado	30	0,038	0,63	0,48	0,38	0,32	0,27	0,24
Polisocianurato, espuma de	35	0,026	0,43	0,33	0,26	0,22	0,19	0,16
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo I	32	0,023	0,38	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo II	35	0,023	0,38	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo III	40	0,023	0,38	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo IV	80	0,040	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29	0,25
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de - Tipo I	35	0,023	0,38	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de - Tipo II	40	0,023	0,38	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Poliuretano expandido (inyectado)	40	0,024	0,40	0,30	0,24	0,20	0,17	0,15
Urea formol, espuma de	10-12	0,034	0,57	0,43	0,34	0,28	0,24	0,21
	12-14	0,035	0,58	0,44	0,35	0,29	0,25	0,22
Vermiculita expandida	120	0,035	0,58	0,44	0,35	0,29	0,25	0,22
Vidrio celular	160	0,044	0,73	0,55	0,44	0,37	0,31	0,28
Mortero de cemento	2000	1,40	23,33	17,50	14,00	11,67	10,00	8,75
Enlucido de yeso	800	0,30	5,00	3,75	3,00	2,50	2,14	1,88
Hormigón armado (normal)	2400	1,63	27,17	20,38	16,30	13,58	11,64	10,19
Fábrica de ladrillo macizo	1800	0,87	14,50	10,88	8,70	7,25	6,21	5,44
Fábrica de ladrillo perforado	1600	0,76	12,67	9,50	7,60	6,33	5,43	4,75
Fábrica de ladrillo hueco	1200	0,49	8,17	6,13	4,90	4,08	3,50	3,06
Fábrica con bloques huecos de hormigón incluidas juntas	1000	0,44	7,33	5,50	4,40	3,67	3,14	2,75
	1200	0,49	8,17	6,13	4,90	4,08	3,50	3,06
	1400	0,56	9,33	7,00	5,60	4,67	4,00	3,50



Placas de escayola	800	0,30	5,00	3,75	3,00	2,50	2,14	1,88
Piedra		6,3953	106,59	79,94	63,95	53,29	45,68	39,97
Adobe		0,6977	11,63	8,72	6,98	5,81	4,98	4,36
Arcilla expandida	300	0,085	1,42	1,06	0,85	0,71	0,61	0,53
	450	0,114	1,90	1,43	1,14	0,95	0,81	0,71
Madera en láminas		0,1163	1,94	1,45	1,16	0,97	0,83	0,73
Vidrio plano para acristalar	2500	0,95	15,83	11,88	9,50	7,92	6,79	5,94
Linóleo	1200	0,19	3,17	2,38	1,90	1,58	1,36	1,19
Moquetas, alfombras	1000	0,05	0,83	0,63	0,50	0,42	0,36	0,31

FUENTE: NBE-CT-79

TABLA 2	Suplemento de temperatura t' por radiación solar en °C			
	Este	Sur	Oeste	Techo
Colores claros	2,2	1,0	2,2	5,0
Colores medios	3,3	2,2	3,3	8,3
Colores oscuros	4,4	2,8	4,4	11,0
Colores claros	Piedra blanca Hormigón de color claro Pintura blanca			
Colores medios	Madera sin pintar Ladrillo Teja roja Hormigón oscuro Pintura roja, gris o verde			
Colores oscuros	Cubierta de pizarra Cubierta embreada Pintura negra			

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990

Tabla 3	COEFICIENTES DE SERVICIO EN kcal/m ³ 24 h								
Volumen cámara m ³	Diferencia entre las temperaturas exterior e interior de la cámara								
	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C
1	870	1100	1300	1500	1700	1950	2200	2400	2600
1,5	770	950	1150	1350	1500	1700	1900	2100	2300
2	700	870	1050	1200	1400	1550	1750	1900	2100
3	630	800	950	1100	1250	1400	1600	1750	1900
5	530	650	800	930	1050	1200	1350	1470	1600
7	490	600	730	850	970	1100	1200	1350	1450
10	430	550	650	750	870	970	1100	1200	1300
15	380	470	570	650	750	850	950	1050	1150
20	350	430	520	600	700	780	870	950	1050
30	290	370	440	510	600	660	730	800	880



50	230	290	350	410	470	530	580	640	700
70	190	240	290	340	390	430	480	530	580
100	160	200	240	280	320	360	400	440	480
150	125	160	190	220	250	280	320	350	380
200	105	130	160	185	210	240	270	290	320
300	85	105	125	145	165	185	210	230	250
500	70	90	105	120	140	160	175	190	210
700	65	80	95	110	125	140	160	175	190
1000	60	75	90	105	120	135	150	165	180

TABLA 4 Renovación del aire diario por las aberturas de puertas para las condiciones de explotación "cámaras positivas" y "cámaras negativas" → n											
Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario n/d		Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario n/d		Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario n/d		Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario n/d	
	-	+		-	+		-	+		-	+
2,5	52	70	18	17,5	22,3	80	7,7	10	600	2,5	3,2
3,0	47	63	20	16,5	22	100	6,7	8,8	800	2,1	2,8
4,0	40	53	22	15,6	20,5	120	6,1	7,9	1000	1,9	2,4
5,0	35	47	25	14,5	19,5	140	5,6	7,2	1400	1,6	2
6,0	32	42	26	14,1	18,6	150	5,4	7	1500	1,5	1,95
7,0	29	38,1	30	13	17,5	180	4,9	6,3	1800	1,4	1,9
7,5	28	38	36	11,9	15,5	200	4,6	6	2000	1,3	1,65
8,0	27	35,6	40	11,5	15	220	4,4	5,6	2200	1,2	1,6
10,0	24	32	42	11	14,2	250	4,1	5,3	2500	1,1	1,45
12	22	28,6	50	10	12,6	300	3,7	4,8	2800	1,1	1,4
14,0	20	26,1	60	9,2	11,7	400	3,1	4,1	3000	1,05	1,3
15,0	19	26	70	8,3	10,6	500	2,8	3,6	15000	0,8	0,9

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990

TABLA 5 Calor del aire (en kJ/m³) para el aire exterior que penetra en la cámara fría																	
t _i	t _e	+ 5 °C		+ 10 °C		+ 15 °C		+ 20 °C		+ 25 °C		+ 30 °C		+ 35 °C		+ 40 °C	
		70% HR	80% HR	70% HR	80% HR	70% HR	80% HR	50% HR	60% HR	50% HR	60% HR	50% HR	60% HR	50% HR	60% HR	50% HR	60% HR
15 °C	----	----	----	----	----	----	----	2,77	7,0	16,8	23,3	34,5	42,7	56,4	66,4	81,4	96,5
10 °C	----	----	----	----	105,5	13,8	16,6	20,9	30,9	37,5	48,8	57,2	70,1	81,3	96,5	112	
5 °C	----	----	9,6	12,0	22,8	26,2	29,0	33,5	43,7	50,5	62,1	70,6	83,9	95,4	111	127	
0 °C	9,1	10,9	20,8	23,3	34,4	37,9	40,8	45,4	55,9	62,9	74,9	83,7	97,4	109	125	141	
-5 °C	19,2	20,9	31,0	33,5	44,6	48,2	51,2	55,8	66,4	73,5	85,5	94,4	108	120	136	153	
-10 °C	28,7	30,5	40,8	43,4	54,8	58,4	61,4	66,1	77,0	84,2	96,6	106	120	132	148	165	
-15 °C	37,8	39,7	50,2	52,8	64,5	68,2	71,3	76,1	87,2	94,6	107	116	131	143	160	177	
-20 °C	46,1	48,0	58,8	61,5	73,4	77,1	80,4	85,3	96,6	104	117	127	141	154	171	189	



-25 °C	55,1	57,1	68,0	70,8	82,9	86,8	90,1	95,1	107	114	127	137	152	165	183	201
-30 °C	64,2	66,2	77,5	80,1	92,6	96,5	99,8	105	117	125	138	148	163	177	195	215
-35 °C	73,3	75,3	86,7	89,6	102	106	110	115	127	135	149	159	174	188	207	225
-40 °C	83,3	85,4	97,1	100	113	117	121	126	138	147	161	171	187	201	220	231

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990

TABLA 6	Potencia calorífica aportada por las personas
Temperatura de la cámara (°C)	Potencia liberada por persona (W)
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990

TABLA 7	Calor de los motores		
Motor kW - (HP)	Caso 1	Caso 2	Caso 3
	W/kW - (W/HP)		
0,1 a 0,4	1674,42	1000,00	674,42
(1/8 a 1/2)	1244,19	627,91	500,00
0,4 a 2,2	1453,49	1000,00	453,49
(1/2 a 3)	1081,40	627,91	348,84
2,2 a 15	1162,79	651,16	162,79
(3 a 20)	860,47	744,19	116,28

Caso 1	Motor dentro del local realizando trabajo útil dentro de éste
Caso 2	Motor fuera del local realizando trabajo útil dentro de éste
Caso 3	Motor dentro del local realizando trabajo útil fuera de éste

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990



TABLA 8		Temperaturas recomendadas, humedad relativa, calor máximo específico y calor de respiración de alimentos refrigerados								
Alimentos		Temperatura de almacenamiento (°C)	Humedad relativa (%)	Duración de almacenamiento	Contenido de agua (%)	Punto de congelación (°C)	Calor específico cp antes de congelación (kJ/kg·K)	Calor específico cp después de congelación (kJ/kg·K)	Calor latente cL de congelación (kJ/kg)	Calor de respiración cS (kJ/kg·día)
Verduras										
Alcachofa	Globo	0	95-100	2 sem	84	-1,2	3,65	1,89	280	
	Jerusalén	0	90-95	5 meses	80	-2,5	3,47	1,84	267	
Espárrago		0 / +2	95-100	2-3 sem	93	-0,6	3,95	2,00	310	11,1
Judías	Verdes	+4 / +7	90-95	7-10 días	89	-0,7	3,82	1,95	297	11,6
	Lima	+3 / +4	90-95	3-5 días	67	-0,6	3,08	1,68	223	7,4
	Secas	+10	70	6-7 meses	11		1,20	0,97		
Remolacha	Raíz	0	95-100	4-6 meses	88	-0,9	3,78	1,93	294	3,1
	Ramillete	0	95	10-14 días		-0,4				4,2
Brócoli		0	95-100	10-14 días	90	-0,6	3,85	1,97	300	8,7
Coles de Bruselas		0	95-100	3-5 sem	85	-0,8	3,68	1,90	284	6,7
Col tardía		0	98-100	5-6 meses	92	-0,9	3,92	1,99	307	1,4
Zanahorias	Sin madurar	0	98-100	4-6 sem	88	-1,4	3,78	1,94	294	2,2
	Maduras	0	98-100	5-9 meses						2,4
Coliflor		0	95	2-4 sem	92	-0,8	3,92	1,99	307	4,5
Apio-Nabo		0	95-100	3-4 meses	88	-0,9	3,78	1,94	294	2,2
Apio		0	98-100	1-2 meses	94	-0,5	3,98	2,02	314	9,8
Collards		0	95	10-14 días	87	-0,8	3,73	1,93	290	4,1
Maíz tierno		0	95-98	4-8 días	74	-0,6	3,31	1,76	247	8,6
Pepinos		+10 / +13	95	10-14 días	96	-0,5	4,06	2,04	320	3,3
Berenjena		+8 / +12	90-95	7-10 días	93	-0,8	3,95	2,00	310	
Escarola		0	95-100	2-3 sem	93	-0,1	3,95	2,00	310	11,2
V. Congeladas		-23 / -18		6 sem-2 mes						
Ajo seco		0	65-70	6-7 meses	61	-0,8	2,88	1,60	203	



V. Frondosas		0	95-100	10-14 días	93	-0,3	3,95	2,00	310	10,7
Rábano picante		-1 / 0	95-100	10-12 meses	75	-1,8	3,35	1,78	250	
Berza		0	95	3-4 sem	87	-0,5	3,75	1,93	290	4,3
Colirrábano		0	95	2-4 sem	90	-1,0	3,85	1,97	300	10,5
Puerros verdes		0	95	1-3 meses	85	-0,7	3,68	1,90	284	10,8
Lechuga, cogollo		0 / +1	95-100	2-3 sem	95	-0,2	4,02	2,03	317	11,7
Setas, champiñones		0	95	3-4 días	91	-0,9	3,88	1,98	304	7,2
Quinbomgo		+7 / +10	90-95	7-10 días	90	-1,8	3,85	1,97	300	
Cebollas	Verdes	0	95-100	3-4 sem	89	-0,9	3,82	1,95	297	1,0
	Secas	0	65-75	1-8 meses	88	-0,8	3,78	1,94	294	
Perejil		0	95-100	1-2 meses	85	-1,1	3,68	1,90	284	5,3
Chirivias		0	98-100	4-6 meses	79	-0,9	3,48	1,83	264	
Guisantes	Verdes	0	95	1-3 sem	74	-0,6	3,31	1,76	247	9,6
	Secos	10	70	6-8 meses	12		1,24	0,99		
Pimientos	Secos	0 / +10	60-70	6 meses	12		1,24	0,99		
	Tiernos	+7 / +13	90-95	2 sem	92	-0,7	3,92	1,99	307	3,2
Patatas	Tempranas	+10 / +13	90		81	-0,6	3,55	1,85	270	4,1
	De cosecha	+3 / +10	90-95	5-8 meses	78	-0,7	3,45	1,81	260	5,7
	Boniatos	+13 / +16	85-90	4-7 meses	69	-1,3	3,15	1,70	230	
Calabazas		+10 / +13	50-75	2-3 meses	91	-0,8	3,88	1,98	304	
Rábanos	Primavera	0	95	3-4 sem	95	-0,7	4,02	2,03	317	6,3
	Invierno	0	95-100	2-4 sem	95	-0,7	4,02	2,03	317	5,4
Ruibarbo		0	95	2-4 sem	95	-0,9	4,02	2,03	317	
Rutabaga		0	98-100	4-6 meses	89	-1,1	3,82	1,95	297	2,4
Salsifí		0	98-100	2-4 meses	79	-1,1	3,48	1,83	264	3,6
Espinacas		0	95-98	10-14 días	93	-0,3	3,95	2,00	310	11,1
Calabaza Turbante	De Bellota	+7 / +10	70-75	5-8 sem		-0,8				
	De Verano	+5 / +10	85-95	5-14 días	94	-0,5	3,98	2,02	314	
	De Invierno	+10 / +13	50-75	4-6 meses	85	-0,8	3,68	1,90	284	
Tomate	De Aliñar	+13 / +21	90-95	1-3 sem	93	-0,6	3,95	2,00	310	7,2
	Maduros	+7 / +10	90-95	4-7 días	94	-0,5	3,98	2,02	313	4,3



Nabos	Raíces	0	95	4-5 meses	92	-1,1	3,92	1,99	307	4,7
	Hojas	0	95	10-14 días	90	-0,2	3,85	1,97	300	6,9
Berros		0	95	3-4 días	93	-0,3	3,95	2,00	310	6,2
Ñarne		16	85-90	3-6 meses	74		3,31	1,76	247	
Frutas y Melones										
Manzanas		-1 / -4	90-95	3-8 meses	84	-1,1	3,65	1,89	280	1,9
Manzana seca		0 / +5	55-60	5-8 meses	24		1,64	1,14		
Albaricoques		0	90-95	1-2 sem	85	-1,1	3,68	1,90	284	1,3
Aguacates		+4 / +13	85-90	2-4 sem	65	-0,3	3,01	1,65	217	9,8
Plátanos			85-95		75	-0,8	3,35	1,78	250	10,1
Moras		-0,5 / 0	90-95	3 días	85	-0,8	3,68	1,90	284	5,8
Vaccinias		-1 / 0	90-95	2 sem	82	-1,6	3,58	1,86	274	
Melones Cantoloupes		+2 / +4	95	5-15 días	92	-1,2	3,92	1,99	307	1,3
Cerezas	Agrias	-1 / 0	90-95	3-7 días	84	-1,7	3,65	1,89	280	1,8
	Dulces	-1 / -0,5	90-95	2-3 sem	80	-1,8	3,51	1,84	267	1,8
Melón de Indias		+7 / +10	85-95	4-6 sem	93	-1,1	3,95	2,00	310	1,9
Arándanos		+2 / +4	90-95	2-4 meses	87	-0,9	3,75	1,93	290	1,5
Pasas de Corinto		-0,5 / 0	90-95	10-14 días	85	-1,0	3,68	1,90	284	
Dátiles curados		-18 / 0	<=75	6-12 meses	20	-15,7	1,50	1,09	67	
Dewberries		-1 / 0	90-95	3 días	85	-1,3	3,68	1,90	284	
Higos	Secos	0 / +4	50-60	9-12 meses	23		1,61	1,12	77	
	Verdes	-1 / 0	85-90	7-10 días	78	-2,4	3,45	1,81	260	
Fruta congelada		-23 / -18	90-95	6-12 meses						
Grosellas		-1 / 0	90-95	2-4 sem	89	-1,1	3,82	1,95	297	
Pomelo		+10 / +16	85-90	6-10 sem	89	-1,1	3,82	1,95	297	3,6
Uvas	Americanas	-1 / 0	85-90	2-8 sem	82	-1,6	3,58	1,86	274	4,3
	Viníferas	-1	90-95	3-6 meses	82	-2,1	3,58	1,86	274	4,3
Guayaba		+5 / +10	90	2-3 sem	83		3,61	1,88	277	
Melones Honeydew		+7 / +10	90-95	3-4 sem	93	-0,9	3,95	2,00	310	2,0
Limones		0 / +10	85-90	1-6 meses	89	-1,4	3,82	1,95	297	3,5
Limas		+9 / +10	85-90	6-8 sem	86	-1,6	3,72	1,92	287	3,4



Mangos		13	85-90	2-3 sem	81	-0,9	3,55	1,85	270	
Nectarinas		-0,5 / 0	90	2-4 sem	82	-0,9	3,58	1,86	274	3,8
Aceitunas frescas		+7 / +10	85-90	4-6 sem	75	-1,4	3,35	1,78	250	1,0
Naranjas		7	85-90	3-12 sem	87	-0,8	3,75	1,93	290	1,7
Papayas		7	85-90	1-3 sem	91	-0,8	3,88	1,98	304	
Melocotones		-0,5 / 0	90-95	2-4 sem	89	-0,9	3,82	1,95	397	2,1
Melocotones secos		0 / +5	55-60	5-8 meses	25		1,67	1,15		
Peras		-1,6 / -0,5	90-95	2-7 meses	83	-1,6	3,61	1,88	277	0,9
Melones, Persas		+7 / +10	90-95	2 sem	93	-0,8	3,95	2,00	310	2,0
Caquis		-1	90	3-4 meses	78	-2,2	3,45	1,81	260	2,1
Piña tropical madura		7	85-90	2-4 sem	85	-1,0	3,68	1,90	284	
Ciruelas		-1 / 0	90-95	2-4 sem	86	-0,8	3,72	1,92	287	0,64
Granadas		5	90-95	2-3 meses	82	-3,0	3,58	1,86	274	
Ciruela pasa	Fresca	-1 / 0	90-95	2-4 sem	86	-0,8	3,72	1,92	287	
	Seca	0 / +5	55-60	5-8 meses	28		1,77	1,19		
Membrillo		-1 / 0	90	2-3 meses	85	-2,0	3,68	1,90	284	1,4
Uvas pasa					18		1,44	1,06		
Frambuesas	Negras	-0,5 / 0	90-95	2-3 días	81	-1,1	3,55	1,85	270	6,4
	Rojas	-0,5 / 0	90-95	2-3 días	84	-0,6	3,65	1,89	280	6,4
Fresas		-0,5 / 0	90-95	5-7 días	90	-0,8	3,85	1,97	300	5,5
Mandarinas		4	90-95	2-4 sem	87	-1,1	3,75	1,93	290	3,8
Sandías		+10 / +15	90	2-3 sem	93	-0,4	3,95	2,00	310	1,9
Pescado										
Bacalao, Perca		-1 / +1	95-100	12 días	81	-2,2	3,55	1,85	270	
Merluza, Pescadilla		0 / +1	95-100	10 días	81	-2,2	3,55	1,85	270	
Halibut		-1 / +1	95-100	18 días	75	-2,2	3,35	1,78	250	
Arenque	En cecina	0 / +2	80-90	10 días	61	-2,2	2,88	1,60	203	
	Ahumado	0 / +2	80-90	10 días	64	-2,2	2,98	1,64	213	
Caballa		0 / +1	95-100	6-8 días	65	-2,2	3,01	1,65	217	
Salmón		-1 / +1	95-100	18 días	64	-2,2	2,98	1,64	213	
Atún		0 / +2	95-100	14 días	70	-2,2	3,18	1,71	233	



Pescado congelado		-29 / -18	90-95	6-12 meses					
Marisco									
Carne de concha		0 / +1	95-100	12 días	80	-2,2	3,51	1,84	267
Gamba		-1 / +1	95-100	12-14 días	76	-2,2	3,38	1,79	254
Langosta Americana		+5 / +10	Agua mar	Indefinidamente	72	-2,2	3,48	1,83	264
Ostras, Almejas		0 / +2	100	5-8 días	87	-2,2	3,75	1,93	290
Ostra entera		+5 / +10	95-100	5 días	80	-2,8	3,51	1,84	267
Marisco congelado		-29 / -18	90-95	3-8 meses					
Mejillón	Fresco	-1 / -0,5	85-95	3-7 días		-2,2	3,62		277
	Congelado	-18 / -29	90-95	3-8 meses		-2,2		1,88	277
Carne (Vacuno)									
Fresco promedio		0 / +1	88-92	1-6 sem	62 a 77	-2,2 a -2,7	2,9 a 3,4	1,6 a 1,8	206 a 257
Canal de vacuno	Selecto, Magro 60%	0 / +4	85-90	1-3 sem	49	-1,7	2,48	1,45	163
	Primera, Magro 54%	0 / +1	85	1-3 sem	45	-2,2	2,34	1,40	150
Solomillo (Selecto)		0 / +1	85	1-3 sem	56		2,71	1,54	187
Redondo (Selecto)		0 / +1	85	1-3 sem	67		3,08	1,68	223
Picado (Seco)		+10 / +15	15	6-8 sem	48		2,44	1,44	160
Hígado		0	90	5 días	70	-1,7	3,18	1,71	233
Ternera, Magro 81%		0 / +1	90	1-7 días	66		3,05	1,66	220
Buey, congelado		-23 / -18	90-95	6-12 meses					
Carne (Porcino)									
Fresco promedio		0 / +1	85-90	3-7 días	32 a 44	-2,2 a -2,7	1,9 a 2,3	1,2 a 1,4	107 a 147
Canal, Magro 47%		0 / +1	85-90	3-5 días	37		2,07	1,30	123
Flanco, Magro 35%		0 / +1	85	3-5 días	30		1,84	1,21	100
Tocino, Grasa 100%		0 / +1	85	3-7 días	8		1,10	0,94	
Paletilla, Magro 67%		0 / +1	85	3-5 días	49	-2,2	2,48	1,45	163
Cerdo, congelado		-23 / -17	90-95	4-8 meses					
Jamón	Magro 74%	0 / +1	80-85	3-5 días	56	-1,7	2,71	1,54	187
	Poco curado	+3 / +5	80-85	1-2 sem	57		2,74	1,55	190
	Estilo Campesino	+10 / +15	65-70	3-5 meses	42		2,24	1,36	140



	Congelado	-23 / -18	90-95	6-8 meses						
Tocino Entreverado	Semigraso	+3 / +5	80-85	2-3 sem	19		1,47	1,07	63	
	Estilo Campesino	+16 / +18	85	4-6 meses	13 a 20		1,3 a 1,5	1,0 a 1,1	43 a 67	
	Estilo Industrial	+1 / +4	85	2-6 sem						
	Congelado	-23 / -18	90-95	2-4 meses						
Salchichas	En ristras	0 / +1	85	1-7 días	38		2,11	1,31	127	
	Campes, Ahumad	0	85	1-3 sem	50	-3,9	2,51	1,46	167	
Frankfurts	Medias	0	85	1-3 sem	56	-1,7	2,71	1,54	187	
	Estilo Polaco	0	85	1-3 sem	54		2,64	1,51	180	
Carne (Lanar)										
Fresca promedio		0 / +1	85-90	5-12 días	60 a 70	-2,2	2,8 a 3,2	1,6 a 1,7	200 a 233	
Selecto, Magro 67%		0	85	5-12 días	61	1,9	2,88	1,60	203	
Pierna, Selecta Magra 83%		0	85	5-12 días	65		3,01	1,65	217	
Congelada		-23 / -18	90-95	8-12 meses						
Carne (Aves)										
Aves frescas promedio		-2 / 0	95-100	1-4 sem	74	-2,8	3,31	1,76	247	
Pollo		-2 / 0	95-100	1-4 sem	74	-2,8	3,31	1,76	247	
Pavo		-2 / 0	95-100	1-4 sem	64	-2,8	2,98	1,64	213	
Pato		0	95-100	1 sem	69	-2,8	3,15	1,70	230	
Aves congeladas		-23 / -18	90-95	12 meses						
Carne (Varios)										
Conejos frescos		0 / +1	90-95	1-5 días	68	-2,7	3,11	1,69	227	
Productos lácteos										
Mantequilla	Fresca	0	75-85	1 mes	16	-20 a -0,6	1,37	1,04	53	
	Congelada	-23	70-85	12 meses						
Queso Cheddar	Almacén, L.Durac	0 / +1	65	12 meses	37	-13	2,07	1,30	123	
	Almacén, C.Durac	4,4	65	6 meses	37	-13	2,07	1,30	123	
	Procesado	4,4	65	12 meses	39	-7,2	2,14	1,32	130	
	Rallado	4,4	65	12 meses	31		1,87	1,22	103	
Helado, 10% grasa		-29 / -26		3-23 meses	63	-5,6	2,95	1,63	210	
Leche entera pasteurizada Clase A		0 / +1		2-4 meses	87	-0,6	3,75	1,93	290	



Leche en polvo entera	+21	Baja	6-9 meses	2		0,90	0,86	67	
Leche en polvo desnatada	+7 / +21	Baja	16 meses	3		0,94	0,89	10	
Leche evaporada	+4		24 meses	74	-1,4	3,31	1,76	247	
Leche evaporada sin azúcar	+21		12 meses	74	-1,4	3,31	1,76	247	
Leche condensada con azúcar	+4		15 meses	27	-1,5	1,74	1,17	90	
Leche Suero en polvo	+21	Baja	12 meses	5		1,00	0,90	17	
Productos avícolas									
Huevos con cáscara	-2 / 0	80-85	5-6 meses	66	-2,2	3,05	1,66	220	
Huevos Fresas de granja	+10 / +13	70-75	2-3 sem	66	-2,2	3,05	1,66	220	
Huevos congelados enteros	<= -18		más de 1 año	74		3,31	1,76	247	
Huevos congelados yema	<= -18		más de 1 año	55		2,68	1,53	183	
Huevos congelados clara	<= -18		más de 1 año	88		3,78	1,94	294	
Huevos sólidos, Huevo entero	+2 / +4	Baja	6-12 meses	2 a 4		0,94	0,87	10	
Sólidos de yema	+2 / +4	Baja	6-12 meses	3 a 5		0,97	0,89	13	
Sólidos albúmina escamas	Ambiente	Baja	más de 1 año	12 a 16		1,30	1,01	47	
Sólidos albúmina pulverizada	Ambiente	Baja	más de 1 año	5 a 8		1,05	0,92	22	
Confitería									
Chocolate con leche	-18 / +1	40	6-12 meses	1		0,87	0,85	3,3	
Peanut brittle	-18 / +1	40	1,5-6 meses	2		0,90	0,86	6,7	
Fudje	-18 / +1	65	5-12 meses	10		1,17	0,96	33	
Marshmallows	-18 / +1	65	3-9 meses	17		1,40	1,05	57	
Diversos									
Comida de alfalfa	<= -18	70-75	más de 1 año						
Cerveza de barril	+2 / +4		3-8 sem	90	-2,2	3,85	1,97	300	
Cerveza en botellas o botes	+2 / +4	<= 65	3-6 sem	90	-2,2	3,85	1,97	300	
Pan	-18		3-13 sem	32 a 37		1,99	1,27	106 a 123	
Conservas en bote	0 / +16	<= 79	1 año						
Cacao	0 / +4	50-70	más de 1 año						
Coco	0 / +2	80-85	1-2 meses	47	-0,9	2,41	1,43	157	
Café verde	+2 / +3	80-85	2-4 meses	10 a 15		1,17 a 1,34	0,96 a 1,03	33 a 50	
Piel y tejidos	+1 / +4	45-55	varios años						



Miel	<= +10		más de 1 año	17		1,4	1,05	57	
Lúpulo	-2 / 0	50-60	varios años						
Manteca	+7	90-95	4-8 meses	0					
Manteca sin antioxidante	-18	90-95	12-14 meses	0					
Jarabe de arce				33		1,94	1,25	110	
Frutos secos	0 / +10	65-75	8-12 meses	3 a 6		0,94 a 1,04	0,88 a 0,91	10 a 20	
Aceite para aliñar	+21		más de 1 año	0					
Oleomargarina	+2	60-70	más de 1 año	16		1,37	1,04	53	
Zumo de naranja			3-6 sem	89		3,82	1,95	297	
Granos de maíz	0 / +4	85	4-6 sem	10		1,17	0,96	33	
Levadura panadería	-0,6 / 0			71		3,21	1,73	237	
Tabaco	Barril	+10 / +18	50-65	1 año					
	Balas	+2 / +4	70-85	1-2 años					
	Cigarrillos	+2 / +8	50-55	6 meses					
	Cigarros	+2 / +10	60-65	2 meses					

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990
 "Instalaciones Frigoríficas" de Luis Ruiz de Gauna y otros



9.1.4. POTENCIA DE LA INSTALACIÓN

$N_R \equiv$ Potencia de la instalación

Considerando un funcionamiento medio máximo de “t” horas al día y la potencia disipada por los motoventiladores de los evaporadores, tenemos que la potencia frigorífica necesaria será:

$$N_R = \dot{Q}_{TOTAL} \cdot \frac{24}{t} + P_V$$

Donde:

P_V = Potencia de los ventiladores

t = Número de horas de funcionamiento medio máximo diario (normalmente se consideran 16 o 18 horas)

9.1.4.1. Número de horas de funcionamiento al día “t”

La instalación no funciona las 24 horas del día debido:

- Desescarches:

Generalmente suele haber 4 o 5 desescarches al día de una duración de 15 a 30 minutos cada uno. Mientras dura el desescarche no funciona la instalación.

Por tanto al día se considera que se invierten 2 horas en desescarches.

- No castigar el producto:

Tener todo el día funcionando el evaporador castigaría mucho al producto. Por lo que de vez en cuando se debe parar.

Consideraremos que se para unas 2 horas al día.

- Imprevistos:

Es conveniente considerar posibles imprevistos en la marcha de la instalación.

Reservaremos 2-4 horas al día para estas posibles situaciones.

Por tanto una instalación está en marcha unas 16-18 horas al día. En estas horas debe dar toda la potencia calculada para todo el día. Cuanto menor número de horas consideremos de funcionamiento, mayor potencia deberá dar la instalación y mayor margen tendremos.

Nosotros consideraremos 16 horas al día.

9.1.4.2. Potencia de los ventiladores y de desescarche del evaporador y elección del evaporador

Al realizar el balance térmico no se conoce la potencia de los ventiladores del evaporador ni la potencia de desescarche, ya que el evaporador se elige en función de la potencia frigorífica necesaria.

Por tanto es un proceso iterativo, en el cual en primer lugar se calcula el balance térmico sin considerar ambas potencias (o bien suponerlas con un determinado valor inicial). Con ese balance térmico se elige el evaporador, del cual se conoce la potencia de los ventiladores y de desescarche. Se recalcula el balance térmico con los datos del evaporador y se comprueba que el evaporador elegido es válido o hay que elegir otro evaporador.



9.1.5. FACTOR DE SEGURIDAD (NÚMEROS ÍNDICE)

Siempre hay que aplicar un factor de seguridad a la carga térmica necesaria para compensar posibles situaciones excepcionales no contempladas en el diseño.

Tipo de aplicación	Carga frigorífica total (kW por 1000 m ³)
Almacenamiento de congelados	2,5 a 15
Almacenamiento de fresco	10 a 15
Muelle de carga	15 a 25
Sala de procesado	20 a 60

Nosotros consideraremos un factor de seguridad del 10%

9.2. CÁLCULO BALANCE TÉRMICO CÁMARAS Y OBRADORES

9.2.1. DATOS GENERALES

- Condiciones ambientales:
 - Temperatura: 25°C
 - Humedad relativa: 60%
- Temperatura suelo: 20°C
- Horas de funcionamiento al día: 16 horas
- Aislamiento
 - o Paredes y techo
 - Cámaras refrigeración: Panel poliuretano expandido de 80 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Cámaras congelación: Panel poliuretano expandido de 150 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,16 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Obradores: Panel poliuretano expandido de 60 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - o Suelo
 - Cámaras refrigeración: Placas poliuretano expandido de 50 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,48 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Cámaras congelación: Placas poliuretano expandido de 100 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Obradores: Placas poliuretano expandido de 50 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,48 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Altura interior
 - o Cámaras: 2,40 m
 - o Obradores: 3,00 m



9.2.2. CAPACIDAD DE UNA CÁMARA

La capacidad de la cámara se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q = q \cdot V$$

Q = capacidad de la cámara en kg

V = volumen de la misma en m³

q = capacidad específica del producto a conservar en kg/m³

El valor de “q” lo deducimos de las tablas de Graff, teniendo en cuenta la necesidad de renovación de aire, las características del producto almacenado y el tipo de almacenamiento empleado.

Los valores que se suelen coger de q son:

REFRIGERACIÓN q = 250 kg/m³

CONGELACIÓN q = 300 kg/m³

9.2.3. ROTACIÓN DE PRODUCTOS

Por norma general se suele considerar una rotación de 1/5 o 1/6 al día de la capacidad de la cámara.

Nosotros tomaremos como rotación 1/5.



10. PUNTOS DE FRÍO (SERVICIOS) Y TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO

10.1. INTRODUCCIÓN

Dentro de una instalación frigorífica hay un evaporador por mueble frigorífico y uno o varios por cámara.

Los puntos de frío o servicios son el conjunto de evaporadores que funcionan bajo el control de un mismo termostato.

Cada punto de frío implica los siguientes accesorios:

- Termostato
- Llave de seccionamiento en la línea de líquido
- Filtro deshidratador-antiácido en la línea de líquido
- Visor de líquido en la línea de líquido
- Válvula solenoide en la línea de líquido
- Válvula reguladora de presión de aspiración en la línea de aspiración (sólo del “Fabricador de hielo”)
- Llave de seccionamiento tipo “esfera” de baja pérdida de carga en la línea de aspiración

Idealmente lo mejor sería que cada evaporador fuese un punto de frío diferente ya que el control sería mejor, pero esto sin embargo encarece mucho la instalación ya que sería necesario instalar por cada evaporador los anteriores accesorios.

En la práctica se procede a agrupar los evaporadores un menor número de puntos de frío. Es importante reseñar que en un punto de frío sólo puede haber evaporadores pertenecientes a la misma línea, es decir, evaporadores de muebles que estén juntos, su régimen de temperatura sea el mismo y que conserven el mismo tipo de producto.

A la hora de definir el número de puntos de frío o servicios, se sigue el siguiente criterio:

- Un punto de frío por cámara u obrador
- En muebles, un punto de frío estará formado por tal número de muebles cuya longitud no sea excesiva por encima de 11m.

En el plano de implantación adjunto están definidos los puntos de frío del hipermercado. En las siguientes tablas se especifican todos los puntos de frío con su composición de muebles, temperatura de funcionamiento, potencia frigorífica y diámetros de las tuberías de aspiración y líquido.



10.2. PUNTOS DE FRÍO CENTRAL POSITIVA

Nº	SERVICIO	MODELO	Tª	MODULACIÓN	LONGITUD	W/m (TE - 10°C)	W línea	Líquido	Aspiración	Filtro + visor	Desescarche
1	Mural frutas y verduras I	VLNB2-8	+2/+4 °C	4+4	5	703,8	3519,00	3/8"	7/8"	3/8"	Natural
2	Mural frutas y verduras II	VLNB2-7	+2/+4 °C	3+4	4,375	703,8	3079,13	3/8"	7/8"	3/8"	Natural
3	Mural pescado A.S.	VLNB1-12	-1/+1 °C	6+6	7,5	1237,4	9280,50	1/2"	1 1/8"	1/2"	Natural
4	Mostrador pescado fresco y marisco	-----	Hielo	---	8,865	290	2570,85	3/8"	7/8"	3/8"	Natural
5	Mural carne A.S.	VLNB1-15	-1/+1 °C	3+6+6	9,375	1237,4	11600,63	5/8"	1 3/8"	5/8"	Natural
6	Mural charcutería	VLNB2-16	0/+2 °C	6+4+6	10	1005,1	10051,00	1/2"	1 1/8"	1/2"	Natural
7	Vitrina carne tradicional	HFSC1-6	-1/+1 °C	6	3,75	236,9	888,38	1/4"	5/8"	1/4"	Natural
8	Vitrina charcutería tradicional	HFSC1-14	-1/+1 °C	6+4+4	8,75	236,9	2072,88	3/8"	7/8"	3/8"	Natural
9	Vitrina quesos tradicional	HFSC1-4	-1/+1 °C	4	2,5	236,9	592,25	1/4"	1/2"	1/4"	Natural
10	Mural lácteos I	VLNB2-14	0/+2 °C	4+4+6	8,75	1005,1	8794,63	1/2"	1 1/8"	1/2"	Natural
11	Mural lácteos II	VLNB2-13	0/+2 °C	3+4+6	8,125	1005,1	8166,44	1/2"	2 1/8"	1/2"	Natural
12	Mural pastel A.S.	VLNB1-9	-1/+1 °C	3+6	5,625	1237,4	6960,38	1/2"	1 1/8"	1/2"	Natural
					TOTAL LONG.	82,615	TOTAL W	67576,04			



Nº	SERVICIO	Tª	Volumen m ³	W (TE -10°C)	W/m ³	Líquido	Aspiración	Filtro + visor	Evaporador	Desescarche
13	Cámara frutas y verduras	5	32,93	3299,29	100,20	3/8"	7/8"	3/8"	PIAN 57	Natural
14	Cámara pescado	0	21,62	2116,15	97,86	3/8"	7/8"	3/8"	PIMS 40	Eléctrico
15	Cámara basuras	0	11,04	1934,11	175,19	3/8"	7/8"	3/8"	PIMN 18	Eléctrico
16	Cámara carnes	0	26,28	2267,50	86,28	3/8"	7/8"	3/8"	PIAN 57	Eléctrico
17	Cámara curados	5	26,42	1701,23	64,38	3/8"	7/8"	3/8"	FRM 240	Natural
18	Cámara quesos	5	18,67	715,14	38,30	1/4"	1/2"	1/4"	PIAN 29	Natural
19	Cámara lácteos	5	57,53	2025,30	35,21	3/8"	7/8"	3/8"	PIAN 57	Natural
			TOTAL W	14058,71						

Nº	SERVICIO	Tª	Volumen m ³	W (TE -10°C)	W/m ³	Líquido	Aspiración	Filtro + visor	Evaporador	Desescarche
20	Obrador fruta	12	35,49	2465,74	69,48	1/2"	7/8"	1/2"	PIAN 29	---
21	Obrador pescado	12	30,42	2476,88	81,42	3/8"	7/8"	3/8"	PIAN 29	---
22	Obrador carne	12	33,30	4150,28	124,63	3/8"	7/8"	3/8"	PIAN 57	---
23	Obrador charcutería	12	30,12	3132,27	103,99	3/8"	7/8"	3/8"	PIAN 57	---
			TOTAL W	12225,17						



10.3. PUNTOS DE FRÍO CENTRAL NEGATIVA

Nº	SERVICIO	MODELO	Tª	MODULACIÓN	LONGITUD	W/m (TE - 35°C)	W línea	Líquido	Aspiración	Filtro + visor	Desescarche
24	Isla doble Hel./Cong. I	GAS5-14+C	-23/-25 °C	6+4+4+C	10,904	432,4	4714,889 6	3/8"	1 3/8"	3/8"	Eléctrico
25	Isla doble Hel./Cong. II	GAS5-14+C	-23/-25 °C	6+4+4+C	10,904	432,4	4714,889 6	3/8"	1 3/8"	3/8"	Eléctrico
26	Isla doble Hel./Cong. III	GAS5-10+C	-23/-25 °C	6+4+C	8,404	432,4	3633,889 6	3/8"	1 3/8"	3/8"	Eléctrico
27	Isla doble Hel./Cong. IV	GAS5-10+C	-23/-25 °C	6+4+C	8,404	432,4	3633,889 6	3/8"	1 1/8"	3/8"	Eléctrico
					TOTAL LONG.	38,616	TOTAL W	16697,56			

Nº	SERVICIO	Tª	Volumen m ³	W (TE -35°C)	W/m ³	Líquido	Aspiración	Filtro + visor	Evaporador	Desescarche
28	Cámara congelado pescado	-20	32,64	1793,12	54,94	1/4"	0 1/8"	1/4"	FRB 200	Eléctrico
29	Cámara congelados	-25	30,82	2292,60	74,40	3/8"	1 1/8"	3/8"	FRL 380	Eléctrico
				TOTAL W	4085,72					

11. VÁLVULAS DE EXPANSIÓN

11.1. TIPOS DE DISPOSITIVOS DE EXPANSIÓN

Un componente fundamental e indispensable de cualquier sistema de refrigeración es el control de flujo o dispositivo de expansión. Sus principales propósitos son:

- Permitir el flujo de refrigerante al evaporador a la razón necesaria para remover el calor de la carga.
- Mantener el diferencial de presión apropiado entre los lados de alta y baja en el sistema de refrigeración.

CINCO TIPOS PRINCIPALES DE DISPOSITIVOS DE EXPANSIÓN:

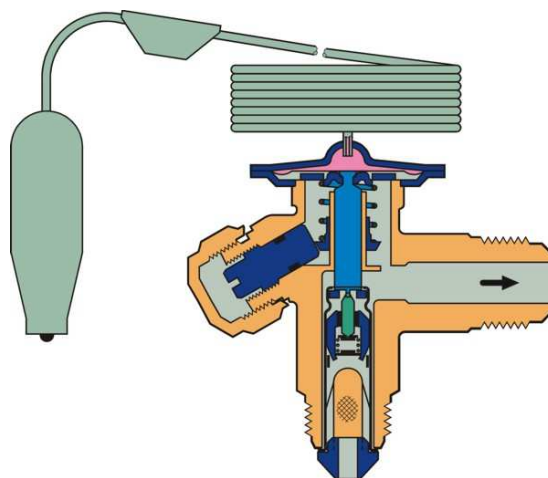
- VÁLVULA DE EXPANSIÓN AUTOMÁTICA.
- VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA.
- TUBO CAPILAR.
- FLOTADOR DE BAJA.
- FLOTADOR DE ALTA.

Existe también un dispositivo de expansión manual, que obviamente, no es apropiada para el funcionamiento automático de sistemas de refrigeración de baja capacidad, pero si son muy utilizadas en la refrigeración industrial.

A continuación analizaremos la válvula termostática que es el dispositivo más utilizado en la actualidad.

11.2. VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICAS

Debido a su alta eficiencia y a lo fácil de adaptarse a cualquier tipo de aplicaciones de refrigeración, la válvula de expansión termostática, es probablemente la que más se usa en la actualidad para el control del flujo de refrigerante. Su habilidad para proporcionar un amplio y efectivo uso de la superficie del evaporador bajo todas las condiciones de carga, la válvula de expansión termostática es prácticamente adecuada para control refrigerante en sistemas que están sujetos a grandes variaciones de carga.

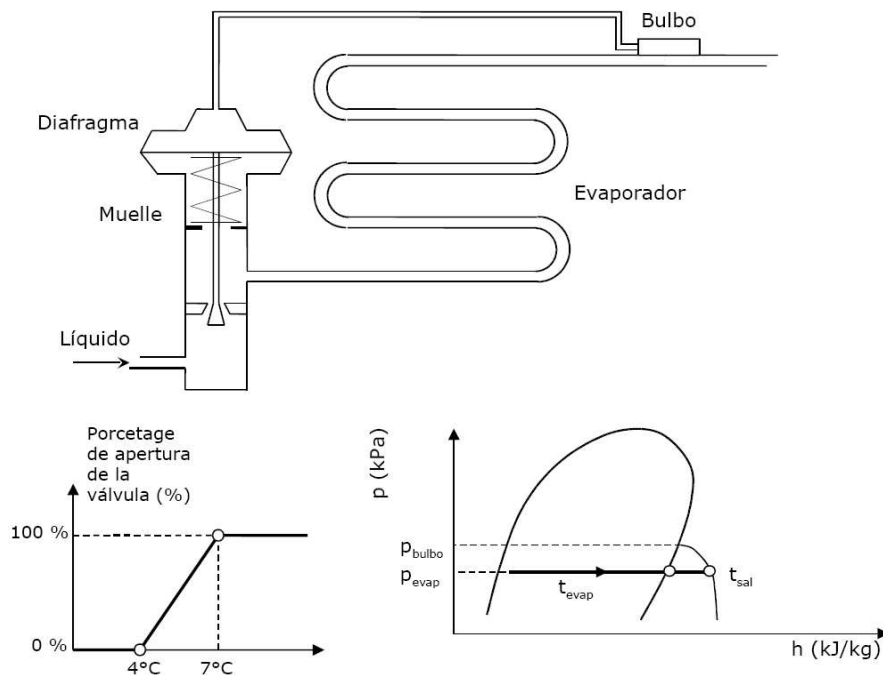


Sus componentes principales son: una aguja y asiento, fuelle o diafragma de presión, un bulbo remoto cargado con cierto fluido el cual está abierto en el lado del fuelle o diafragma a través de un tubo capilar y un resorte, cuya tensión es ajustada por un tornillo de ajuste. Normalmente un filtro va ubicado en la entrada de líquido a la válvula para evitar la entrada de material extraño que perjudique el buen funcionamiento de la válvula.

Funciones

- Restringe el paso de líquido
 - Genera una caída de presión
- Regula la alimentación de líquido al evaporador
- Controla el sobrecalentamiento
 - Responde solo a temperatura y presión
- No controla: Temperatura, presión, capacidad

11.2.1. FUNCIONAMIENTO



11.2.1.1. Efectos del sobrecalentamiento

Para explicar el funcionamiento de la válvula de expansión, utilizaremos un sistema de refrigeración con R-134a.

Si al inicio de la operación se abre ligeramente la válvula de expansión manual, alimentará al evaporador una pequeña cantidad de refrigerante líquido a baja presión y a baja temperatura, como se muestra en la figura 6.6.

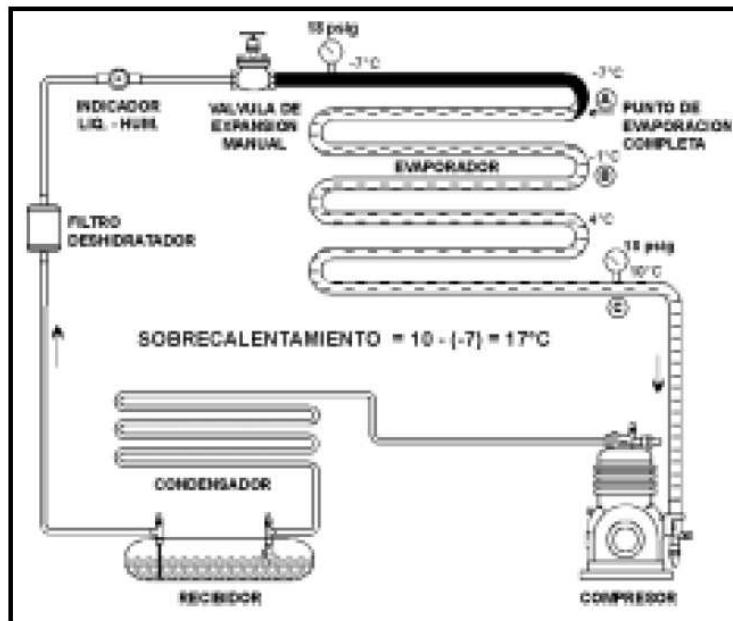


Figura 6.6 - Sistema de refrigeración con alto sobrecalentamiento.

Como la temperatura del aire que pasa a través del serpentín, es más alta que la del refrigerante, este calor causará que primero se caliente y luego se evapore. Como es poco el líquido que está entrando al evaporador, rápidamente se evaporará todo muy cerca de la entrada (punto A). Si la presión dentro del evaporador es de 18 psig (225 kPa), la temperatura de ebullición (saturación) correspondiente a esta presión será de -7°C .

Una vez en forma de vapor, el refrigerante seguirá su recorrido por el evaporador recogiendo calor sensible, el cual le aumentará su temperatura y lo sobrecalentará.

En el punto B, se supone que su temperatura es de -1°C por lo tanto, su sobrecalentamiento es de 6°C . A la salida del evaporador (punto C), la temperatura del gas de succión es de 10°C , por lo que el sobrecalentamiento será la diferencia entre esta temperatura y la de saturación, correspondiente a 18 psig; es decir, $10 - (-7) = 17^{\circ}\text{C}$.

Hasta aquí, se pueden observar dos cosas: el sobrecalentamiento es muy alto, ya que para un sistema de este tipo lo normal sería de 5 ó 6°C . Por otro lado, no se está aprovechando al máximo la superficie del evaporador para recoger calor latente, debido a que el refrigerante se evapora casi en la entrada y recorre la mayor parte en forma de vapor, recogiendo calor sensible. Por lo tanto, es necesario alimentar una mayor cantidad de líquido.

Para esto, es necesario abrir un poco más la válvula de expansión manual. Al entrar más líquido al evaporador, aumentará la presión de succión de 18 a 21 psig, ya que aumenta la carga en el compresor, y por lo tanto, aumenta la temperatura de saturación como se muestra en la figura 6.7.

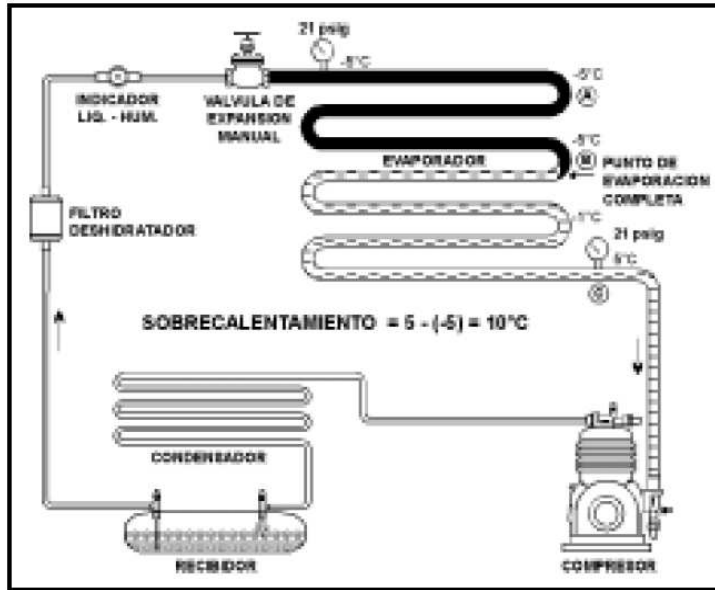


Figura 6.7 - Aumentar el flujo reduce el sobrecalentamiento.

Si el aumento del flujo de líquido es tal, que se evapora todo en el punto B, el vapor formado recorre menos distancia dentro del evaporador y su sobrecalentamiento será menor. Si la temperatura del gas de succión en el punto C es de 5 °C, el sobrecalentamiento será de (5)-(-5)=10 °C, el cual todavía es alto.

Si nuevamente abrimos la válvula de expansión manual, pero esta vez lo suficiente para que el evaporador se llene de líquido, como se muestra en la figura 6.8, se presentarán las siguientes condiciones: aumentan la presión y la temperatura, se reduce la capacidad del compresor, se desperdicia refrigerante y no hay sobrecalentamiento, ya que el refrigerante sale a la misma temperatura que entra. Pero lo más preocupante es la probabilidad de un daño al compresor, a causa del regreso de refrigerante líquido.

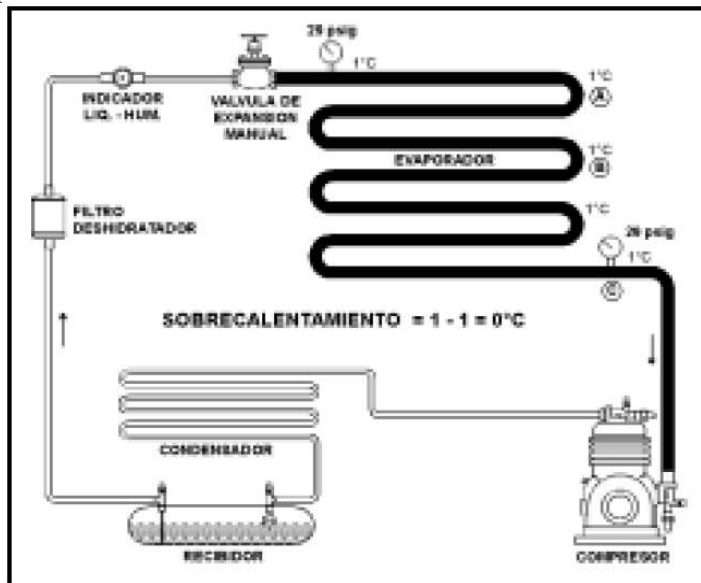


Figura 6.8 - Demasiado flujo provoca regreso de líquido al compresor.

Por todo lo anterior, se concluye que la condición más adecuada a que debe funcionar un evaporador, es que se evapore totalmente el refrigerante un poco antes de salir de éste. De esta manera, se aprovechará al máximo la superficie de transmisión de

calor latente, y se asegurará que al compresor le llegue únicamente vapor sobrecalentado.

En la figura 6.9 se muestra esta condición, donde se puede apreciar que el sobrecalentamiento es de 5 °C, lo cual es un valor aceptable.

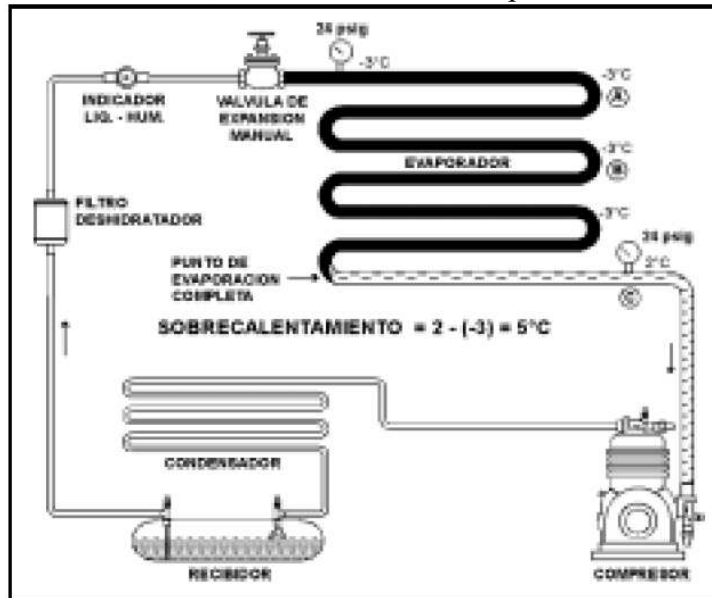


Figura 6.9 - Un flujo adecuado da un sobrecalentamiento correcto.

Antiguamente, cuando la válvula de expansión manual era el único dispositivo de control disponible, era muy complicado y tedioso mantener esta condición en el evaporador, debido a las variaciones en la carga térmica.

Un operador debía estar casi permanentemente abriendo o cerrando la válvula para mantener el sobrecalentamiento adecuado. En la actualidad, con la válvula de termo expansión se puede lograr una condición muy aproximada a la ideal, ya que regula de manera automática la alimentación de refrigerante al evaporador, manteniendo un sobrecalentamiento casi constante en la salida.

Como se muestra en la figura 6.10, para que la VTE funcione adecuadamente, el bulbo sensor deberá instalarse en una posición correcta en la línea de succión, a la salida del evaporador.

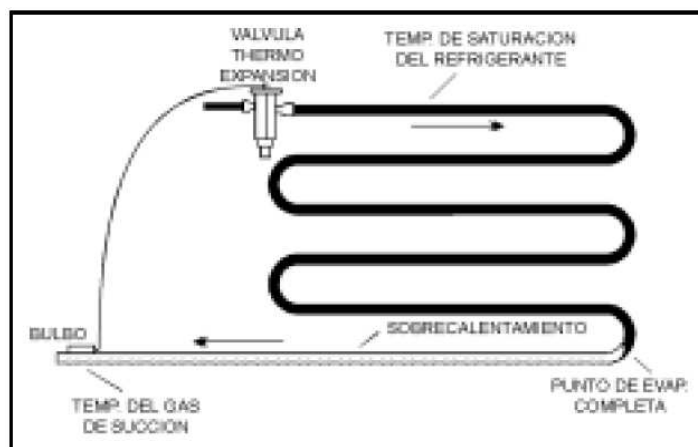


Figura 6.10 - Válvula de termo expansión instalada a la entrada del evaporador.

11.2.1.2. Partes principales

Las partes principales de una válvula de termo expansión son: el bulbo remoto, el diafragma, las varillas de empuje, el asiento, la aguja, el resorte, la guía del resorte y el vástago de ajuste. La figura 6.11, es un dibujo de corte transversal de una VTE típica, mostrando la ubicación de estas partes principales. El vástago de ajuste sirve para variar la presión del resorte. Si se gira en el sentido del reloj, aumenta la tensión del resorte, y por lo tanto, su presión; si se gira en el sentido contrario, disminuye la presión del resorte.

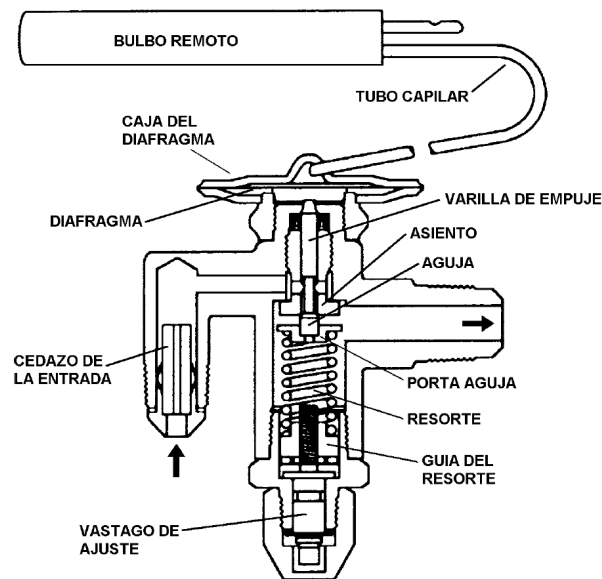


Figura 6.11 - Corte de una válvula de termo expansión típica y sus partes principales.

11.2.1.3. Principios de operación

Observando detenidamente la figura 6.10, se puede ver que el bulbo remoto está conectado a la parte superior de la VTE mediante un tubo capilar. El bulbo se ubica en la línea de succión, justo a la salida del evaporador. El bulbo y el capilar contienen un fluido (carga) que puede ser líquido o gaseoso, el cual «siente» la temperatura del gas de succión que pasa por este punto. En esta posición, el bulbo y el fluido dentro de éste, tienen aproximadamente la misma temperatura del gas de succión. Los cambios de temperatura causan que aumente o disminuya la presión del fluido dentro del bulbo.

Observando ahora la figura 6.11, la presión del bulbo es ejercida sobre la parte superior del diafragma; éste a su vez, transmite ese movimiento a la parte superior del porta aguja mediante las varillas de empuje. Por otro lado, un resorte ejerce una fuerza en la parte inferior del porta aguja, la cual se opone a la del bulbo.

Una vez en operación, el funcionamiento de la VTE es de la siguiente manera: cuando aumenta la presión del bulbo, el diafragma es empujado hacia abajo, las varillas de empuje «empujan» el porta aguja, vencen la fuerza del resorte y alejan la aguja del asiento, abriendo de esta manera la válvula y permitiendo el paso de líquido hacia el evaporador. Cuando disminuye la presión del bulbo, la fuerza del resorte es mayor que

la del bulbo y empuja el porta aguja acercando la aguja al asiento, con lo cual se cierra la válvula y disminuye el flujo de líquido hacia el evaporador.

Por lo anterior, pudiera deducirse que en la operación de una válvula de termo expansión actúan dos presiones: la del bulbo oponiéndose a la del resorte. En realidad, en la operación de una válvula de termo expansión intervienen tres presiones fundamentales: la presión del bulbo, la presión del resorte y la presión del EVAPORADOR. En la figura 6.12, se ilustra cómo actúan estas tres presiones fundamentales. La presión del bulbo actúa en la parte superior del diafragma y tiende a abrir la válvula, la presión del resorte y la del evaporador actúan en la parte inferior del diafragma y tienden a cerrar la válvula. Para que haya un equilibrio entre estas tres presiones, la presión del bulbo debe ser igual a la suma de las presiones del evaporador y del resorte.

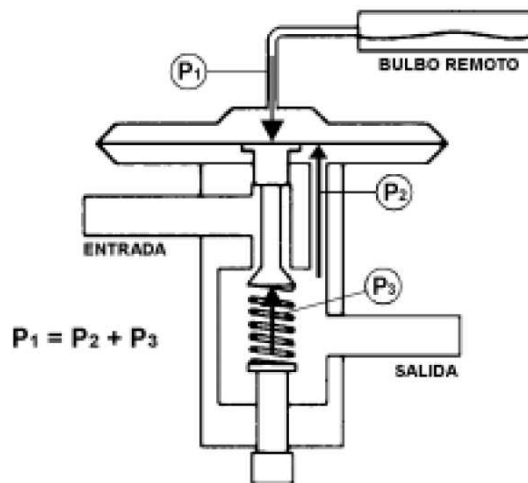


Figura 6.12 - Las tres presiones fundamentales en una válvula de termo expansión.

Como se mencionó arriba, la carga del bulbo está a la misma temperatura que el gas de succión, y si el gas de succión está sobrecalentado, entonces la temperatura de la carga es mayor que la de saturación; es decir, la temperatura de la carga del bulbo es la suma de la temperatura de saturación más la del sobrecalentamiento. De esta manera, la presión del bulbo (P_1) es mayor que la del evaporador (P_2). Si el sobrecalentamiento es lo suficientemente alto, la presión del bulbo superará a la del resorte (P_3) y abrirá la válvula.

Aquí podemos ver que la presión de saturación aparece tanto sobre el diafragma (en la presión del bulbo), como debajo de éste (presión del evaporador). Y, puesto que estas presiones se oponen una contra otra y son equivalentes, se cancelan. Por lo tanto, es evidente que los dos factores que actúan para regular la válvula de termo expansión, son la presión del resorte y el sobrecalentamiento. Estos dos factores que se oponen, mantienen un delicado balance de presiones en ambos lados del diafragma, permitiendo que la válvula opere con cargas ligeras, al igual que con cargas pesadas en el evaporador. En la práctica, la válvula de termo expansión es, en efecto, un regulador del sobrecalentamiento.

Es muy frecuente oír decir a los técnicos «abrí» o «cerré» la válvula de expansión, refiriéndose a que movieron el vástago de ajuste. Como ya se mencionó, al girar el vástago en el sentido del reloj aumenta la presión del resorte, venciendo a la del bulbo y la válvula tiende a cerrar; por lo que se requiere más sobrecalentamiento para



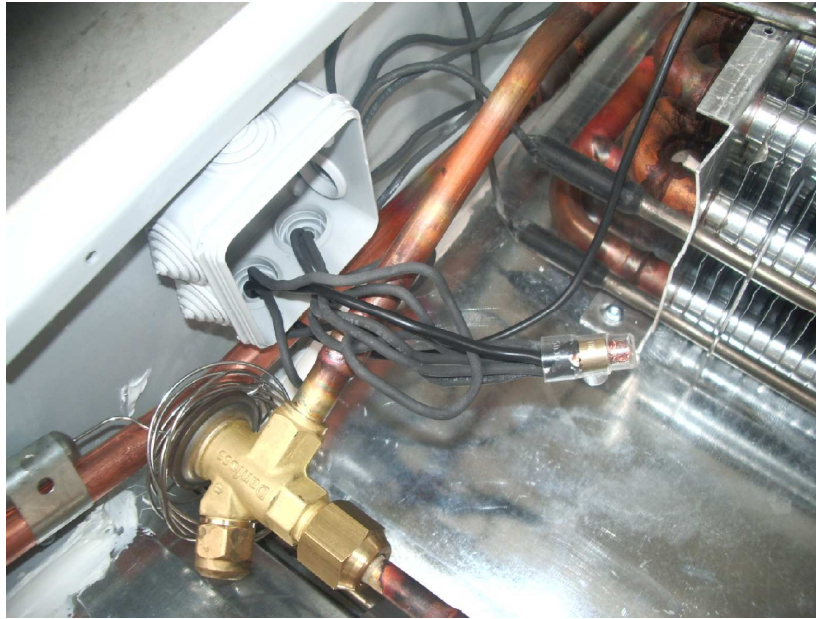
aumentar la presión del bulbo y contrarrestar la del resorte, para que de ésta manera abra la válvula. Inversamente, cuando se gira el vástago en el sentido contrario del reloj, disminuye la presión del resorte, siendo superada por la del bulbo y la válvula tiende a abrir, y para que cierre, se requiere que disminuya el sobrecalentamiento.

Cuando aumenta la carga térmica en el evaporador, el refrigerante alimentado por la válvula no es suficiente y se sobrecalienta, esto aumenta la presión del bulbo y hace que la válvula abra más, permitiendo que pase más líquido. Por el contrario, si la carga térmica en el evaporador disminuye, el refrigerante que está alimentando la válvula no se alcanza a evaporar y disminuye su sobrecalentamiento; esto hace que reduzca la presión del bulbo, se cierre la válvula y se reduzca el flujo de líquido. Es importante mencionar que al variar la carga térmica del evaporador, también varía la presión dentro del mismo. Si aumenta la carga, disminuye la presión, y si disminuye la carga, se reduce la presión.

Al arrancar el compresor después de un período prolongado de estar parado, disminuye rápidamente la presión del evaporador y la presión del bulbo es mayor que la del resorte, la válvula abre y permite el paso de refrigerante líquido al evaporador. Si todo este líquido se evapora y se sobrecalienta antes de salir del evaporador, esto aumenta la presión del bulbo y hace que la válvula se mantenga abierta. El equipo seguirá enfriando hasta que la temperatura del espacio refrigerado baje lo suficiente, disminuyendo la carga térmica y haciendo que el refrigerante líquido dentro del evaporador no alcance a evaporarse y llegue líquido hasta el punto donde se encuentra ubicado el bulbo. Al no haber sobrecalentamiento, la presión del bulbo disminuye y el resorte cierra la válvula parcial o totalmente. Así permanecerá hasta que aumente el sobrecalentamiento de nuevo y la presión del bulbo abra la válvula, aumentando el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador.

11.2.2. FOTOS DE VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS





11.3. INFLUENCIA DE LA SUCIEDAD Y LA HUMEDAD EN LA VÁLVULA TERMOSTÁTICA

La suciedad y la humedad en el interior del circuito frigorífico tienen una influencia muy negativa en la válvula termostática.

La humedad del refrigerante al pasar por la válvula termostática donde en un pequeño orificio pasa de alta temperatura a baja temperatura puede llegar a congelarse en el orificio de la válvula, especialmente en la instalación negativa (congelados).

Así mismo la suciedad puede acumularse en el orificio.

Los posibles efectos de esta acumulación de suciedad o hielo en la válvula de expansión son los siguientes:

- **La válvula se puede obstruir completamente**

Este sería el efecto menos grave ya que su consecuencia sería la inutilización del evaporador por falta de refrigerante, y no daría frío.

En el caso de hielo, éste se descongelará en un corto período de tiempo.

En caso de suciedad habrá que desmontar la válvula y limpiarla.

- **La válvula se puede bloquear en posición abierta**

Aquí las consecuencias podrían ser muy graves, ya que al no poder cerrarse la válvula la cantidad de refrigerante que pase al evaporador podría ser excesiva de tal modo que no llegue a evaporarse completamente con la posibilidad de que llegue líquido al compresor. En este caso, si al compresor le llega líquido, éste al no ser capaz de comprimir líquido llegaría a reventar y quedar inhabilitado.

Para evitar la suciedad y la humedad en la instalación, se realiza lo siguiente:

- Colocación de filtros deshidratadores antiácido en las líneas de líquido
- Antes de la puesta en marcha de la instalación se realizan las pruebas de estanqueidad y de vacío
- Para evitar la entrada de humedad y suciedad en los tubos cuando éstos están almacenados en la obra, se colocan tapones en sus extremos

12. EVAPORADORES

12.1. INTRODUCCIÓN

El evaporador es un aparato destinado a la producción de frío en el interior de un recinto mediante la absorción de calor del mismo, utilizando para ello la vaporización de un líquido.

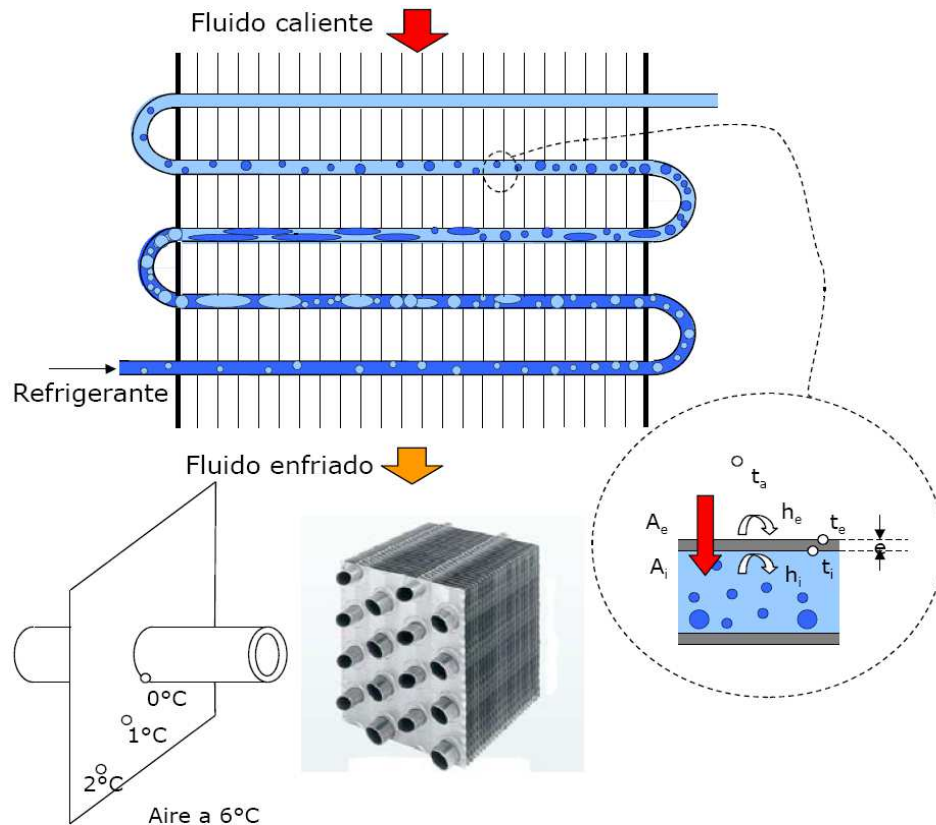
Se trata, pues, de un intercambiador de calor que, en función de la capacidad requerida, necesitará una determinada superficie de intercambio, utilizando unos determinados valores de coeficientes de transmisión de calor.

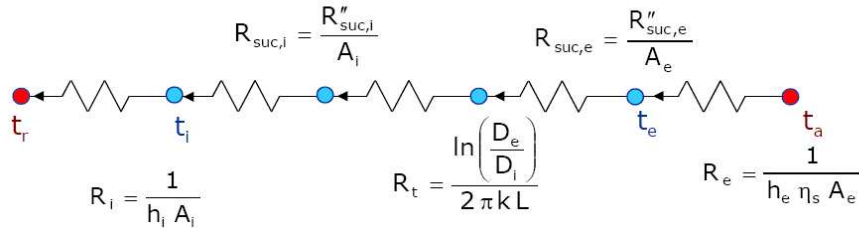
El evaporador es el elemento que proporciona finalmente la temperatura necesaria para la conservación de los productos, mediante el cambio de estado en su interior de un determinado líquido o refrigerante, a una presión y temperatura dadas.

Cuando el refrigerante entra a los pasajes o tubos, que conforman el evaporador, absorbe calor de los productos que van a ser enfriados, y, cuando absorbe calor de la carga empieza a “hervir” y se vaporiza. En este proceso el evaporador ejecuta la función de puente térmico entre el medio a enfriar y el refrigerante, desarrollando el propósito total del sistema, la refrigeración.

12.2. COMPORTAMIENTO GENÉRICO DE EVAPORADORES

12.2.1. TRANSMISIÓN DE CALOR

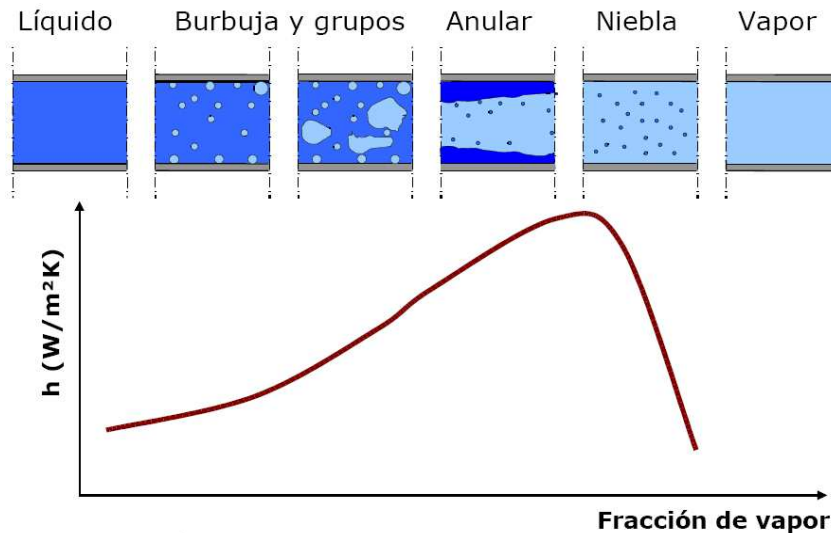




Aumentar la transferencia de calor:

- Aumentar h_e : Aumento del coste de ventilación/bombeo y calentamiento del fluido de trabajo (10 a 20% del calor de evaporación)
- Aumentar el A_e : Añadiendo superficies extendidas o secundarias (aletas). Eficiencia de aleta (0.3 a 0.7). Plantean problemas en la facilidad de limpieza y el desescarche.

12.2.2. PROCESO DE EVAPORACIÓN DENTRO DE LOS TUBOS



El evaporador recibe refrigerante líquido procedente de la válvula de expansión que contiene una pequeña cantidad de vapor (algunas burbujas).

Los coeficientes de película típicos rondan los 5000 a 20000 W/m²·K.

Conforme el refrigerante evoluciona en contacto con una pared más caliente que él, la cantidad de vapor aumenta y la velocidad por lo tanto también (menor densidad del vapor).

- Fase de burbuja: Ebullición nucleada, turbulencia → aumenta h .
- Fase Anular: Líquido en forma anular y vapor por el centro a más velocidad. Aumenta h
- Fase de niebla o mezcla: Se produce la separación de la pared anular y la formación de una vapor con una niebla de gotas en suspensión, el contacto líquido pared se hace más difícil -> disminuye h .

Para obtener los mayores coeficientes de película posibles no debería de pasarse de la fase anular.

12.3. CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE VAPORADORES

12.3.1. ENFRIAMIENTO DE LÍQUIDO

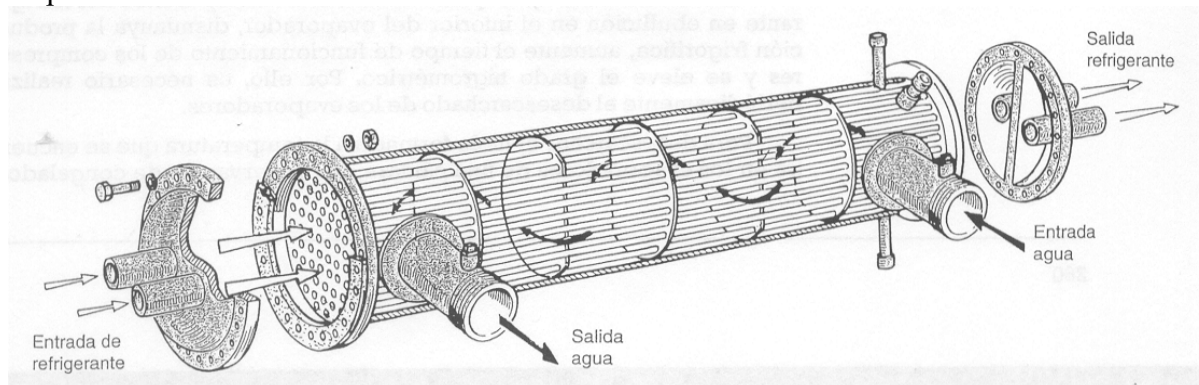
Enfrían usualmente refrigerantes secundarios (Agua, glicol, salmueras, anticongelantes) o directamente algún producto líquido (leche, cerveza, etc.)

12.3.1.1. Evaporadores de carcasa y tubo

Estos aparatos pueden clasificarse también por el tipo de fluido que se deba enfriar.

Pueden utilizarse para enfriar líquidos o gases, generalmente aire.

Para enfriamiento de líquidos, pueden también emplearse distintos procedimientos.



En los de inmersión, los serpentines son de diversos diseños y están totalmente sumergidos en el líquido a enfriar. Son muy utilizados con refrigerantes fluorados. Cuando se utilizan R717 y R22, los sumergidos se fabrican con una disposición tubular transversal a base de unos rastrillos que se introducen en el líquido a enfriar. Tienen dos tubos de mayor diámetro junto con otros transversales de menor diámetro. Con ello se consigue aumentar el coeficiente global de transmisión y disminuir la pérdida de carga en el enfriador.

Los enfriadores de tipo tanque se utilizan para cualquier clase de líquidos, como el agua, salmuera, etc., u otros fluidos usados como refrigerantes secundarios.

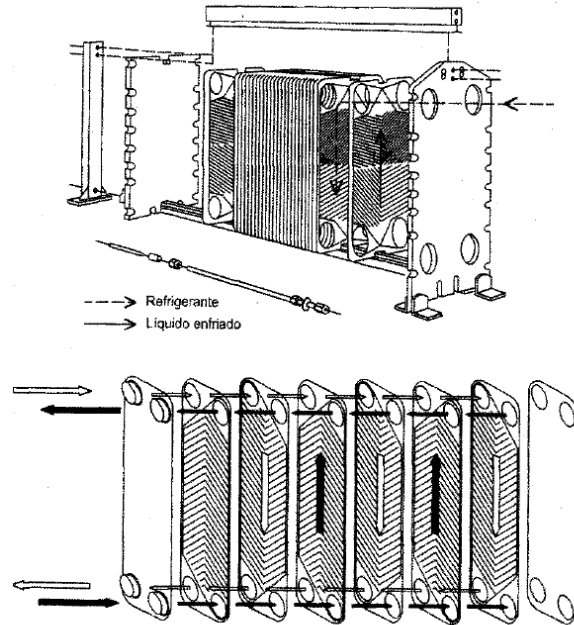
Los de doble tubo a contracorriente consisten en dos tubos situados uno en el interior del otro; el fluido a enfriar circula en una dirección por el tubo interior, mientras que por el tubo exterior circula el refrigerante en sentido contrario. Debido a que ocupan mucho espacio se utilizan sólo en industrias del vino, cerveza, petróleo, etc.

Probablemente los más utilizados sean los enfriadores multitubulares, de envolvente o carcasa y tubos, verticales u horizontales, trabajando en expansión seca o inundados. Según sean de uno u otro tipo, el líquido a enfriar pasa por el interior de los tubos o por la carcasa. Suele estar impulsado mediante una bomba de tipo centrífugo, siendo las dimensiones de la carcasa y el número de tubos muy variable, según las capacidades.

Para enfriar aire también pueden usarse dos modalidades: los enfriadores de tipo seco y los de tipo húmedo. En los de tipo seco existe una pared o superficie metálica de separación entre el aire y el fluido refrigerante a través de la cual se realiza el intercambio de calor. Los más usados son los evaporadores o baterías de convección forzada impulsando el aire a la cámara. En su parte inferior suelen llevar una cubeta

para recoger el agua de desescarche. En los de tipo húmedo existe un contacto directo entre el aire y el fluido refrigerante, pudiendo ser del tipo de cascada o lluvia de refrigerante y haciendo circular aire a contracorriente.

12.3.1.2. Evaporadores de placas



Están ganando bastante popularidad en los últimos años. El refrigerante circula entre dos placas y el fluido a refrigerar circula entre las dos placas adyacentes usualmente a contracorriente.

Muy usado en la industria alimentaria debido a su facilidad para la limpieza.

Para evitar las fugas de refrigerante las placas a través de las cuales pasa el refrigerante están soldadas perimetralmente dos a dos.

Las ventajas fundamentales de este tipo de evaporadores son:

- Altos coeficientes de transferencia de calor.
- Baja carga de refrigerante.
- Alta compacidad (ocupan poco espacio).

12.3.2. ENFRIAMIENTO DE AIRE

12.3.2.1. Evaporadores de tubo desnudo o liso

Los evaporadores de tubo desnudo por lo general se construyen de tubo de acero o cobre.

El tubo de acero se usa en evaporadores grandes y en evaporadores que trabajan con amoníaco como refrigerante, mientras que los de cobre son más pequeños y se les usa con cualquier refrigerante que no sea amoníaco.

Los evaporadores de tubo desnudo se fabrican en gran cantidad, forma y diseño, y, en muy común sean fabricados a la medida según el caso específico.

La superficie de transferencia de calor es muy pequeña y por lo tanto la capacidad frigorífica es también muy pequeña.

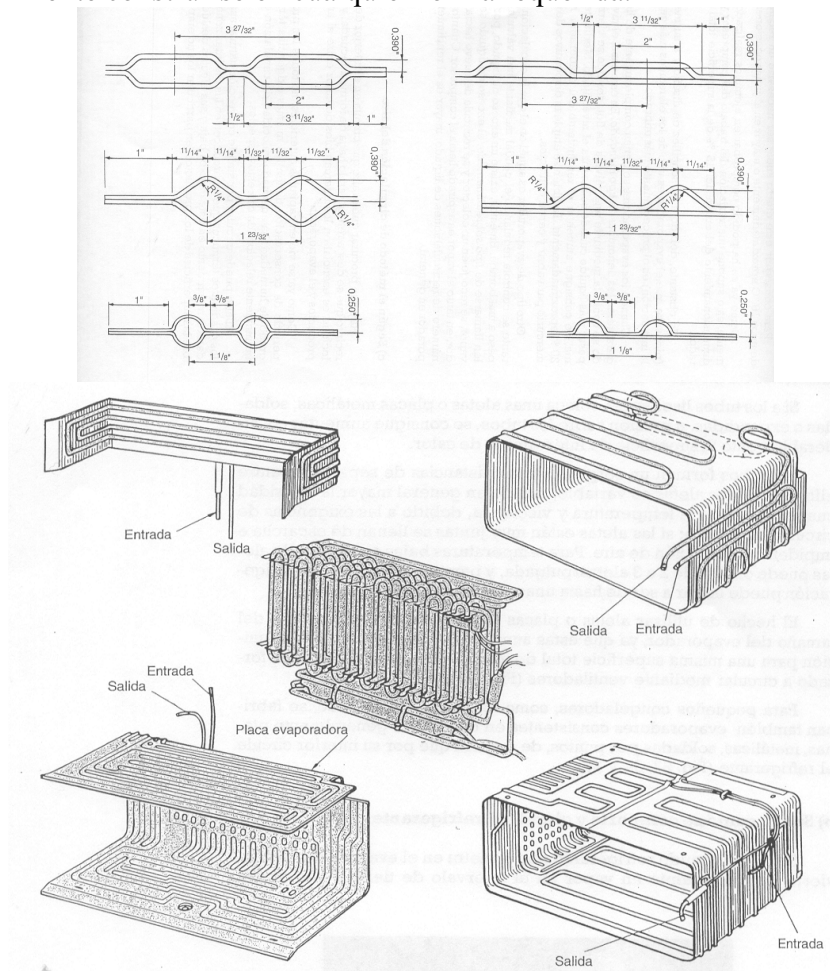
Este tipo de evaporadores no se utilizan.

12.3.2.2. Evaporadores de placa

El hecho de utilizar placas representa una disminución del tamaño del evaporador, ya que éstas aumentan el coeficiente de transmisión para una misma superficie total de intercambio. El aire suele ser forzado a circular mediante ventiladores.

Los evaporadores de superficie de placa son de varios tipos. Algunos son contruidos de dos placas de metal realzado y soldado una con otra de tal modo que pueda fluir el refrigerante entre las dos placas.

Este tipo particular de evaporador es muy usado en refrigeradores y congeladores caseros debido a que su limpieza es muy fácil, su fabricación económica y puede fácilmente construirse en cualquier forma requerida.



12.3.2.3. Evaporadores de tubo y aletas

Si a los tubos lisos se les coloca unas aletas o placas metálicas, soldadas o expandidas, a presión sobre los tubos, se consigue aumentar considerablemente la superficie de intercambio de calor.

Con los evaporadores de tubo descubierto, mucho aire circula sobre el serpentín o pasa a través de los espacios abiertos entre los tubos y no hace contacto con la superficie del serpentín. Cuando se agregan las aletas al serpentín, éstas se extienden hacia fuera ocupando los espacios abiertos entre los tubos y actúan como colectores de

calor. Estos absorben calor del aire que ordinariamente no estaría en contacto con la superficie primaria y conducen este calor a la tubería.

Los tubos forman un serpentín y las distancias de separación entre ellos o la de las aletas es variable, siendo en general mayor la densidad cuanto menor es la temperatura y viceversa, debido a las exigencias de circulación de aire; si las aletas están muy juntas se llenan de escarcha e impiden la circulación de aire. Para temperaturas bajas el número de aletas puede oscilar de 2 a 3 aletas/pulgada, y para temperaturas de refrigeración puede llegar a ser de hasta unas 14 aletas/pulgada.

La acumulación de escarcha es inevitable en serpentines usados en enfriamiento de aire, trabajando a una temperatura bajo cero. Debido a que la acumulación de escarcha sobre los tubos y aletas restringe el paso de aire entre las aletas y a retardar la circulación del aire a través del serpentín, los evaporadores diseñados para aplicaciones de baja temperatura (-20°C aprox.) deben tener un mayor espaciamiento (dos a tres aletas por pulgada) a fin de minimizar el daño por la restricción en la circulación de aire.

El tamaño del tubo determina el tamaño de la aleta. Tubos pequeños requieren aletas pequeñas. A medida que se aumenta el tamaño del tubo puede aumentarse efectivamente el tamaño de la aleta.

Es evidente que para que las aletas sean efectivas deberán estar unida a la tubería de tal manera que se asegure un buen contacto térmico entre las aletas y la tubería. En algunos casos las aletas están soldadas directamente a la tubería; en otros, las aletas se hacen deslizar sobre la tubería y se hace expandir el tubo por presión o mediante algún otro medio lo que permite a las aletas quedar bien sujetas en la superficie del tubo estableciéndose un buen contacto térmico.

Porque se tienen aletas, los serpentines aleteados tienen más área superficial por unidad de longitud y ancho que los evaporadores de tubo desnudo y por lo mismo pueden construirse en forma más compacta. Por lo general, un serpentín aleteado ocupa menos espacio que cualquier otro evaporador, sea de tubo descubierto o de placa, esto para la igualdad de capacidad térmica. Lo anterior proporciona un ahorro considerable de espacio lo que hace que los serpentines aleteados sean idealmente apropiados para usarse con ventiladores en unidades de convección forzada.

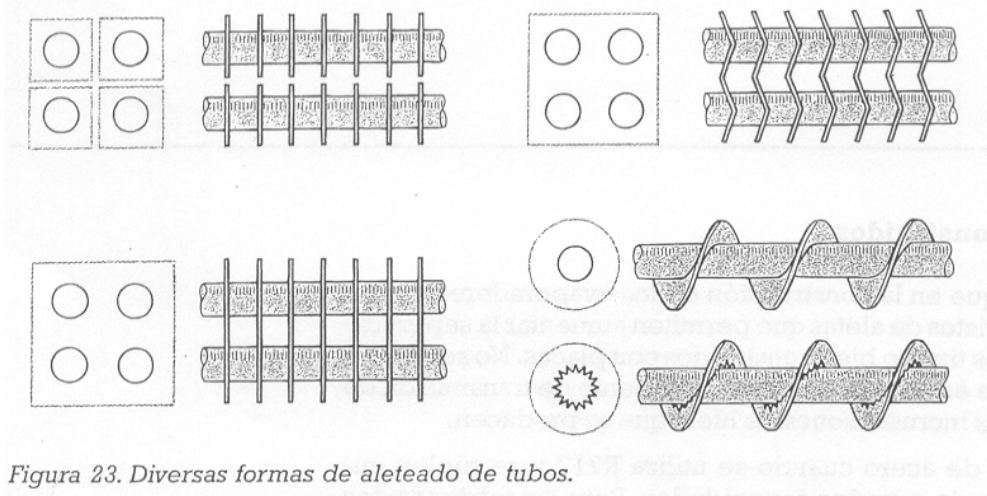
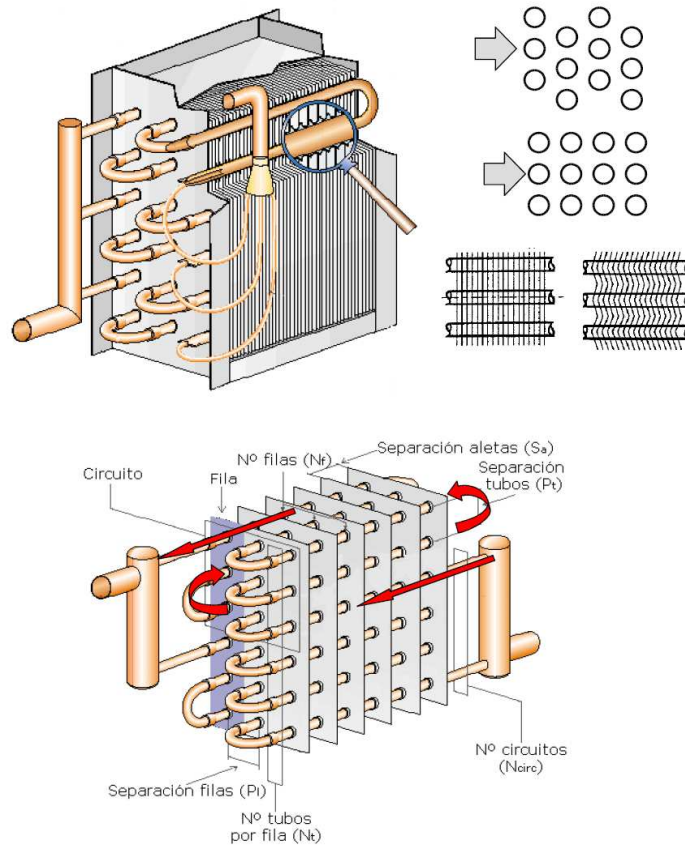


Figura 23. Diversas formas de aleteado de tubos.

Descripción:



Los principales componentes son: Tubos, aletas, bandeja de condensado, carcasa y ventiladores.

- Tubos
 - Cobre (No para amoníaco), acero al carbono, aluminio, acero inoxidable
 - Diámetros: 1/2" a 1"
 - Configuraciones en línea o cruzada (mayor h, mayor Δp)
- Aletas
 - Placas planas o corrugadas
 - Cu/Al (halocarbonos), Al/Al (NH_3), Acero/Acero, Acero Inoxidable./Acero Inoxidable (cuando hay requerimientos especiales de higiene, contacto directo con el alimento)
 - Separación de aletas: 2 a 10 mm (500 aletas/m a 100 aletas/m)
 - Espesores: aproximadamente 0,2 mm
- Bandejas de recogida de condensado: Agua líquida y desescarche



Evaporadores estáticos

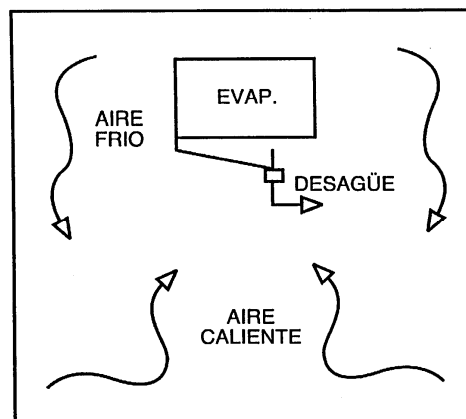
Los evaporadores estáticos están compuestos únicamente por tubos y aletas. No hay ventiladores.

El movimiento del aire es por convección natural, por lo que el resecamiento del producto es mínimo pero el enfriamiento es lento.

Es ideal en aquellas cámaras en las que el producto sea muy delicado y sea una cámara pequeña en la cual un movimiento forzado de aire sería muy perjudicial para el producto.

Sin embargo el hecho de que el enfriamiento sea muy lento provoca que en las zonas cercanas al evaporador la temperatura esté muy próxima a la de evaporación y en zonas más lejanas la temperatura sea bastante mayor. Además esto provoca un posible congelamiento del producto cercano al evaporador.

El desescarche deberá ser siempre por resistencias o por gases calientes. No puede ser desescarche natural.



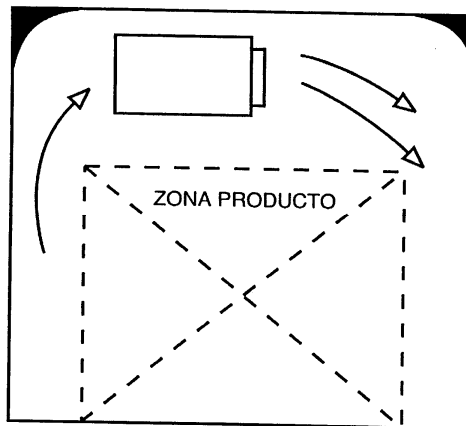


Evaporadores cúbicos

Los evaporadores cúbicos son evaporadores cuyo caudal de aire es grande, lo cual implica que el tamaño del evaporador es pequeño y por lo tanto barato, el enfriamiento es rápido, pero sin embargo el producto se reseca mucho.

Se emplea en cámaras de refrigerados cuyo producto esté envasado y no se reseque mucho, y en cámaras de conservación de congelados donde la velocidad del aire tiene una influencia mínima sobre el resecamiento ya que el producto está congelado.

Estos evaporadores se colocan colgados en el techo próximos a la pared pero no pegados (se debe dejar una distancia aproximadamente igual al ancho del evaporador). Toman el aire por la parte de atrás y lo expulsan frontalmente por delante.





Evaporadores cúbicos con ventiladores centrífugos

Son evaporadores cúbicos donde los ventiladores en lugar de ser axiales son centrífugos.

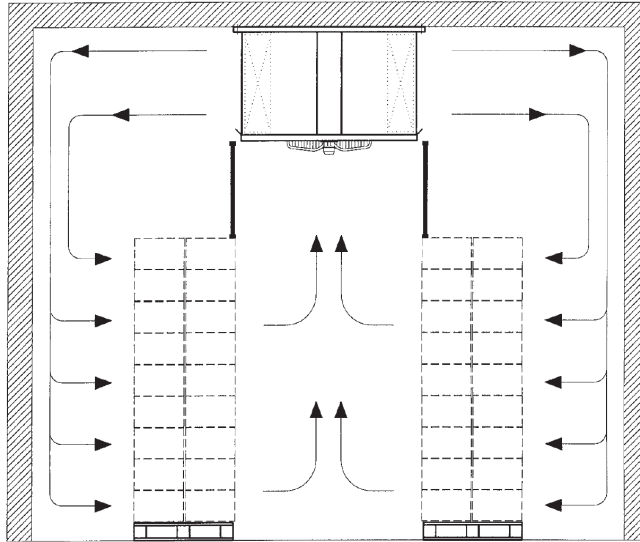
El caudal de aire es mayor que en los cúbicos.



Evaporadores de plafón o de techo

Son evaporadores de baja velocidad de aire. Por tanto su tamaño es grande con lo cual son más caros, pero al tener un caudal de aire menor y más suave resecan menos el producto.

La entrada de aire es por la parte inferior y se expulsa por sus dos laterales longitudinales. Tienen una forma rectangular y relativamente plana. Se colocan en el techo en el centro de la cámara, con sus lados largos paralelos al lado corto de la cámara.



Evaporadores de semiplafón

Son una variante del evaporador de plafón, solo que expulsan aire por un único lado y no por dos. Son de tamaño más reducido y al tener una baja velocidad de aire, la potencia que tienen no es muy elevada.

Se colocan, a diferencia de los de plafón, pegados a la pared y no en el centro de la cámara. En estos evaporadores al tomar el aire en un plano inclinado respecto a la horizontal y no en un plano vertical (como los cúbicos), se pueden colocar más cercanos a la pared.

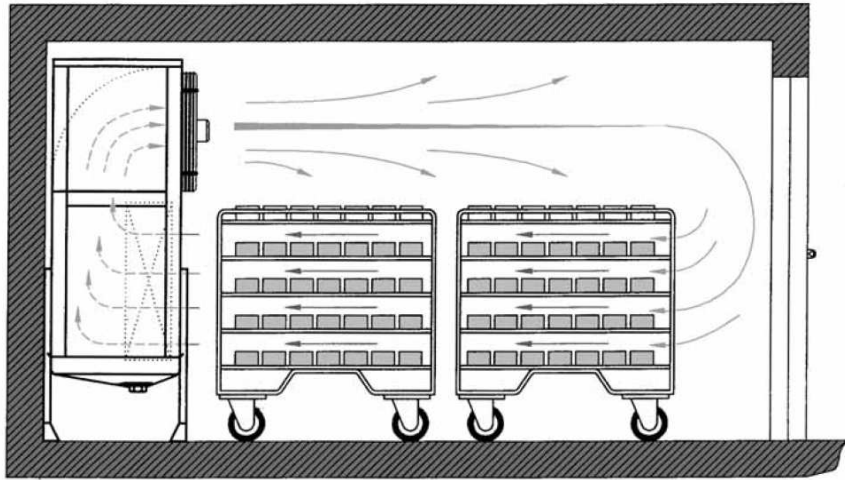


Evaporadores murales

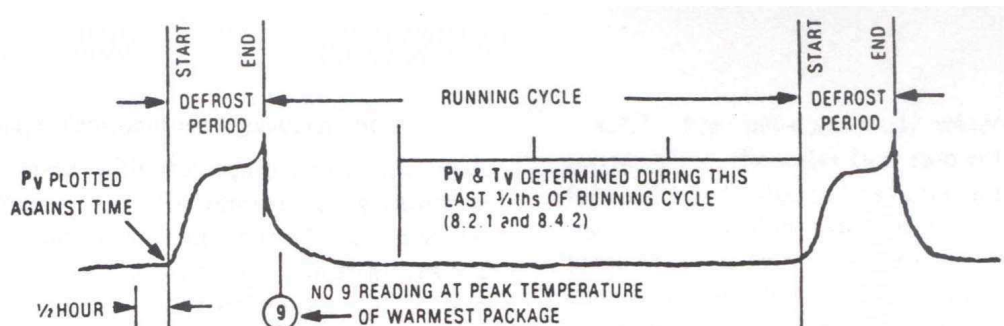
Los evaporadores murales son evaporadores con una velocidad de aire muy grande. Por lo tanto el enfriamiento es muy rápido, pero resecan mucho el producto.

Por ello estos evaporadores se utilizan en los túneles de congelación, donde es necesario un enfriamiento y congelación muy rápidos del producto.

Los evaporadores de mural son evaporadores verticales colocados sobre el suelo pegados a la pared de la cámara. Aspiran e impulsan el aire por la parte frontal.



12.4. SISTEMAS DE DESESCARCHE



El vapor de agua que se halla en suspensión en el aire que atraviesa el evaporador, cuya temperatura es inferior a la de la cámara, si está por debajo de los $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ se deposita en forma de escarcha sobre las paredes del evaporador. Además de las aperturas de puertas, con las consiguientes entradas de aire caliente y húmedo, los



productos almacenados despiden también humedad, cristalizando el hielo y llegando a impedir el paso del aire, ya que al convertirse en un medio menos conductor, dificulta la debida transmisión térmica.

Todo esto contribuye a que, al descender la temperatura del refrigerante en ebullición en el interior del evaporador, disminuya la producción frigorífica, aumente el tiempo de funcionamiento de los compresores y se eleve el grado higrométrico. Por ello, es necesario realizar periódicamente el desescarchado de los evaporadores.

La capa de escarcha es un aislante que reduce la capacidad del evaporador, ya que al acumularse la escarcha entre las aletas se llega casi a llenar el espacio entre ellas reduciendo la superficie de intercambio entre un 80 y un 90%.

Para desescarchar el hielo formado a la temperatura que se encuentra en los evaporadores de una cámara de conservación de congelados, es preciso valerse de aportaciones de calor suplementarias para fundirlo. Los medios más utilizados en la refrigeración comercial e industrial son los siguientes:

- Por aire (desescarche natural)
- Por resistencias eléctricas
- Por gases calientes
- Por agua
- Por inversión de ciclo

12.4.1. DESESCARCHE POR AIRE (DESESCARCHE NATURAL)

En este tipo de desescarche, la escarcha se deshace simplemente por el paso de aire. Se detiene el funcionamiento frigorífico del evaporador (se cierra la válvula solenoide) pero los ventiladores siguen funcionando. El aire que mueven los ventiladores se va calentando poco a poco y va desheliando la escarcha.

Este tipo de desescarche solo es válido para evaporadores de refrigeración con una temperatura de evaporación no muy baja (mayor de -7°C).

Los muebles de refrigeración de EXKAL tienen este tipo de desescarche, ya que al tener un evaporador muy grande la temperatura de evaporación es de $-7/-5^{\circ}\text{C}$.

12.4.2. DESESCARCHE POR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS

El desescarche por resistencias eléctricas es el más utilizado por su simplicidad en la instalación y regulación y por su gran eficiencia tanto en sistemas de temperatura positiva como en sistemas de temperatura negativa.

Este sistema se basa en la inclusión de unas resistencias eléctricas en unos huecos o alojamientos en el interior del evaporador, en perfecto contacto con sus aletas.

Cuando se ponen en marcha las resistencias eléctricas, estas se calientan y ceden su calor directamente a las aletas del evaporador, fundiendo la escarcha acumulada en ellas.



Evaporador con resistencias de desescarche

Como todos los sistemas de calentamiento en los evaporadores, en el desescarche por resistencias eléctricas, se puede observar el siguiente ciclo:

1. Entrada del desescarche. Se produce un calentamiento del hielo acumulado. La temperatura del evaporador sube desde la temperatura que estaba hasta los 0°C.
2. Una vez el hielo alcanza los 0°C se produce una ralentización en la subida de la temperatura. Esto es debido a la fusión del hielo.
3. Una vez fundido el hielo la temperatura del evaporador sube hasta la parada de las resistencias.
4. Si tenemos un retardo para el goteo, la temperatura del evaporador nos va a bajar unos grados, por el efecto de la convección. El calor se nos marchará hacia el recinto a refrigerar.
5. Una vez se pone en marcha la solenoide el evaporador nos bajará bruscamente de temperatura.

En sistemas donde los conductos de circulación de aire se deben desescarchar (por ejemplo: mobiliario de supermercado) las resistencias se conectarán juntamente con el ventilador y puede que estén alojadas por el circuito de aire alguna otra resistencia, además de las del evaporador.

En evaporadores para cámaras frigoríficas, el ventilador se deber parar para no esparcir el calor de las resistencias por el interior de la cámara.

Para mantener la eficiencia de este tipo de desescarche es importante que el calor producido por las resistencias eléctricas de desescarche se transmita directamente a las aletas del evaporador y no se pierda calor por radiación al ambiente del recinto climatizado, porque nos puede suponer un aumento de temperatura que tendrá que ser contrarrestado por el equipo frigorífico una vez haya acabado el desescarche.

En el caso de una cámara frigorífica con varios evaporadores ventilados, es preferible que el desescarche se realice de forma simultanea en todos ellos para evitar que la corriente de aire producido en un evaporador nos llegue a ventilar las aletas del evaporador que estamos descarchando, con los que nos transmitiría calor de este evaporador al ambiente del recinto a refrigerar.

Para descarchar un evaporador de temperaturas positivas, lo normal es utilizar una batería de resistencias aligeradas, donde la potencia total de las resistencias no es muy elevada.

Para los evaporadores de temperaturas negativas se instala una batería de resistencias eléctricas completa, que además de una potencia suficiente para la batería del evaporador incluye unas resistencias en la bandeja de desagüe. También es



importante remarcar la inclusión de una resistencia de calentamiento para el tubo del desagüe en sistema de congelación.

La instalación del sistema de desescarche por resistencias eléctricas corresponderá a una instalación simple y no muy costosa económicamente.

En la parte frigorífica no hay que hacer nada. Al montar el evaporador ya tendremos instaladas las resistencias de desescarche.

El sistema de desescarche por resistencias eléctricas puede automatizarse de distintas maneras:

- Mediante un reloj temporizador se controla el funcionamiento de la válvula solenoide de líquido, de los ventiladores y del juego de resistencias. Cuando el temporizador produzca un ciclo de desescarche, se pararán los ventiladores y cerrará la válvula solenoide. Entonces la instalación entra en un proceso de vacío, y las resistencias entran en servicio con un cierto retraso, de manera que al compresor, al estar gobernado por un presostato de baja, le da tiempo a parar por vacío. Una vez realizado el desescarche controlado por tiempo, se volverá a abrir la válvula solenoide dejando pasar líquido; entonces, por aumento de presión en el circuito, el compresor volverá a activarse.
- Los ventiladores no se activarán inmediatamente después de acabado el desescarche, sino que se les dará un tiempo de retardo con el temporizador, o bien mediante un termostato que controle el ventilador. Dicho retardo es para evitar que se introduzca aire caliente en la cámara, pudiéndose restablecer la temperatura de servicio del evaporador.

Además, en el caso de quedar refrigerante líquido en el evaporador, éste se enfría rápidamente y se vaporiza, asegurando así que no se produzca ningún tipo de absorción líquida por parte del compresor, aunque dicho problema se soluciona colocando un acumulador de succión.

La bandeja de desagüe va igualmente calefactada, para evitar que el agua o placas de hielo que caen se vuelvan a congelar.

Ventajas e inconvenientes del desescarche por resistencias

A favor:

- Sistema económico de instalación
- Sistema simple de instalación
- Simplicidad en la maniobra eléctrica.
- Fácil regulación
- Fácil reparación

En contra:

- Elevado consumo eléctrico en el desescarche.
- En cámaras de temperatura negativa, si hay mucha escarcha acumulada el desescarche dura mucho tiempo y puede influir mucho en la temperatura ambiente del interior de la cámara.



12.5. TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN Y ΔT

El calor que capta un evaporador (capacidad del evaporador) es el producto de un coeficiente de transferencia de calor K que depende del evaporador (construcción, velocidad de aire) por el área de intercambio y por la diferencia de temperatura entre la temperatura ambiente y la de evaporación.

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta T$$

donde: K = coeficiente de transferencia de calor ($W/m^2 \cdot K$)

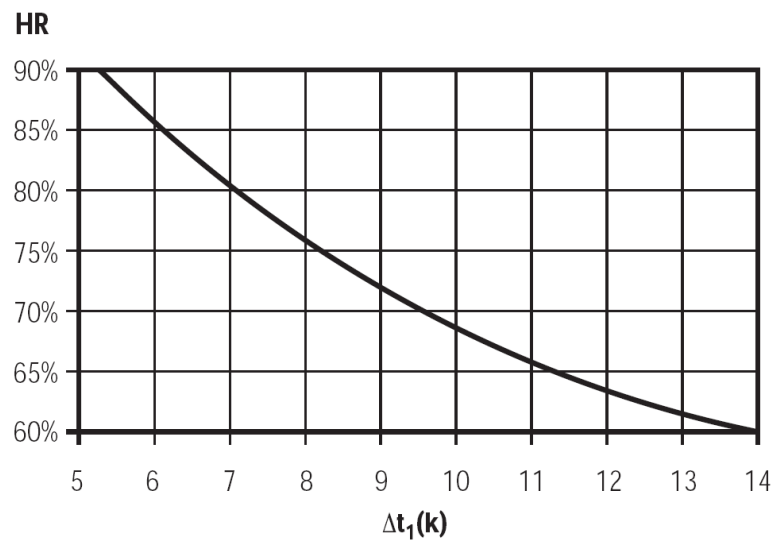
A = superficie de intercambio de calor (m^2)

$$\Delta T = T_{\text{ambiente}} - T_{\text{evaporación}}$$

Los términos K y A dependen del evaporador seleccionado, en función de las necesidades frigoríficas y del tipo de evaporador.

Ahora vamos a hablar del ΔT y de su influencia en la humedad de la cámara y en la formación de escarcha.

La humedad del interior de la cámara está directamente relacionada con la diferencia de temperatura entre el ambiente interior y la temperatura de evaporación. Concretamente, la humedad relativa del aire interior aumenta según disminuya ΔT . En el siguiente gráfico y tabla se observa la relación:



DT (°C)	HR (%)
4	99
5	91
6	84
7	79
8	75
9	71
10	68
11	65
12	63
13	61
14	59

Si aumentamos ΔT , la temperatura de evaporación decrece por lo que podría congelarse el producto cercano al evaporador. Además al bajar la temperatura de evaporación, más humedad “roba” el evaporador al ambiente, produciendo una disminución de la humedad del aire y una mayor formación de escarcha y hielo en el evaporador.

La pérdida de humedad significa deterioro del producto y pérdida de peso.



Por lo tanto es evidente que tener un ΔT más pequeño es mejor para la conservación del producto ya que no se deseca y no adquiere temperaturas excesivamente bajas, y además se reduce la formación de escarcha y hielo entre las aletas del evaporador.

Sin embargo al subir la temperatura de evaporación implica la necesidad de instalar un evaporador de mayor superficie de intercambio para las mismas necesidades frigoríficas.

Con estas consideraciones, los ΔT que consideraremos para la elección de los evaporadores de las cámaras son:

- Obradores: $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$
En obradores no hay formación de escarcha ya que la temperatura es 12°C , y como la estancia de los productos es muy corta (minutos) no hay resecamiento de éstos. Por tanto elegimos un ΔT elevado.
- Congelados: $\Delta T = 6^{\circ}\text{C}$
En congelados si bien el resecamiento no es importante ya que los productos entran congelados y por lo tanto apenas se resecan, elegimos un ΔT pequeño para reducir la formación de escarcha lo máximo posible.
- Refrigeración de productos sin envasar: $\Delta T = 6^{\circ}\text{C}$
Además de tener una menor formación de hielo, elegimos un ΔT pequeño principalmente porque en estas cámaras al estar los productos sin envasar (carnes, pescados, frutas, verduras) su deterioro por pérdida de agua es grande si no se mantienen unos niveles de humedad ambiente apropiados.



- Refrigeración de productos envasados: $\Delta T = 7^{\circ}\text{C}$
Elegimos un ΔT medio, ya que el resecamiento es pequeño al estar envasados o empaquetados los productos, y al ser refrigeración no es muy excesivamente importante la formación de escarcha.

12.6. SEPARACIÓN DE ALETAS

La separación de aletas es la distancia que existe entre dos aletas consecutivas del evaporador.

Una menor separación de aletas implica un evaporador más pequeño en dimensiones y por lo tanto menos problemas de espacio, pero sin embargo la formación de hielo entre aletas obstruye antes un evaporador con menor separación de aleta que otro con mayor separación y por lo tanto habría que realizar mayor número de desescarches lo cual es negativo.

Por lo tanto la separación entre aletas será mayor cuanto menor sea la temperatura de evaporación.

Por ello, las separaciones de aletas normales son:

- Obradores: 2-4 mm \rightarrow Utilizaremos 2,8 mm (Frimetal)
- Refrigeración: 4-6 mm \rightarrow Utilizaremos 2,8 mm y 4,2 mm (Frimetal)
- Congelados: 6-8 mm \rightarrow Utilizaremos 9 mm (Frimetal)

12.7. SELECCIÓN DEL TIPO DE EVAPORADOR

Los tipos de evaporadores de aire que utilizaremos en las cámaras, como criterio general, son los siguientes:

- Obradores \rightarrow Plafón de baja velocidad
Utilizamos este tipo de evaporadores cuya velocidad de aire es muy baja porque dentro del evaporador hay gente trabajando y sería molesto tener una corriente de aire frío fuerte.
- Congelados \rightarrow Cúbicos
Se utilizan evaporadores cúbicos debido a que es necesario una velocidad de enfriamiento rápida. Además al ser productos congelados no se resecan por el aire.
- Refrigeración de productos sin envasar: Plafón o semiplafón
En estas cámaras es importante mantener una velocidad de aire baja para no resecar el producto. Utilizaremos plafón o semiplafón en función del tamaño de la cámara.
- Refrigeración de productos envasados: Cúbicos
En estas cámaras al estar los productos envasados apenas se resecan y por lo tanto usaremos evaporadores cúbicos ya que son más pequeños en superficie de intercambio y por lo tanto más baratos.



12.8. SELECCIÓN DE EVAPORADORES

Los evaporadores que utilizaremos son de la marca FRIMETAL.

A continuación se describe el método de selección de evaporadores de Frimetal y se detallan los evaporadores elegidos.

12.8.1. MÉTODO DE SELECCIÓN

12.8.1.1. Cálculo de la capacidad frigorífica

Nomenclatura utilizada:

T_c = Temperatura del aire en la cámara a la entrada del evaporador °C

T_e = Temperatura de evaporación °C

ΔT = Salto térmico ($T_c - T_e$)

HR = Humedad relativa de la cámara

Q_{ev} = Capacidad del evaporador en las condiciones dadas

Q_n = Capacidad Nominal del evaporador

Capacidad Nominal ($T_c = 0^\circ\text{C}$, $\Delta T = 8\text{K}$):

Es la capacidad con refrigerante R-404A (o amoníaco bombeado en los modelos GNH y TNH) según la norma ENV 328 condición 2 incrementada en un 25% correspondiente a unas condiciones de humedad de la cámara normales (80-90%).

Capacidad de Aplicación:

Es la capacidad del evaporador para distintas temperaturas de cámara correspondientes a las aplicaciones más habituales de cada serie en función de la separación de aletas.

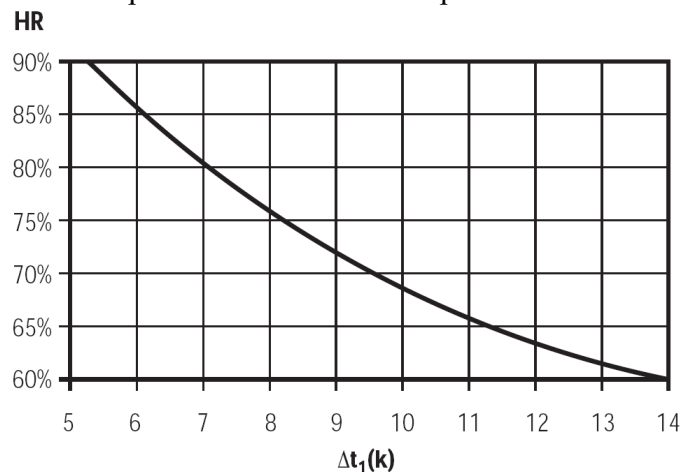
Para condiciones diferentes de las de aplicación, utilizar el método general explicado a continuación.

12.8.1.2. Selección de un evaporador

El salto térmico ΔT :

El salto térmico $\Delta T = T_c - T_e$ es la diferencia entre la temperatura del aire en la cámara a la entrada del evaporador T_c y la temperatura de evaporación T_e y hay que determinarlo previamente a la selección del evaporador. Cuanto menor sea el salto térmico seleccionado, el evaporador obtenido será de mayor tamaño.

A mayor salto térmico le corresponde menor humedad relativa HR en la cámara y la relación entre ambos parámetros evoluciona aproximadamente según el diagrama:

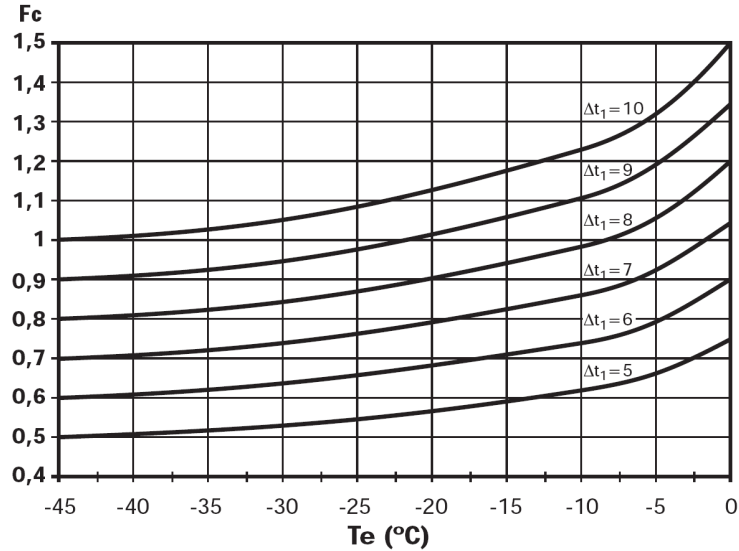




Los factores F_c y F_r :

Una vez fijado el salto térmico ΔT , y sabiendo la temperatura de la cámara T_c , se tiene también la temperatura de evaporación T_e , según la relación explicada anteriormente.

Con estos datos, entrando en el siguiente diagrama se tiene el factor de corrección F_c .



Conociendo el refrigerante a utilizar, se obtiene el factor F_r según el cuadro siguiente.

FACTOR DEL REFRIGERANTE - REFRIGERANT FACTOR		
R-404 A = 1	R-22 = 0,95	R-134a = 0,90

Cálculo de la Capacidad Nominal Q_n :

Si la capacidad frigorífica del evaporador en las condiciones dadas de trabajo es Q_{ev} , la capacidad Nominal del evaporador Q_n será la siguiente:

$$Q_n = \frac{Q_{ev}}{F_c \cdot F_r}$$

Entrando en la tabla de datos del evaporador de la gama elegida, se selecciona el modelo que tenga la Capacidad Nominal que más se aproxime por arriba a Q_n .

12.8.1.3. Nivel sonoro

En las tablas de datos de evaporadores se indica la presión sonora dB(A) en un recinto sin reflexiones, a una distancia de 10m y con un ángulo de 30° sobre el plano definido por el ventilador.

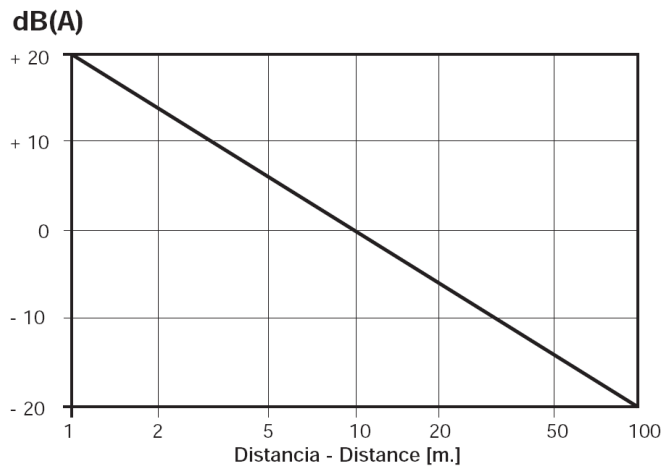
Para otras distancias, el nivel sonoro se calcula aplicando a los datos del catálogo la corrección del gráfico GR3 .

Si hay varias unidades evaporadoras, con el gráfico GR4 se calcula el incremento del nivel sonoro total en función de su número.

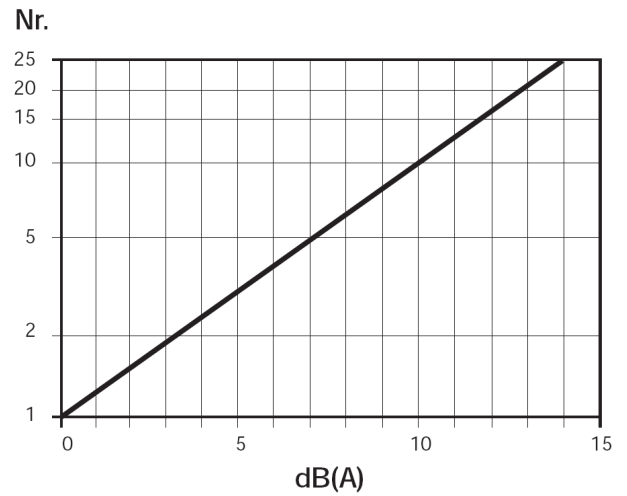
Como en la práctica las condiciones de montaje y operativas son diferentes de las de laboratorio, los datos de nivel sonoro deben ser utilizados solamente para fines comparativos.



GR-3



GR-4



12.8.1.4. Proyección de aire

En algunos catálogos se especifica la proyección del aire. Este dato es la distancia o flecha aproximada a la que llega el aire que sale proyectado de los ventiladores hasta llegar a una velocidad residual de 0,25m/s, suficiente para la renovación del aire en esa zona.

Para que en la práctica se cumplan los datos de proyección, es necesario que las condiciones de la cámara en lo que se refiere a la colocación del género, la distribución de los pasillos, la forma del techo etc. reúna las condiciones necesarias para permitir una adecuada circulación del aire.



12.8.2. EVAPORADORES SELECCIONADOS

	CÁMARA FRUTAS Y VERDURAS	CÁMARA PESCADO	CÁMARA BASURAS
Volumen cámara m ³	32,93	21,62	11,04
POTENCIA TOTAL W	4519,57	2460,63	2173,15
DT=Tc-Te °C	7	6	7
T ^a cámara °C (Tc)	5	0	0
T ^a evaporación °C (Te)	-2	-6	-7
Humedad Relativa (%)	79	84	79
Factor de Corrección Fc	0,99	0,77	0,90
Potencia necesaria W (Tc=0°C DT=8°C)	4.565,22	3.195,63	2.414,61
Tipo	PLAFÓN	PLAFÓN	PLAFÓN
Modelo	PIAN 57	PIMS 40	PIMN 18
Número de evaporadores	1	1	1
Capacidad nominal W (Tc=0°C DT=8°C)	5900	3760	2575
Capacidad de aplicación W	5875,00	2925,00	2336,00
Paso de aletas mm	2,8	4,2	4,2
Dimensiones mm (Fondo x Alto x Largo)	900 x 320 x 1400	900 x 320 x 1400	850 x 580 x 900
Superficie m ²	34,9	23,8	11,9
Volumen interior dm ³	4,7	4,7	2,6
Caudal de aire m ³ /h	2520	1670	1340
Proyección de aire m	-	-	-
Ventiladores (230 V - 50 Hz)	1350 rpm	950 rpm	1350 rpm
Número ventiladores	2	2	1
Diámetro mm	300	300	300
Consumo A	0,64	0,32	0,32
Potencia absorbida W	146	72	73
Nivel sonoro dB(A) 10m	42	34	39
Desescarche eléctrico	NO	SI	SI
Bandeja núm.		2	2
Batería núm.	-	2	2
Total núm.		4	4
Potencia W	-	4400	2200
Conexiones frigoríficas			
Entrada	1/2"	1/2"	1/2"
Salida	22 mm = 7/8"	22 mm = 7/8"	22 mm = 7/8"
Peso neto kg	59	59	39



	CÁMARA CARNES	CÁMARA CURADOS	CÁMARA QUESOS
Volumen cámara m ³	26,28	26,42	18,67
POTENCIA TOTAL W	2636,62	2268,31	979,65
DT=Tc-Te °C	6	7	6
T ^a cámara °C (Tc)	0	5	5
T ^a evaporación °C (Te)	-6	-2	-1
Humedad Relativa (%)	84	79	84
Factor de Corrección Fc	0,77	1	0,88
Potencia necesaria W (Tc=0°C DT=8°C)	3.424,19	2.268,31	1.113,24
Tipo	PLAFÓN	CÚBICO	PLAFÓN
Modelo	PIAN 57	FRM 240	PIAN 29
Número de evaporadores	1	1	1
Capacidad nominal W (Tc=0°C DT=8°C)	5900	3960	3250
Capacidad de aplicación W	4583,00	3963,00	2860,00
Paso de aletas mm	2,8	4,2	2,8
Dimensiones mm (Fondo x Alto x Largo)	900 x 320 x 1400	360 x 420 x 1350	850 x 900 x 580
Superficie m ²	34,9	13,9	26,2
Volumen interior dm ³	4,7	2,9	3,8
Caudal de aire m ³ /h	2520	2920	1100
Proyección de aire m	-	14	-
Ventiladores (230 V - 50 Hz)	1350 rpm	1350 rpm	1350 rpm
Número ventiladores	2	2	1
Diámetro mm	300	300	300
Consumo A	0,64	0,38	0,32
Potencia absorbida W	146	160	73
Nivel sonoro dB(A) 10m	42	-	39
Desescarche eléctrico	SI	NO	NO
Bandeja núm.	2	-----	-----
Batería núm.	2	-----	-----
Total núm.	4	-----	-----
Potencia W	4400	-----	-----
Conexiones frigoríficas			
Entrada	1/2"	1/2"	1/2"
Salida	22 mm = 7/8"	22 mm = 7/8"	22 mm = 7/8"
Peso neto kg	59	32	42



	CÁMARA LACTEOS	OBRADOR FRUTA	OBRADOR PESCADO
Volumen cámara m ³	57,53	35,49	30,42
POTENCIA TOTAL W	2700,40	3735,97	3752,85
DT=Tc-Te °C	7	10	10
T ^a cámara °C (Tc)	5	12	12
T ^a evaporación °C (Te)	-2	2	2
Humedad Relativa (%)	79	68	68
Factor de Corrección Fc	0,99	1,5	1,5
Potencia necesaria W (Tc=0°C DT=8°C)	2.727,67	2.490,64	2.501,90
Tipo	PLAFÓN	PLAFÓN	PLAFÓN
Modelo	PIAN 57	PIAN 29	PIAN 29
Número de evaporadores	1	1	1
Capacidad nominal W (Tc=0°C DT=8°C)	5900	3250	3250
Capacidad de aplicación W	5875,00	4875,00	4875,00
Paso de aletas mm	2,8	2,8	2,9
Dimensiones mm (Fondo x Alto x Largo)	900 x 320 x 1400	850 x 900 x 580	851 x 900 x 580
Superficie m ²	34,9	26,2	26,3
Volumen interior dm ³	4,7	3,8	3,9
Caudal de aire m ³ /h	2520	1100	1101
Proyección de aire m	-	-	-
Ventiladores (230 V - 50 Hz)	1350 rpm	1350 rpm	1350 rpm
Número ventiladores	2	1	1
Diámetro mm	300	300	300
Consumo A	0,64	0,32	0,33
Potencia absorbida W	146	73	73
Nivel sonoro dB(A) 10m	42	39	39
Desescarche eléctrico	NO	NO	SI
Bandeja núm.	-----	-----	4
Batería núm.	-----	-----	2
Total núm.	-----	-----	6
Potencia W	-----	-----	3300
Conexiones frigoríficas			
Entrada	1/2"	1/2"	1/2"
Salida	22 mm = 7/8"	22 mm = 7/8"	22 mm = 7/8"
Peso neto kg	59	42	42



	OBRADOR CARNES	OBRADOR CHARCUTERÍA
Volumen cámara m ³	33,30	30,12
POTENCIA TOTAL W	6288,30	4745,87
DT=Tc-Te °C	10	10
T ^a cámara °C (Tc)	12	12
T ^a evaporación °C (Te)	2	2
Humedad Relativa (%)	68	68
Factor de Corrección Fc	1,5	1,5
Potencia necesaria W (Tc=0°C DT=8°C)	4.192,20	3.163,91
Tipo	PLAFÓN	PLAFÓN
Modelo	PIAN 57	PIAN 57
Número de evaporadores	1	1
Capacidad nominal W (Tc=0°C DT=8°C)	5900	5900
Capacidad de aplicación W	8813,00	8813,00
Paso de aletas mm	2,8	2,8
Dimensiones mm (Fondo x Alto x Largo)	900 x 320 x 1400	900 x 320 x 1400
Superficie m ²	34,9	34,9
Volumen interior dm ³	4,7	4,7
Caudal de aire m ³ /h	2520	2520
Proyección de aire m	-	-
Ventiladores (230 V - 50 Hz)	1350 rpm	1350 rpm
Número ventiladores	2	2
Diámetro mm	300	300
Consumo A	0,64	0,64
Potencia absorbida W	146	146
Nivel sonoro dB(A) 10m	42	42
Desescarche eléctrico	SI	NO
Bandeja núm.	2	-
Batería núm.	2	
Total núm.	4	
Potencia W	4400	4400
Conexiones frigoríficas	Entrada	1/2"
	Salida	22 mm = 7/8"
Peso neto kg	59	59



	CÁMARA CONGELACIÓN PESCADO	CÁMARA CONGELACIÓN GENERAL
Volumen cámara m ³	32,64	30,82
POTENCIA TOTAL W	2846,22	3639,05
DT=Tc-Te °C	6	6
Tª cámara °C (Tc)	-20	-25
Tª evaporación °C (Te)	-26	-31
Humedad Relativa (%)	84	84
Factor de Corrección Fc	0,65	0,62
Potencia necesaria W (Tc=0°C DT=8°C)	4.378,80	5.869,43
Tipo	CÚBICO	CÚBICO
Modelo	FRB 200	FRL 380
Número de evaporadores	1	1
Capacidad nominal W (Tc=0°C DT=8°C)	4590	7980
Capacidad de aplicación W	2990,00	5024,00
Paso de aletas mm	7	9
Dimensiones mm (Fondo x Alto x Largo)	420 x 1130 x 1350	550 x 360 x 1710
Superficie m ²	14,9	22,9
Volumen interior dm ³	4,7	8,8
Caudal de aire m ³ /h	2840	6150
Proyección de aire m	13	14
Ventiladores (230 V - 50 Hz)	1350 rpm	1350 rpm
Número ventiladores	2	2
Diámetro mm	300	400
Consumo A	0,76	1,5
Potencia absorbida W	160	320
Nivel sonoro dB(A) 10m	-	-
Desescarche eléctrico	SI	SI
Bandeja núm.	2	3
Batería núm.	1	1
Total núm.	3	4
Potencia W	3300	5600
Conexiones frigoríficas	Entrada	3x3/4"
	Salida	28mm-54mm
Peso neto kg	39	61



12.9. DESAGÜES DE EVAPORADORES

Todos los evaporadores deben tener un desagüe para el agua procedente del desescarche.

Estos desagües deberán transcurrir la menor distancia posible en el interior de cámaras con temperatura menor que 0°C. Para estas cámaras se deberá sacar el tubo de desagüe lo más cerca posible a pasillo o a una cámara colindante de temperatura mayor que 0°C.

En cámaras de refrigeración y obradores estos desagües serán de PVC. Para las cámaras de congelados deberán ser de acero ya que deben llevar resistencias eléctricas para evitar la congelación del agua.



13. COMPRESORES

13.1. INTRODUCCIÓN

El compresor es la máquina que eleva la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor.

Funciones que realiza:

- Recibir o remover el vapor refrigerante desde el evaporador, de tal manera que la presión y la temperatura deseada de evaporación se mantengan.
- Incrementar la presión del vapor refrigerante a través del proceso de compresión y simultáneamente incrementar la temperatura del refrigerante de tal manera que pueda ceder calor al medio condensante del condensador.

El compresor es una de las partes fundamentales del sistema frigorífico.

Es el elemento de mayor precio, tiene órganos móviles por lo que requiere mantenimiento, y es donde se produce el consumo energético.

Recibe el freón en estado gaseoso a baja presión y temperatura por la tubería de aspiración, y lo comprime elevando su presión y temperatura expulsándolo por la tubería de descarga.

13.2. ESTRUCTURA DE LOS COMPRESORES

Los elementos principales de esta estructura son: motor, cuerpo, tapas, enfriador y árboles. El cuerpo y las tapas del compresor se enfrían por el agua. Los elementos constructivos tienen ciertas particularidades.

Para disminuir las pérdidas de energía de la fricción mecánica de los extremos de las placas contra el cuerpo en este se colocan dos anillos de descarga que giran libremente en el cuerpo. A la superficie exterior de estos se envía lubricación. Al girar el motor los extremos de las placas se apoyan en el anillo de descarga y se deslizan parcialmente por la superficie interior de estos; los anillos de descarga giran simultáneamente en el cuerpo.

Al fin de disminuir las fuerzas de fricción en las ranuras las placas se colocan no radicalmente sino desviándolas hacia adelante en dirección de la rotación. El ángulo de desviación constituye 7 a 10 grados.

En este caso la dirección de la fuerza que actúa sobre las placas por lado del cuerpo y los anillos de descarga se aproxima a la dirección de desplazamiento de la placa en la ranura y la fuerza de fricción disminuye.

Para disminuir las fugas de gas a través de los huelgos axiales, en el buje del motor se colocan anillos de empacaduras apretados con resortes contra las superficies de las tapas.

Por el lado de salida del árbol a través de la tapa, se ha colocado una junta de prensaestopas con dispositivos tensor de resortes.



13.3. CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE COMPRESORES

13.3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS COMPRESORES

13.3.1.1. En función de la forma de compresión

- VOLUMÉTRICOS (DESPLAZAMIENTO POSITIVO)
 - ALTERNATIVOS
 - ROTATIVOS
 - PALETAS
 - PALETA ESTACIONARIA
 - MULTIPALETA
 - EXCÉNTRICA
 - HELICOIDALES
 - SCROLL (DE ESPIRAL)
 - DE TORNILLO (SCREW)
 - DE ENGRANAJES (DOBLE ROTOR)
 - RODILLO
 - SWING
- DINÁMICOS (DESPLAZAMIENTO NO POSITIVO O CINEMÁTICO)
 - CENTRÍFUGOS
 - AXIALES

Compresores de desplazamiento cinemático o dinámicos: Aumentan la presión convirtiendo presión dinámica en presión estática. Primero se acelera el fluido y posteriormente se frena.

Compresores de desplazamiento positivo o volumétricos: Aumentan la presión del vapor de refrigerante reduciendo el volumen interno de una cámara, consumiendo para ello un trabajo mecánico.

Los compresores más usados en refrigeración industrial son los alternativos y los de tornillo.

13.3.1.2. En función de la separación compresor-accionamiento

Herméticos

Generalizados en los equipos de pequeña potencia (< 10 CV), las averías interaccionan.

Única carcasa que contiene tanto al compresor como al motor de accionamiento, la cual está totalmente sellada, evitando de esta manera la posibilidad de fugas de refrigerante.

Tienen su aplicación en las pequeñas máquinas domésticas.

Semiherméticos (Hermético accesible)

Básicamente similares a los herméticos, estribando su diferencia en el hecho de que la carcasa es accesible desde el exterior, de tal manera que puede abrirse para mantenimiento y reparación.

Son para medias y altas potencias.

Abiertos

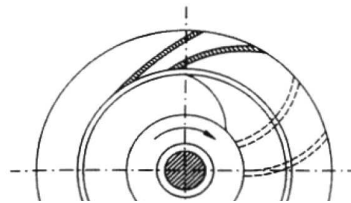
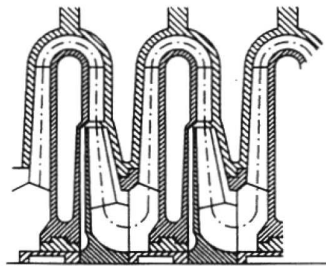
Disposición de dos carcasas independientes, una para compresor y la segunda para el motor de accionamiento, unidas por una transmisión mecánica. De esta forma se evita el recalentamiento de los vapores antes de admisión al cilindro, pero como contrapartida se aumenta el peligro de fugas a través del acoplamiento entre motor y compresor.

Son para medias y altas potencias.

13.3.2. COMPRESORES CENTRÍFUGOS

Están constituidos por una serie de ruedas impulsoras (rodetes) montadas sobre un eje de acero y contenidas en una carcasa de hierro. El número de rodetes depende de la magnitud de la carga que deba desarrollar en la compresión. Normalmente el número de rodetes es 2 (también 3 o 4, con un máximo de 12).

La rueda impulsora consiste de dos discos, un disco con maza y otro disco colocado encima del primero, el cual tiene cierto número de alabes o paletas las que están montadas radialmente. Para resistir los efectos de la corrosión y la erosión, los alabes de los impulsores se construyen de acero inoxidable o de acero de alto carbono con una cubierta de plomo.



El principio de operación es similar al de las bombas centrífugas. El vapor de baja presión y baja velocidad proveniente de la tubería de succión se introduce hacia la cavidad interna a lo largo de la dirección del eje del rotor (axialmente).

Una vez en la rueda el vapor es forzado a salir radialmente al exterior por la acción de los alabes del impulsor y por la fuerza centrífuga. El vapor es descargado a la carcasa del compresor a una velocidad alta, habiendo experimentado un aumento de temperatura y presión.



El vapor de alta presión y temperatura es descargado de la periferia de la rueda y es colectado en conductos o pasadizos especialmente diseñados en el cuerpo del compresor, en los cuales se reduce la velocidad del vapor y dirigen a éste hacia la entrada del siguiente impulsor, o en el caso del último paso, lo descargan a una cámara, desde donde el vapor pasa a la tubería de la descarga y luego al condensador.

Tienen la capacidad de desplazar grandes volúmenes

Incapacidad de utilización para elevadas relaciones de compresión.

La mayoría de los compresores centrífugos funcionan a velocidades de 3.500 rpm (revoluciones por minuto) o superiores y uno de los factores limitantes es el de la fatiga del impulsor.

Para cada velocidad, un compresor centrífugo proporciona una relación de compresión máxima dada. Este hecho obliga a elegir un compresor centrífugo para un régimen de funcionamiento máximo. No tiene pues la flexibilidad de otros tipos de compresores.

Con preferencia deben utilizarse refrigerantes pesados, de manera que los fluidos halogenados se utilizan más, en contra del amoníaco cuya densidad es mucho menor.

Pueden fabricarse compresores centrífugos monoetapa o multietapa.

Tienen una de sus principales aplicaciones en el escalón de baja presión de circuitos con varias etapas, donde se requieran grandes caudales, compitiendo con los compresores rotativos y alternativos.

Regulación de capacidad

- Bajando la velocidad de giro
- Con alabes de prerotación
- Subiendo la presión de condensación por reducción de caudal
- Mediante by-pass de vapor de la descarga a la aspiración

Suelen equiparse con un sistema que permite reducir la producción frigorífica, actuando sobre la cantidad de gas refrigerante que entra en el compresor. La regulación puede establecerse desde un 10% hasta el 100%, de forma generalmente automática según las necesidades instantáneas en frío.

Ventajas:

1. La potencia es muy grande ya que tienen la capacidad de desplazar grandes volúmenes. Potencias superiores a 1500 kW
2. En el intervalo de 3400 a 340000 m³/h, y según sea la relación de presión, es económico porque se puede instalar en una sola unidad.
3. Ofrece una variación bastante amplia en el flujo con un cambio pequeño en la carga.
4. La ausencia de piezas rozantes en la corriente de compresión permite trabajar un largo tiempo entre intervalos de mantenimiento.
5. Se pueden obtener grandes volúmenes en un lugar de tamaño pequeño.
6. Su característica es un flujo suave y libre de pulsaciones.

Desventajas:

1. Incapacidad de utilización para elevadas relaciones de compresión. No son válidos para frío industrial y comercial con una sola etapa de compresión
2. Los compresores centrífugos son sensibles al peso molecular del gas que se comprime. Los cambios imprevistos en el peso molecular pueden hacer que las presiones de descarga sean muy altas o muy bajas.



3. Se necesitan velocidades muy altas en las puntas para producir la presión. Con la tendencia a reducir el tamaño y a aumentar el flujo, hay que tener mucho más cuidado al balancear los motores y con los materiales empleados en componentes sometidos a grandes esfuerzos.
4. Un aumento pequeño en la caída de presión en el sistema de proceso puede ocasionar reducciones muy grandes en el volumen del compresor.
5. Se requiere un complicado sistema para aceite lubricante y aceite para sellos.

13.3.3. COMPRESORES AXIALES

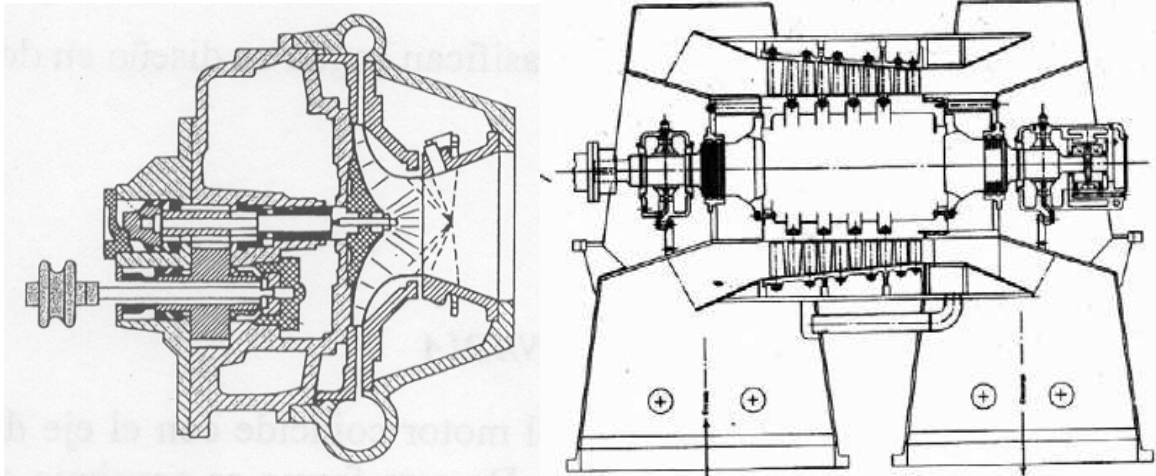
De naturaleza semejante a los centrífugos, se emplean fundamentalmente en industrias químicas y en aplicaciones de aire acondicionado, o en compresiones de aire con grandes caudales.

En los compresores de este tipo, la corriente de aire fluye en dirección axial, a través de una serie de paletas giratorias de un motor y de los fijos de un estator, que están concéntricos respecto al eje de rotación. A diferencia de la turbina, el recorrido de la corriente de un compresor axial va disminuyendo de área de su sección transversal en la dirección de la corriente en proporción a la reducción de volumen del aire según progresa la compresión de escalón a escalón.

Al entrar en el grupo de paletas giratorias, la corriente de aire, que tiene dirección axial se defluye en la dirección de la rotación. Este cambio de dirección viene acompañado de una disminución de la velocidad con la consiguiente elevación de presión. Al pasar la corriente a través del grupo de paletas del estator la para y endereza, después de lo cual es recogida por el escalón siguiente de paletas rotatorias donde continúa el proceso de presurización.

Un compresor axial simple puede estar constituido teóricamente por varias etapas según sea necesario, pero esto puede producir que a determinadas velocidades las últimas etapas funcionen con bajo rendimiento y las primeras etapas trabajen sobrecargadas. Esto puede ser corregido ya sea con extracción de aire entre etapas o se puede conseguir mucha mayor flexibilidad y rendimiento partiendo el compresor en dos sistemas rotatorios completamente independientes mecánicamente, cada uno arrastrado por su propia turbina. El compresor de alta tiene paletas más cortas que el de baja y es más ligero de peso. Puesto que el trabajo de compresión de compresor de alta trabaja a mayor temperatura que el de baja se podrán conseguir velocidades más altas antes de que las puntas de las paletas alcancen su número de Mach límite, ya que la velocidad del sonido aumenta a mayor temperatura. Por consiguiente el compresor de alta podrá rodar a mayor velocidad que el de baja.

El aire al salir del compresor pasa a través de un difusor que lo prepara para entrar a la cámara de combustión.

**Ventajas:**

La alta eficiencia y la capacidad mas elevada son las únicas ventajas importantes que tienen los compresores de flujo axial sobre las maquinas centrífugas, para las instalaciones estacionarias. Su tamaño y su peso menores no tienen mucho valor, tomando en cuenta, sobre todo, el hecho de que los precios son comparables a los de las maquinas centrífugas diseñadas para las mismas condiciones.

Desventajas:

Las desventajas incluyen una gama operacional limitada, mayor vulnerabilidad a la corrosión y la erosión y propensión a las deposiciones.

13.3.4. COMPRESORES ROTATIVOS

Operan a través de la aplicación de una rotación o movimiento circular continuo, empujando el aire desde la aspiración hacia la salida comprimiéndolo. Un compresor rotativo es una unidad de desplazamiento positivo, y comúnmente puede usarse para bombear a mayor vacío que el compresor alternativo.

No tienen válvula de admisión.

Ventajas y desventajas:

El diseño de anillo de agua tiene la ventaja de que el gas no hace contacto con las partes rotatorias metálicas. Los aspectos críticos son la presión de vapor del gas de entrada, comparada con la presión de vapor del liquido que forma el anillo de agua y el aumento de temperatura en el mismo. La presión de vapor del fluido para sellos debe ser muy inferior al punto de ebullición, porque de otra forma se evaporara el anillo de agua, ocasionara perdida de capacidad y quizás serios daños por sobrecalentamiento.

13.3.5. COMPRESORES ALTERNATIVOS

Es una maquina de desplazamiento positivo que aumenta la presión de un volumen determinado de gas mediante la reducción de su volumen inicial. La compresión se verifica por el movimiento de vaivén de un émbolo (pistón) encerrado en un cilindro.

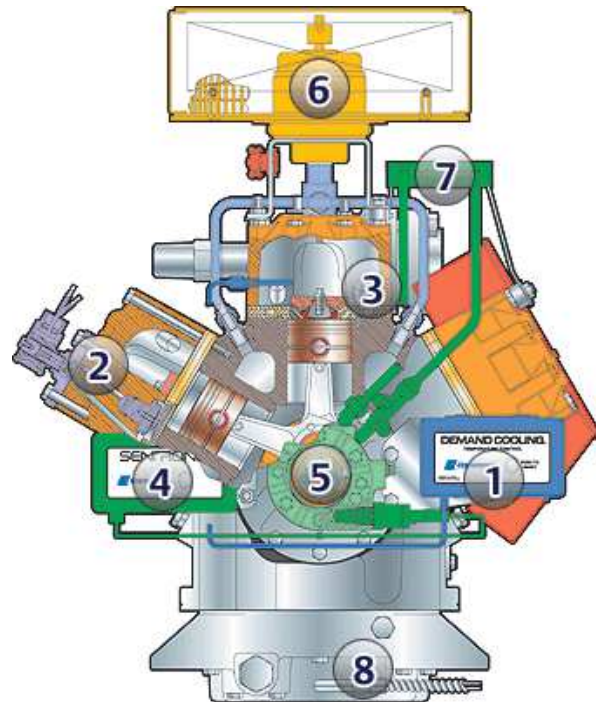
Necesitan válvulas.

El flujo es pulsante.

Estos compresores rara vez se emplean como unidades individuales, salvo que el proceso requiera funcionamiento intermitente.

Los compresores alternativos tienen piezas en contacto. Todas estas partes están sujetas a desgaste por fricción.

- 1- Demand Cooling
- 2- Control de Capacidad
- 3- Plato de Válvulas
Discus®
- 4- Sentronic®
- 5- Bomba de Aceite
- 6- Ventilador de Cabeza
- 7- Enfriador de Aceite
- 8- Calefactor de Cáster



El cuerpo del compresor puede construirse de una o dos partes de hierro fundido, acero fundido o en algún caso de aleaciones de aluminio.

Normalmente sobre cada pistón se encuentra un juego de válvulas de aspiración o succión y de descarga alojadas en una placa o plato de válvulas las que cumplen la función de hacer comprimir al compresor con el movimiento propio del pistón.

Las válvulas de succión y descarga de un compresor reciben bastante uso y golpeteo durante la operación normal, ya que ellas deben abrir y cerrar cientos de veces cada minuto mientras el compresor está en operación. Las pequeñas unidades comerciales tienen válvulas de disco de acero de alto grado, o válvulas del tipo compuerta, ambas son más silenciosas en operación, eficientes, más simples de construcción y son de mayor duración que las válvulas del tipo placa no flexibles.

La operación de las válvulas es muy importante en la eficiencia total del compresor.

Si las válvulas de succión no son las apropiadas y permiten que el vapor refrigerante se escape del cilindro, el pistón no puede bombear todo el vapor comprimido dentro de la línea de gas caliente. Si la válvula “gotea” o no es completamente hermética, el vapor comprimido o parte de él se irá a la línea de succión y allí calentará el vapor a baja presión y temperatura. Si la válvula de descarga da paso, algo del vapor a alta presión y temperatura en la línea de descarga retornará al cilindro en la carrera de descenso del pistón, limitando el volumen del vapor de succión que penetra al cilindro.

Regulación de capacidad:



La presión de descarga se ajusta a la del condensador, regulando la apertura y cierre de las válvulas.

Cuando disminuye la carga sobre el evaporador, baja la potencia frigorífica a suministrar. Se debe regular la potencia a suministrar, de no ser así se puede subenfriar el producto:

Métodos de regulación:

- Arranque/parada, en sistemas pequeños.
- Variación de la velocidad de giro del compresor.
- Descarga de cilindros (se dejan abierta las válvulas)
- Variando el espacio muerto C (no muy usada)
- By-pass entre descarga y aspiración (no tiene buena eficiencia).

La capacidad se suele regular descargando cilindros.

Los compresores alternativos deben tener, de preferencia motores de baja velocidad, de acoplamiento directo; suelen ser de velocidad constante. El control de la velocidad se logra mediante válvulas descargadoras. Con este sistema se anulan culatas de los compresores (cada culata tiene 2 cilindros). La descarga puede ser automática o manual. Los pasos normales de descarga son 0-100% (2 cilindros), 0-50-100% (4 cilindros), 33-66-100% (6 cilindros) o 0-25-50-75-100% (8 cilindros).

Influencia de la temperatura de evaporación:

Menor T^a evaporación \rightarrow menor rendimiento volumétrico, mayor volumen específico succión \rightarrow menor caudal de refrigerante.

Menor T^a evaporación \rightarrow Menor efecto frigorífico (salto de entalpía en el evaporador) y mayor salto de entalpía en el compresor.

Menor T^a evaporación \rightarrow Menor potencia frigorífica

El COP disminuye al disminuir la T^a evaporación puesto que disminuye la potencia frigorífica y aumenta la potencia de compresión.

Utilización:

El compresor alternativo se utiliza en la mayoría de las aplicaciones domésticas, comerciales pequeñas y unidades industriales de condensación.

El campo de aplicación está limitado por la temperatura de compresión, que no debe rebasar un valor máximo de 135 a 140 °C.

La utilización normal de los alternativos alcanza los 2000 m³/h, mientras que los de tornillo se mueven en el rango de 200-10000 m³/h.

Ofrecen una amplia gama de potencia 5-800 kW.

Clasificación:

Según la fase de compresión en

- Monofásico o de simple efecto, cuando el pistón realiza una sola fase de compresión (la acción de compresión la ejecuta una sola cara del pistón).
- Bifásico, de doble efecto o reciprocante cuando el pistón realiza doble compresión (la acción de compresión la realizan ambas caras del pistón).

Según las etapas de compresión se clasifican en:

- Compresores de una etapa cuando el compresor realiza el proceso de compresión en una sola etapa.
- Compresores de varias etapas (multigradual) cuando el proceso de compresión se realiza en más de una etapa con enfriamiento intermedio.

Según la disposición de los cilindros se clasifican en:



- Uno o varios cilindros en disposición horizontal (los más utilizados por su capacidad de acceso), vertical o radial; pudiendo estar en líneas rectas, ángulos rectos (uno vertical y otro horizontal), en V o en W.

Sistema DISCUS:

En este sistema la aspiración de los gases se efectúa a través del plato de válvulas que es un cuerpo hueco tabicado compuesto de tres partes soldadas al mismo; la válvula de aspiración es una válvula anular, y la de descarga (válvula DISCUS) es una pieza cónico-cilíndrica de materia plástica cuyas propiedades principales son su ligereza, elasticidad y resistencia a los aceites y fluidos frigorígenos, así como también a las altas temperaturas (480°C); además, queda eliminada prácticamente la transmisión de ruidos inherentes al batido de las válvulas metálicas. El empleo de la válvula de aspiración anular exige un mecanizado muy particular de la cabeza del pistón a fin de eliminar al mínimo el espacio muerto compatible con las tolerancias de fabricación.

Resumen

- Fiabilidad mecánica: El compresor de tornillo cuenta con menos piezas en desgaste y menos mantenimiento.
- Rendimiento energético: El compresor de tornillo tiene un rendimiento superior al alternativo cuando la instalación se encuentra a plena producción.
- Precio: El precio del compresor alternativo es menor que el del compresor de tornillo.

13.3.6. COMPRESORES HERMÉTICOS, SEMIHERMÉTICOS Y ABIERTOS

13.3.6.1. Herméticos

Generalizados en los equipos de pequeña potencia (< 10 CV), las averías interaccionan.

Única carcasa que contiene tanto al compresor como al motor de accionamiento, la cual está totalmente sellada, evitando de esta manera la posibilidad de fugas de refrigerante.

Tienen su aplicación en las pequeñas máquinas domésticas.

La unidad completamente hermética tiene ventaja de que no hay eje saliente; por consiguiente no se necesita sello, y no hay posibilidad de fuga del refrigerante desde el compresor, o de que se introduzca aire en el sistema cuando está trabajando en vacío.

Un compresor de este tipo tiene la característica, en nuestros tiempos actuales, de ser desechable, ya que sale más caro tratar de hacer una reparación interna que reemplazarlo por uno nuevo.

Normalmente el conjunto de motor y compresor van montados en resortes que amortiguan la vibración causada por la pulsación del vapor refrigerante al ser bombeado por los pistones.

La porción inferior del compresor hermético actúa como sumidero de aceite, en una forma similar al cárter de un compresor del tipo abierto. Como el aceite circula y lubrica las partes internas que se mueven recoge algo de calor causado por la fricción de las partes móviles. El aceite transfiere algo de este calor a la carcasa externa del compresor.

La mayoría de los compresores herméticos se construyen de tal manera que el vapor de succión es llevado a través del embobinado del motor antes de que llegue al



cilindro. Esto, por supuesto, ayuda a remover algo de calor de los devanados del motor y también ayuda a evaporar cualquier refrigerante líquido que pueda haber entrado al compresor.

13.3.6.2. Semiherméticos

Básicamente similares a los herméticos, estribando su diferencia en el hecho de que la carcasa es accesible desde el exterior, de tal manera que puede abrirse para mantenimiento y reparación.

Son para medias y altas potencias.

13.3.6.3. Abiertos

Disposición de dos carcasas independientes, una para compresor y la segunda para el motor de accionamiento, unidas por una transmisión mecánica. De esta forma se evita el recalentamiento de los vapores antes de admisión al cilindro, pero como contrapartida se aumenta el peligro de fugas a través del acoplamiento entre motor y compresor.

Son para medias y altas potencias.

Debe tenerse alguna previsión para evitar la fuga de gas y aceite alrededor del cigüeñal donde se extiende a través de la carcasa del compresor, para ello es necesario un sello.

Un tipo de sello es una prensa de estopa de sección cilíndrica y forma parte integral de la caja del eje cigüeñal donde el eje emerge, tiene un diámetro algo mayor que el diámetro del eje. Sobre la flecha se colocan una serie de anillos de empaque, los cuales se insertan dentro de la caja de la prensa estopas, llenando el espacio entre eje y el prensa estopas. Los empaques permanecen en su lugar por la acción de una tuerca collarín roscado la cual cuando está apretada causa que los anillos empacados presionen firmemente contra el eje y la carcasa, produciéndose así un sellado hermético entre ambas superficies. Por el movimiento propio del eje estos empaques se van desgastando con las horas de uso, lo que implica que deben ser revisados con frecuencia y ser cambiados a la primera señal de fuga de aceite o refrigerante.

Los motores pueden conectarse directamente a través de acoples directos o machones de acoplamiento, cuando el compresor opere a la misma velocidad de giro del motor de accionamiento. O el compresor puede tener un volante sobre el extremo del eje del cigüeñal, el cual gira por medio de una o más correas en V entre el volante y la correa montada sobre el eje del motor; la velocidad a la cual el compresor girará depende de la relación de diámetros del volante y la polea del motor.



13.4. LUBRICACIÓN Y REFRIGERACIÓN DEL COMPRESOR

13.4.1. LUBRICACIÓN DE COMPRESORES

Los métodos de lubricación de un compresor varían con el tipo y tamaño del mismo, así como también del fabricante del compresor. Sin embargo, para casi todos los casos, los métodos de lubricación pueden agruparse en dos tipos generales: salpique y alimentación forzada.

El método de lubricación por salpique, la caja del cigüeñal o carter actúan como bomba de sumidero y es llenada hasta el nivel de las bancadas o soporte de eje. Con cada vuelta del cigüeñal, la biela y el cigüeñal se sumergen en el aceite, haciendo que el aceite sea salpicado hasta las paredes del cilindro, bancadas y otras superficies en movimiento.

Con el método de lubricación por alimentación forzada, el aceite es forzado a pasar a través de los tubos de aceite y /o a los conductos practicados al eje cigüeñal y bielas para hacerlo llegar a las diferentes partes móviles.

13.4.2. REFRIGERACIÓN DEL COMPRESOR

La parte más caliente del compresor es la culata, por lo que la entrada de refrigerante frío se produce por la culata.

En ocasiones con esto no es suficiente y es necesario aplicar un sistema externo de refrigeración como ventiladores de aire o circuito de agua.

13.5. SELECCIÓN DEL TIPO DE COMPRESOR

Resumiendo las principales ventajas e inconvenientes de los compresores que se utilizan en refrigeración:

- a) CENTRÍFUGOS: Mueven mucho caudal de aire (mucho potencia) pero la relación de compresión es muy baja por lo que no son válidos para refrigeración con una sola etapa.
- b) HERMÉTICOS (ALTERNATIVOS): Al ser herméticos no se puede acceder al interior para repararlos, por lo que si se estropea hay que tirarlo; por ello solo se fabrican de bajas potencias porque a mayor potencia más caros y no compensaría comprar un nuevo compresor si se estropea. Debido a su baja potencia y falta de accesibilidad no se usan para grandes potencias. La ventaja es que no tienen fugas al estar herméticamente sellados.
- c) SEMIHERMÉTICOS (ALTERNATIVOS): Son los que vamos a utilizar. Son accesibles y por lo tanto reparables, y al ser semiherméticos tienen muy pocas fugas. Hay desde bajas potencias hasta altas potencias.

Por lo tanto utilizaremos compresores ALTERNATIVOS SEMIHERMÉTICOS.



13.6. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE LOS COMPRESORES

Al seleccionar un compresor, al margen de la potencia frigorífica necesaria, intervienen otros 4 parámetros:

- Temperatura de evaporación
- Temperatura de condensación
- Recalentamiento
- Subenfriamiento

En un compresor hablar de caudal másico de refrigerante y de potencia frigorífica es lo mismo para una determinada relación de compresión dada. Si la relación de compresión aumenta, la potencia frigorífica que puede dar el compresor es menor ya que movería menor caudal másico.

Temperatura de evaporación:

La temperatura de evaporación en nuestra instalación es:

- Central positiva: -10°C
- Central negativa: -35°C

Temperatura de condensación:

La temperatura de condensación en nuestra instalación es 45°C .

Recalentamiento:

Consideraremos un recalentamiento de los gases de aspiración de 10°C en las dos centrales.

Subenfriamiento:

Consideraremos un subenfriamiento del líquido de 10°C en las dos centrales.

13.7. COMPRESORES SELECCIONADOS

13.7.1. CENTRAL POSITIVA

NECESIDADES, W		93859,92
RESERVA	20%	18771,98
SIMULTANEIDAD	10%	-9385,99
TOTAL NECESIDADES, W		103245,91

“Reserva” → Es la cantidad de potencia que añadimos a las necesidades en previsión de ampliaciones del hipermercado, de averías de un compresor o de condiciones climatológicas adversas que aumenten las necesidades frigoríficas supuestas en el diseño.

“Simultaneidad” → Suponemos un determinado factor de simultaneidad suponiendo que nunca coincidirán el 100% de los servicios funcionando a plena carga.

Nº COMPRESORES	5
W POR COMPRESOR	29700

Utilizaremos 5 compresores ya que 6 puede resultar un número excesivo y si ponemos 4 la regulación de capacidad no será tan buena (compresores demasiado grandes).

Con los datos de la siguiente tabla, seleccionamos el compresor:



Tª EVAPORACIÓN	-10°C
Tª CONDENSACIÓN	+45°C
REFRIGERANTE	R-404A
TIPO COMPRESOR	Alternativo semihermético DISCUS
FABRICANTE	COPELAND
SUBENFRIAMIENTO DEL LÍQUIDO	10°C
RECALENTAMIENTO ASPIRACIÓN	10°C
COMPRESOR	D3DS-150X

Los datos técnicos del compresor son:

RENDIMIENTO A CONDICIONES ESPECIFICADAS (CADA COMPRESOR)	
CAPACIDAD, kW	29,70
POTENCIA ABSORBIDA, kW	11,75
INTENSIDAD 400V, A	20,53
C.O.P.	2,53
FLUJO DE MASA, g/s	251,00
CALOR A DISIPAR, kW	36,70

Por tanto, la capacidad y consumo de la central es:

NECESIDADES (sin contar reserva y simultaneidad), W	93859,92
CAPACIDAD TOTAL CENTRAL, W	103245,91
COEFICIENTE DE SEGURIDAD = Capacidad real central / Necesidades	1,09
POTENCIA ABSORBIDA TOTAL CENTRAL, W	11750
CALOR A DISIPAR EN CONDENSADORES, W	36700

13.7.2. CENTRAL NEGATIVA

NECESIDADES, W		22293,06
RESERVA	20%	4458,61
SIMULTANEIDAD	10%	-2229,30
TOTAL NECESIDADES, W		24522,37

Nº COMPRESORES	3 + 1 (reserva)
W POR COMPRESOR	10300

Utilizaremos 3 compresores más otro de reserva en caso de avería.

Con los datos de la siguiente tabla, seleccionamos el compresor:



Tª EVAPORACIÓN	-35°C
Tª CONDENSACIÓN	+45°C
REFRIGERANTE	R-404A
TIPO COMPRESOR	Alternativo semihermético DISCUS
FABRICANTE	COPELAND
SUBENFRIAMIENTO DEL LÍQUIDO	10°C
RECALENTAMIENTO ASPIRACIÓN	10°C
COMPRESOR	D4DL-150X

Los datos técnicos del compresor son:

RENDIMIENTO A CONDICIONES ESPECIFICADAS (CADA COMPRESOR)	
CAPACIDAD, kW	10,30
POTENCIA ABSORBIDA, kW	9,16
INTENSIDAD 400V, A	18,00
C.O.P.	1,13
FLUJO DE MASA, g/s	100,00
CALOR A DISIPAR, kW	19,45

Por tanto, la capacidad y consumo de la central es:

NECESIDADES (sin contar reserva y simultaneidad), W	22293,06
CAPACIDAD TOTAL CENTRAL, W	24522,37
COEFICIENTE DE SEGURIDAD = Capacidad real central / Necesidades	1,10
POTENCIA ABSORBIDA TOTAL CENTRAL, W	9160
CALOR A DISIPAR EN CONDENSADORES, W	19450



14. CENTRALES DE FRÍO

La Central de Frío es un conjunto de compresores conectados en paralelo a través de los colectores de descarga y aspiración.

Este tipo de instalación se realiza cuando el número de servicios de frío, muebles o cámaras es elevado y se corresponde con instalaciones de mediana o gran superficie de sala de ventas. Más de 1000/1500 m².

De esta manera, una Central de Frío de 2, 3, 4 o más compresores, habitualmente nunca más de 5 o 6, sustituye a una instalación que hubiera necesitado 20 ó más compresores independientes.

Se considera rentable su utilización en instalaciones de medianas y grandes superficies a partir de 18/20 puntos de frío diferentes en una misma instalación.

Número de compresores

Se pone el mayor número de compresores lo más pequeños (P.ej. Es mejor 4 de 2000 W que 2 de 4000 W) para tener mejor regulación de capacidad.

En cada central nunca debe haber más de 5 (como caso extremo 6) compresores, pues si no el tamaño crece mucho y el precio se dispara (siempre es más barato un compresor de 4000 W que 2 de 2000 W). Lo habitual es 3, 4 o 5 compresores.

Por ello para potencias muy grandes o se ponen 2 centrales.

Ventajas:

- a) Son compactas y prefabricadas, con lo cual, su terminación en cuanto a soldaduras (fugas de refrigerante) robustez y estética, son de una calidad superior a una instalación realizada en el lugar de montaje debido a que en fábrica hay normalmente, mas medios de construcción y control.
- b) Su dimensión en planta es muy reducida, respecto a la solución clásica de compresor por cada punto de frío, y esto permite hacer las salas de máquinas más reducidas.
- c) Todos los compresores son normalmente iguales, lo que simplifica drásticamente el almacén de repuestos de que pudiera disponer el cliente.
- d) Su disposición es normalmente más ordenada y simplifica el acceso y las labores de mantenimiento.
- e) El aceite, o sea, la lubricación del sistema, se puede asegurar mejor, ya que se les dota de un sistema de separación y retorno de aceite automático.
- f) Mejor funcionamiento de los puntos de frío, porque:
 - Los evaporadores de los puntos de frío, y, tanto sus válvulas termostáticas, funcionan entre dos presiones de condensación y aspiración muy constantes.
 - Después del desescarche, la recuperación de la temperatura en las vitrinas y cámaras, suele ser muy lenta, debida a que se exige para ello mucha potencia frigorífica y el compresor clásico que las alimenta no se puede sobredimensionar excesivamente. En cambio, la Central puede suministrar toda la potencia que en esos momentos hace falta.
 - La Central es una instalación muy flexible que se adapta muy bien a cargas frigoríficas variables en cámaras y vitrinas.
 - En una Central, al haber pocos compresores, se puede invertir unitariamente mas en cantidad y calidad de automatismos y elementos de control y vigilancia, etc.



g) Mayor fiabilidad de la instalación, debido a:

- Incorpora más elementos de protección y automatismos.
- Menor número de arranques en los compresores.
- Reducidos costos de mantenimiento al necesitar pocos elementos de repuesto.

Desventajas:

Una fuga de refrigerante nos puede vaciar de freón toda la instalación. No obstante, esta posibilidad es reducida pues las fugas normales no son violentas, sino progresivas, por lo que al vigilar periódicamente el nivel de líquido refrigerante en el depósito, este riesgo se minimiza.

Por otra parte hay que ejecutar muy cuidadosamente el tendido de la red de tuberías.

Un compresor semihermético (o sea con el bobinado del motor dentro del circuito frigorífico) que se queme, supone una contaminación de toda la instalación, debido a los ácidos y productos resultantes de la combustión del barniz de los bobinados. Para eliminar en lo posible estos problemas, se colocan los filtros antiácidos, que, si bien no lo resuelven totalmente, eliminan en gran parte las consecuencias de una avería de este tipo.

14.1. REGULACIÓN

Las Centrales de Frío se regulan por la presión de aspiración. Esta es la variable más significativa pues, si por ejemplo en un momento dado una Central de Refrigeración alimentando cámaras y vitrinas positivas, de 5 compresores tiene en marcha tres de ellos y está en equilibrio, con los puntos de frío que en ese momento están pidiendo frío, (es decir, con su solenoide abierta), la presión de aspiración será de -10°C .

Si hay otra vitrina que en un momento dado pide frío y abre su solenoide, su evaporador empezará a evaporar gas y el efecto en el conjunto es como si el mismo compresor se le hubiera aumentado el evaporador. Por tanto, la presión subirá por ejemplo a -8°C . Esta presión detectada es la que nos pone en marcha el cuarto compresor que al arrancarse recupera la presión de -10°C .

Si al contrario una vitrina se para, la presión bajará a -12°C siendo esta señal la que detiene uno de los tres compresores.

Los más conocidos medios de regulación son:

- a) Cada compresor un presostato mecánico de baja presión. Todos ellos están regulados escalonadamente. Su precio es lógicamente barato pero si hay muchos compresores en la Central, hay que distanciar suficientemente la regulación de un presostato de la de otro y la diferencia de presiones entre el primero y el último será muy grande. Por contra, es interesante en las centrales el mantener la presión de aspiración dentro de ciertos límites, por regulación y por ahorro de energía.

Además estos presostatos de baja son elementos simples y baratos que pueden desregularse fácilmente e interferir en el campo de regulación del compresor contiguo, causando fuertes irregularidades.

No es recomendable emplear este tipo de control.

- b) Por presostato neutro ó de zona muerta.



Se instala un presostato que tenga una zona muerta regulable entre los dos contactos (el que marca la entrada de un compresor y el que marca la salida). Esta señal se lleva a un bloque de temporizadores que ordenarán el arranque ó parada del correspondiente compresor.

En el sistema que menos inestabilidad da al sistema y el que con menor margen mantiene estable la presión de aspiración.

No sólo se actúa parando o accionando compresores, sino que además se actúa regulando cada compresor. Por ejemplo, en un compresor alternativo antes de parar el compresor entero se van anulando cilindros, y en lugar de enchufarlo entero se van conectando cilindros.

14.2. EQUIPAMIENTO DE LAS CENTRALES FRIGORÍFICAS

- Bancada metálica, amortiguadores antivibratorios y accesorios de montaje
- Colectores generales de líquido, descarga, aspiración y aceite
- Aislamiento colector de aspiración
- En caso de que haya problemas de ruido (edificio de viviendas), las centrales de frío se instalarán “carenadas” encapsuladas en una envolvente metálica con aislamiento acústico que garantice un nivel sonoro de 50 db en la sala de máquinas (la cual estará también aislada acústicamente).

Accesorios en las líneas generales aspiración

- Unión flexible antivibratoria
- Llave seccionamiento manual del tipo esfera

Accesorios en el colector de aspiración

- Manómetro de baja presión con llave de seccionamiento y latiguillos flexibles de conexión (para evitar vibraciones) en colector de aspiración
- Presostato control baja presión y presostato de zona muerta con llave de seccionamiento y latiguillos flexibles de conexión (para evitar vibraciones) en colector de aspiración

Accesorios en cada compresor

- Filtro mecánico en la entrada
- Llave seccionamiento manual del tipo esfera en la entrada
- Presostato de alta y baja presión para parar automáticamente cada compresor cuando la presión de descarga supere los 22 bar o cuando la presión de aspiración descienda a 0,1 bar.
- Válvula de retención en la descarga

Accesorios en el colector de descarga

- Manómetro de alta presión con llave de seccionamiento y latiguillos flexibles de conexión (para evitar vibraciones) en colector de descarga

Accesorios circuito de aceite

- Separador de aceite automático
- Recipiente de aceite con visor de nivel y válvula de presión
- Válvula de compensación de aceite entre colector de aspiración y recipiente de aceite, con llave de seccionamiento y válvula solenoide

Accesorios en la tubería de descarga

- Llave seccionamiento manual en colector de descarga
- Unión flexible antivibratoria

Accesorios condensadores

- Llave seccionamiento manual a la entrada y a la salida

Accesorios en la tubería de líquido condensador-recipiente

- Unión flexible antivibratoria

Recipiente de líquido y accesorios

- Recipiente de líquido (nosotros lo instalaremos separado de la central de frío debido a las grandes dimensiones)
- Válvulas de seguridad
- Llave seccionamiento manual a la entrada y a la salida
- Visor del nivel de refrigerante

Accesorios en la tubería de líquido tras el recipiente

- Filtro deshidratador antiácido
- Visor de líquido

Accesorios en las líneas generales líquido

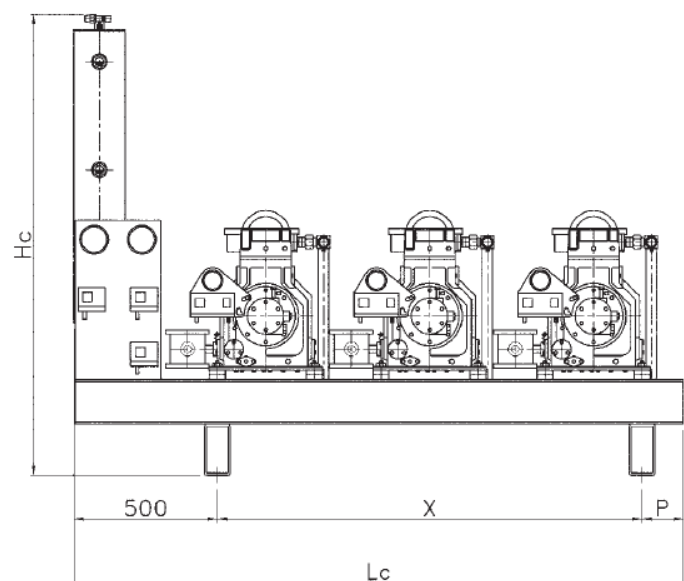
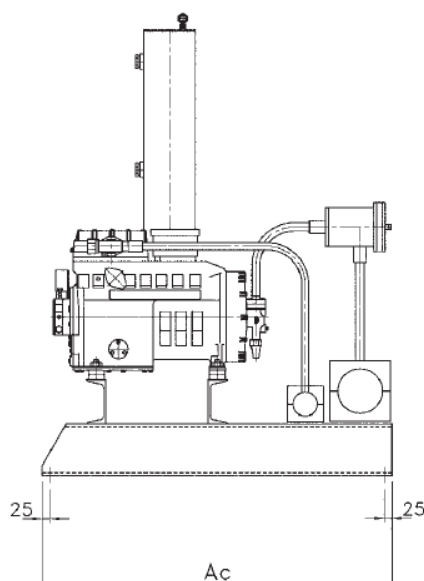
- Unión flexible antivibratoria
- Llave seccionamiento manual

14.3. CENTRALES DE FRÍO UTILIZADAS

En nuestra instalación utilizaremos Centrales de Frío montadas por COMPACTOS FRIGORÍFICOS (C+F), de las siguientes características:

	MODELO		DIMENSIONES (mm)				
			Lc	Ac	X	P	Hc
CENTRAL POSITIVA	CFA2xD3DS-150X AWM	Sin recipiente	1520	1100	820	200	1300
CENTRAL NEGATIVA	CFB2xD4DL-150X AWM	Sin recipiente	1690	1200	940	250	1300

	PESO (kg)	DIÁMETRO LÍNEAS		
		DESCARGA	LÍQUIDO	ASPIRAC.
CENTRAL POSITIVA	540	1 5/8"	1 1/8"	2 1/8"
CENTRAL NEGATIVA	640	1 3/8"	1 1/8"	2 1/8"





14.4. FOTOS CENTRALES DE FRÍO







15. SALA DE MÁQUINAS

15.1. COMPOSICIÓN Y COMUNICACIÓN CON EL RESTO DEL EDIFICIO

En la instalación que nos ocupa existe una sala de máquinas donde se reunirán exclusivamente los compresores, ya que los evaporadores están cada uno en su cámara, o mueble frigorífico, y los condensadores están en la cubierta del edificio.

Se construirá atendiendo a lo dispuesto en la MI IF 007, del actual Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

La sala de máquinas es una planta rectangular de 35 m² de superficie aproximada.

No existe comunicación de esta sala de máquinas con el resto del edificio, tal y como puede verse en el plano correspondiente.

Todos los conductos que atraviesan paredes o techos medianeros con el resto del edificio lo hacen por medio de pasamuros impidiendo cualquier paso de gas al mismo.

Los conductos que atraviesan el suelo hacia la conducción de distribución al resto de cámaras estarán dotados de pasamuros en los lugares de salida del paso hacia los correspondientes evaporadores.

Por sus características corresponde al grupo de salas de máquina de seguridad elevada.

En sala de maquinas se instalaran los correspondientes carteles indicadores de instrucciones y seguridad según el vigente reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas.

Deberá haber un pulsador de emergencia de color rojo y bien señalizado para poder detener las centrales de frío y todo el sistema frigorífico en caso de emergencia. (Ver fotografía siguiente).

En sala de maquinas se instalarán dos detectores electrónicos de fugas de gas refrigerante en cumplimiento de la Instrucción MI IF-010.

15.2. VENTILACIÓN

En cumplimiento de la MI IF 007, utilizaremos ventilación forzada que se efectuará a través de ventiladores extractores independientes del resto del edificio.

El caudal mínimo de ventilación será según la MI IF 007:

$$Q_{\min} = 50 \sqrt[3]{p^2}$$

donde:

Q es el caudal de aire del ventilador o ventiladores en m³/h

p es la carga de refrigerante en kg del equipo que mayor carga tiene

Considerando p = 785 Kg

$$Q_{\min} = 50 \sqrt[3]{785^2} = 4.254,84 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Calor a evacuar

El calor a evacuar procede del funcionamiento de los compresores y motores.

El conjunto compresor-motor absorbe una determinada potencia eléctrica. Parte de dicha potencia eléctrica se transforma en calor.



El calor que se desprende a la central y que hay que evacuar no lo conocemos, por lo que habrá que estimarlo. Consideraremos este calor como la mitad del calor que aportan los compresores al refrigerante.

Central positiva	Potencia frigorífica = 93.859,92 W
	Potencia a disipar en condensadores = 183.500 W
	Calor = 183.500 – 93.859,92 = 89.640,08 W
Central negativa	Potencia frigorífica = 22.293,06 W
	Potencia a disipar en condensadores = 76.800 W
	Calor = 76.800 – 22.293,06 = 54.506,94 W
	Calor a evacuar = $1/2 \cdot (89.640,08 + 54.506,94) = 72.073,51$ W

Teniendo en cuenta la pérdida de carga del conducto de expulsión de 10 mm.c.a., se han elegido tres ventiladores de 21.000 m³ de caudal con una presión estática de 10 mm.c.a.

Como toman el aire del exterior, la temperatura interior de la sala de máquinas nunca será menor o igual que la del exterior; por ello el caudal debe ser elevado para que en verano la temperatura interior no sea mucho mayor que la del exterior. En días fríos, es preferible no ventilar mucho para no bajar en exceso la temperatura, y por ello se coloca un termostato que para los ventiladores si baja mucho la temperatura.

Una buena temperatura interior no solo mejora el funcionamiento de la instalación (compresores, equipos eléctricos,...) sino que cualquier trabajo de mantenimiento en el interior se hace más agradable.



16. CONDENSADORES

16.1. INTRODUCCIÓN

El componente mayor en el sistema de refrigeración, que sigue a la etapa de compresión, es el condensador. Básicamente, el condensador es otra unidad de intercambio de calor en el cual el calor extraído por el refrigerante en el evaporador, y también el añadido al vapor en la fase de compresión, se disipa a un medio condensante.

El vapor a alta presión y temperatura que sale del compresor está sobrecalentado y este sobrecalentamiento se retira en la línea de descarga y la primera porción del condensador. Como la temperatura del refrigerante es bajada a su punto de saturación, el vapor se condensa en líquido para continuar el ciclo.

16.2. TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE LOS CONDENSADORES

16.2.1. CONDENSADORES ENFRIADOS POR AIRE

En los condensadores enfriados por aire, tal como indica su nombre, el refrigerante es enfriado por aire movido por los ventiladores haciéndolo pasar entre las aletas de la batería. Esta batería o haz de condensación está formada por un tubo de acero o cobre que da varias vueltas pasando por las aletas. Las aletas son de aluminio, el cual puede estar lacado para protegerlo de la corrosión según las condiciones del ambiente (en poblaciones con mar es necesario lacar las aletas).

El calor específico del aire seco o con ciertos valores de humedad relativa, que se encuentra disponible para enfriar el refrigerante, es relativamente bajo. Este aspecto, añadido a que el coeficiente de transmisión térmica entre el aire y un vapor condensante, como es el refrigerante procedente del compresor, es también pequeño, hace que los caudales de aire que hay que mover para producir la condensación a una determinada temperatura sean importantes.

Esta sería una razón que limitaría en principio la aplicación de condensadores por aire a potencias frigoríficas no excesivamente grandes.

No obstante, y debido a la escasez cada vez mayor y por tanto a las restricciones en el consumo de agua, así como su precio, han proliferado las máquinas frigoríficas que utilizan el aire en la condensación.

Generalmente, el aire se hace circular de manera forzada, orientándolo o canalizándolo sobre el conjunto de tubos aleteados mediante electro-ventiladores. La gama de potencias resulta muy amplia, desde pocos miles hasta más de 300.000 W, siendo la velocidad del aire del orden de 2 a 6 m/s aproximadamente.

Para la máxima eficacia de funcionamiento se requiere que el condensador no trabaje inundado.

Ubicación de los condensadores:

La ubicación del condensador es muy importante para mantener una alimentación de aire fresco constante. Deben de estar en lugares donde sea posible la correcta circulación de aire.

Los condensadores pueden estar ubicados cerca o lejos del compresor. Cuando el condensador está montado en una base común con el compresor esto obtiene el nombre de “unidad condensadora” tal como muestra la siguiente figura.



La importancia que la unidad condensadora obtenga aire fresco, radica que si esta se encontrara en un lugar cerrado y sin renovación de aire, el calor producido por el compresor, el ventilador y el mismo calor irradiado por el condensador comienza a acumularse. Como resultado, la unidad trabajará a una mayor temperatura y presión de condensación y descarga con la consecuencia de pérdida de eficiencia y problemas de condensación. En estos casos se suelen utilizar condensadores centrífugos con una toma y expulsión a través de conductos directamente de la calle.

El condensador también se puede ubicar en una terraza del edificio. En este caso la alimentación con aire fresco está garantizada.

Otro factor a tener en cuenta es la ubicación del condensador respecto al recipiente de líquido. Es necesario que el condensador ubicado siempre por encima del recipiente de líquido para que el líquido pueda fluir al recipiente y el gas vuelva al condensador.

16.2.1.1. Condensadores helicoidales (axiales) verticales u horizontales

Son condensadores para ubicarlos en el exterior (terracea).

Pueden ser horizontales o verticales.

El aire entra por la cara de abajo y sale por arriba (horizontales), o entra por un lateral y sale por el otro (verticales).

Son condensadores de geometría plana, es decir, ocupan mucho en planta y poco en altura. Sin embargo son relativamente pequeños en comparación con los condensadores en V ya que el aire circula más rápido.

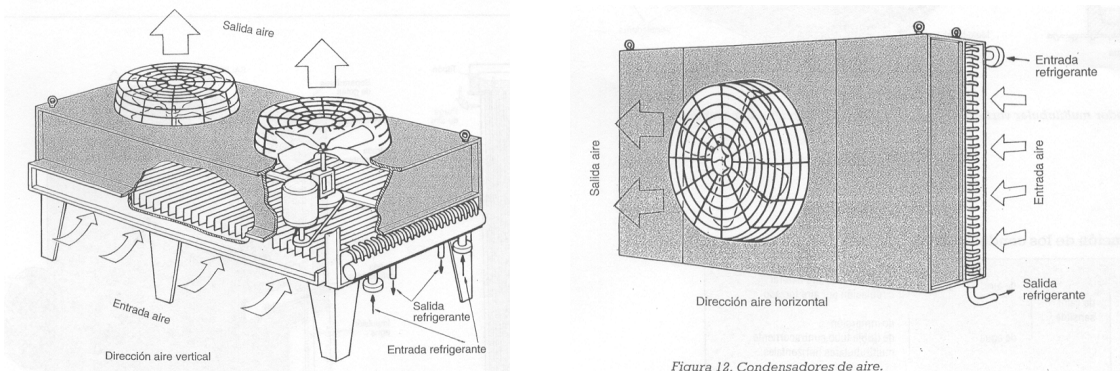


Figura 12. Condensadores de aire.

Desventajas respecto a los condensadores en V:

- El caudal de aire necesario es grande y por lo tanto son ruidosos.
- La superficie en planta que ocupan es muy grande, ya sean los horizontales por su propio tamaño o los verticales ya que hay que dejar espacio para que absorban el aire.

Ventajas respecto a los condensadores en V:

- Al tener mayor caudal de aire, la superficie de intercambio es menor y por lo tanto son más baratos.



16.2.1.2. Condensadores helicoidales (axiales) en V

Son condensadores para ubicarlos en el exterior (terraza).

El aire entra por los laterales, los cuales están inclinados formando una V y sale por arriba.

Son condensadores cuya dimensión en planta es pequeña y con mucha altura. Son mayores en superficie de intercambio que los condensadores horizontales o verticales ya que el aire circula más lento.

Ventajas respecto a los condensadores horizontales o verticales:

- El caudal de aire necesario es pequeño y por lo tanto son silenciosos.
- La superficie en planta que ocupan es pequeña, por lo que hay menos problemas de espacio para poder ubicarlos en la terraza.

Desventajas respecto a los condensadores horizontales o verticales:

- Al tener menor caudal de aire, la superficie de intercambio es mayor y por lo tanto son más caros.



16.2.1.3. Condensadores centrífugos

Son condensadores cuyos ventiladores son centrífugos en lugar de helicoidales.

Estos condensadores se suelen colocar en el interior del edificio, generalmente en la sala de máquinas encima de la central de frío formando una unidad condensadora.

Este tipo de condensadores son de elevada velocidad de aire y por lo tanto pequeños y ruidosos. Será necesario tenerlo en cuenta al aislar acústicamente la sala en la que estén ubicados.

Si la ventilación del local no es lo suficientemente grande, que es lo que ocurre casi siempre, será necesario la realización de unos conductos de entrada y salida de aire desde el exterior para alimentar al condensador. Estos conductos deberán llevar silenciadores para reducir el ruido, transformando la energía sonora en calor. Será necesario seleccionar los silenciadores adecuados para la velocidad del aire.



16.2.1.4. Condensadores multicircuito

Cualquiera de los condensadores anteriores se puede construir en configuración multicircuito, en el cual hay dos o más circuitos independientes dentro del mismo condensador.

De esta forma se utiliza el mismo condensador para todos los circuitos frigoríficos de la instalación.



16.2.2. CONDENSADORES ENFRIADOS POR AGUA

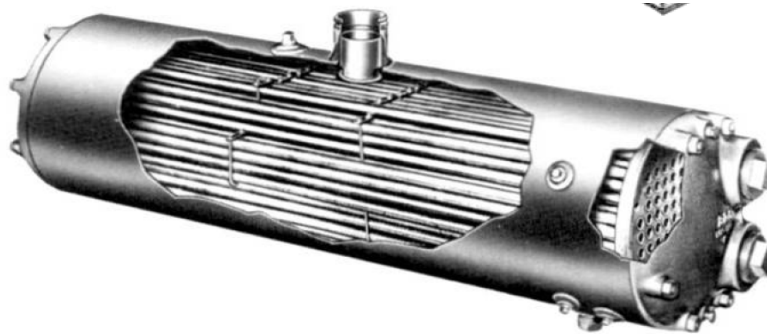
Los condensadores enfriados por agua permiten temperaturas y presiones de condensación bajas, también suministran mejor control de los topes de presión de las unidades de operación. Se clasifican en: carcasa y tubo, carcasa y serpentín y de doble tubo o de tubo en tubo.

Inicialmente era clásica la utilización del condensador de doble tubo a contracorriente, consistente en dos tubos de distinto diámetro colocados concéntricos; el refrigerante circula por el espacio que definen los dos tubos, y el agua por el conducto interior en sentido contrario. Pueden conseguirse valores globales de coeficiente de transmisión de calor relativamente altos, del orden de 600-700 W/(m² °C), o más.

Se instalan también como intercambiadores de calor para conseguir un subenfriamiento adecuado.

Una manera perfeccionada, basada en el mismo principio, es la utilización de varios tubos paralelos colocados vertical u horizontalmente (**multitubular**). Los diámetros y la colocación de los tubos varían entre unos valores que en la actualidad son prácticamente estandarizados. Conviene aumentar al máximo la superficie de intercambio, cosa que se consigue incorporando aletas de refrigeración a los tubos, con lo cual se logra disminuir el tamaño total.

El consumo de agua suele ser mayor en los condensadores verticales que en los horizontales y, por lo general, también suelen ser de mayor costo, hay que tener cuidado con los tipos de agua (dureza) que se utilizan para evitar posibles incrustaciones.



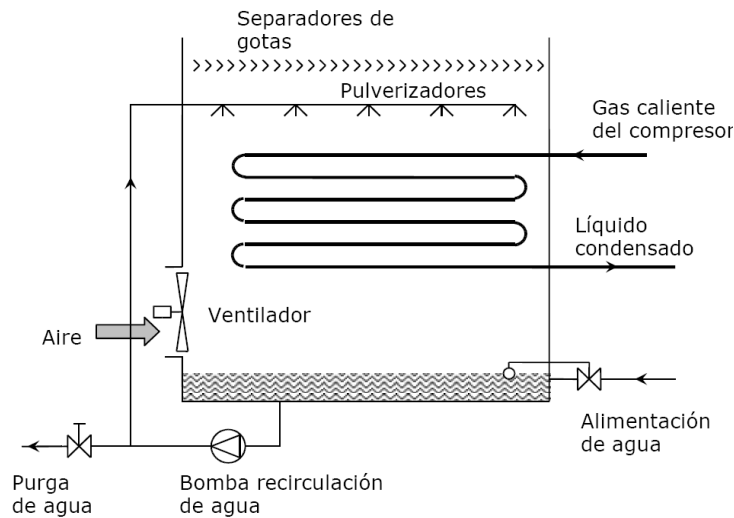
Si en vez de un número de tubos dentro de la carcasa del condensador hay uno o más serpentines continuos a través de los cuales el agua fluye para remover calor del vapor refrigerante, se clasifica como un condensador de **carcasa y serpentín**.

16.2.3. CONDENSADORES EVAPORATIVOS

Los condensadores evaporativos se utiliza frecuentemente cuando se desean temperaturas de condensación inferiores a las que pueden obtenerse con condensadores enfriados por aire y en donde el suministro de agua no es adecuado para una intensa utilización.

Su consumo oscila alrededor del 10 % o menos de agua de condensación de la que sería necesaria en un condensador multitubular del tipo horizontal.

Funcionamiento



El vapor de refrigerante caliente fluye a través de tuberías dentro de una cámara con rociadores de agua en donde es enfriado mediante la evaporación del agua que entra en contacto con los tubos de refrigerante. El agua que se expone al flujo del aire en una cámara con rociadores se evaporará rápidamente.

El calor latente requerido para el proceso de evaporación se obtiene mediante una reducción en el calor sensible y, por consiguiente, mediante una reducción de la temperatura del agua. Una cámara de evaporación con rociador puede reducir temperatura del agua a un punto que se aproxima a la temperatura del bulbo húmedo del aire.

Puesto que el enfriamiento se realiza mediante la evaporación de agua, el consumo de aguas es únicamente una fracción de la que se utiliza en sistemas de enfriamiento en los que el agua después de utilizarse se descarga a un drenaje.

Los condensadores evaporativos son por consiguiente, muy utilizados en regiones del mundo que son áridas y calientes.

16.2.4. TORRES DE REFRIGERACIÓN

Como ya se ha apuntado en otros comentarios, el agua es un medio cada día más escaso y caro y, por tanto, no puede utilizarse y tirarse posteriormente, sea por razones puramente económicas o bien por cuestiones normativas o reglamentarias.

Por esta razón, existen equipos auxiliares de los grandes condensadores por agua, destinados a la conservación y recuperación del agua para su recirculación y reutilización en la función condensadora.

El agua caliente obtenida del condensador se rocía o pulveriza desde la parte superior de la torre de recuperación que cae por gravedad o a presión hacia su parte inferior. Mediante la circulación de aire por el interior de la torre se consigue que el agua le ceda su calor reduciendo su temperatura, por evaporación parcial, fundamentalmente.

Cuanto mayor sea la superficie que entre en contacto aire-agua y durante mayor tiempo, mayor será el efecto de enfriamiento. También tiene influencia la velocidad del aire y si el flujo de ambos se realiza a equicorriente o a contracorriente.



16.3. CALOR A DISIPAR EN LOS CONDENSADORES

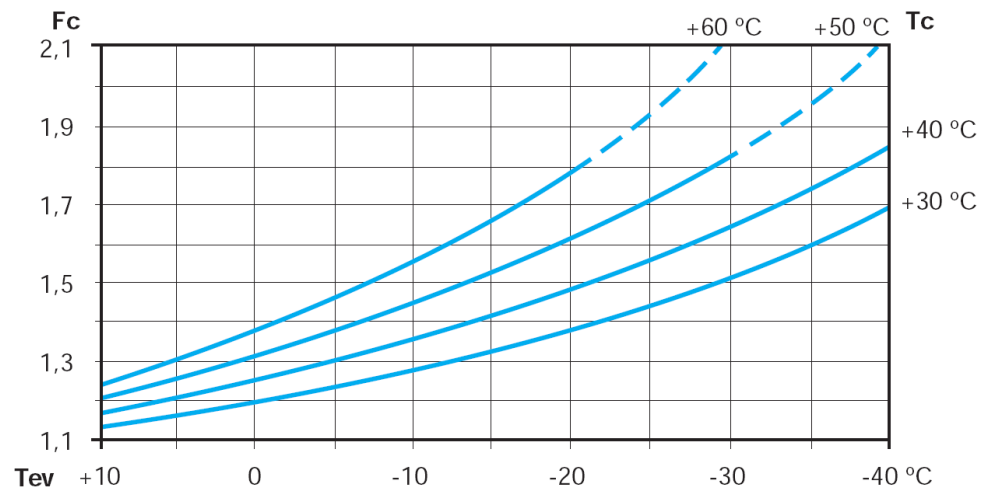
En un condensador el calor que se debe disipar es la suma de la potencia frigorífica de los compresores (que es la que produce los evaporadores) más el calor debido al trabajo mecánico del compresor y a los rozamientos. En el caso de unidades semiherméticas agregaremos además el calor disipado por el motor eléctrico.

$$Q = Fc \times Qu$$

Qu = Capacidad frigorífica útil, en W

Q = Capacidad frigorífica nominal, en W

Fc = Factor de corrección de la capacidad. Es un valor que da el fabricante del condensador en función de las temperaturas de condensación y de evaporación



Hay fabricantes de compresores que nos dan directamente el valor del calor a disipar, como es el caso de COPELAND a través de su programa informático COPELAND SELECT.

De modo orientativo, se suele tomar como valor de FE los siguientes:

- $Fc = 1,5$ en refrigeración ($T_{ev} = -10^{\circ}\text{C}$ y $T_{cond} = 45^{\circ}\text{C}$)
- $Fc = 2$ en congelación ($T_{ev} = -35^{\circ}\text{C}$ y $T_{cond} = 45^{\circ}\text{C}$)

16.4. TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN Y SALTO TÉRMICO

La temperatura de condensación es la temperatura a la que el refrigerante condensa, y esta temperatura es la que determina la presión de condensación y de descarga de los compresores.

Nuestro punto de diseño es con una temperatura de condensación de 45°C .

La temperatura del aire del ambiente considerada para la selección del condensador es de 38°C .

Por tanto el salto térmico entre refrigerante y aire es:

$$\Delta T = T_{cond.} - T_{amb.} = 45 - 38 = 7^{\circ}\text{C}$$

Este salto térmico junto al calor a disipar nos determinará el condensador a elegir. Es importante reseñar que, al igual que en los evaporadores, el calor a disipar es:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

donde U = coeficiente global de transferencia de calor

A = área del condensador



ΔT = salto térmico

Por lo que un ΔT mayor implicaría un condensador de menor tamaño (más barato) pero también implicaría que cuando suba la temperatura ambiente habrá problemas de condensación y será necesario subir la temperatura de condensación para mantener el ΔT , con el consiguiente aumento del consumo eléctrico y bajada de rendimiento del compresor.

16.5. SUBENFRIAMIENTO

Un alto grado de subenfriamiento en el condensador indica que está inundado de refrigerante, su área efectiva de disipación de calor se reduce y su presión será alta, con la consecuente pérdida de capacidad del sistema.

El subenfriamiento en el condensador nos determina con precisión la carga correcta de refrigerante en un sistema. Cero subenfriamiento en el condensador nos indica que al sistema le falta refrigerante, y se formarían burbujas de vapor en la línea de líquido. Un subenfriamiento elevado en el condensador nos causa altas pérdidas económicas y costos de operación (y elevación de la presión de descarga).

Es necesario tomar en cuenta que cuando la temperatura ambiente sube, el valor del subenfriamiento en el condensador baja, y viceversa.

16.6. SELECCIÓN DE CONDENSADORES

16.6.1. TIPO DE CONDENSADOR

En primer lugar indicaremos que el condensador que vamos a utilizar será enfriado por aire, ya que a pesar del mayor consumo eléctrico de la instalación el problema de la legionela es muy grave y serio y actualmente aún no está resuelto. De hecho en frío industrial y comercial, excepto cuando hay pozos de agua en el subsuelo, no se suelen utilizar condensadores por agua.

Los condensadores estarán ubicados en la azotea del edificio. Por tanto el condensador a utilizar será helicoidal (axial) y no centrífugo.

El fabricante de los condensadores será FRIMETAL.

16.6.2. MÉTODO DE SELECCIÓN DE CONDENSADORES FRIMETAL

Para seleccionar el condensador hay que calcular la capacidad nominal que se necesita, ya que en los catálogos se da la capacidad nominal del condensador.

La capacidad nominal es la capacidad del condensador según las condiciones de la norma ENV 327: $T_c = 40^\circ\text{C}$ y $\Delta T = 15\text{ K}$

La capacidad nominal se calcula de la siguiente forma:

$$Q_n = Q_f \cdot \frac{15}{\Delta T} \cdot F_c \cdot F_r \cdot F_a$$

Q_n = Capacidad nominal del condensador

Q_f = Capacidad frigorífica de la instalación

ΔT = Salto térmico = $T_c - T_{am}$

T_c = Temperatura de condensación

T_{am} = Temperatura del aire en el ambiente

T_{ev} = Temperatura de evaporación

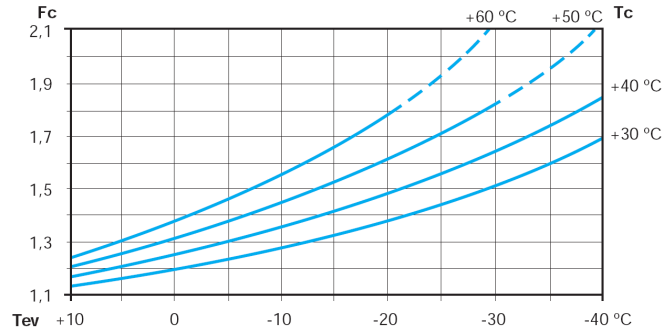
F_c = Factor calor de compresión

F_r = Factor del refrigerante



F_a = Factor de altitud

El valor de $Q_r F_c$ es el calor a disipar en el condensador Q_d , del cual hemos hablado con anterioridad. Para su cálculo, bien se puede determinar el valor de F_c de la tabla siguiente en función de las temperaturas de evaporación y condensación, o en ocasiones el producto $Q_r F_c$ es un dato del fabricante del compresor (nuestro caso).



Sabiendo el refrigerante utilizado y la altitud del lugar donde irá ubicado el condensador, se obtienen los factores F_r y F_a según los cuadros siguientes:

Altitud - Altitude m.	0	400	800	1200	1600	2000	2400
F_a	1	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,20

Refrigerante - Refrigerant	R-404A	R-22	R-134a
F_r	1	1,04	1,07

16.6.3. CONDENSADOR CENTRAL POSITIVA

Tª CONDENSACIÓN T_c	45°C
Tª EVAPORACIÓN T_{ev}	-10°C
Tª AIRE AMBIENTE T_{am}	38°C
SALTO TÉRMICO $\Delta t = T_c - T_{am}$	7°C
FACTOR DEL REFRIGERANTE F_r (R-404A)	1
FACTOR DE ALTITUD F_a (Majadahonda: 743 m)	1,06
CALOR A DISIPAR EN EL CONDENSADOR Q_d (W) Obtenido de los datos de los compresores	183500

El condensador elegido es el siguiente:

MODELO	VCS 487
CONEXIÓN	Triángulo
CAPACIDAD NOMINAL ($Dt=15K$) (W)	487000
CAPACIDAD DE APLICACIÓN ($Dt=7K$) (W)	227000
CAUDAL DE AIRE (m^3/h)	117600
NIVEL SONORO (dBA)	47
Nº VENTILADORES (400V/3F/50Hz)	12
DIÁMETRO VENTILADORES (mm)	800
SUPERFICIE CONDENSADOR (m^2)	1910
VOLUMEN INTERNO (dm^3)	182
CONEXIÓN ENTRADA (mm)	2 x 79
CONEXIÓN SALIDA (mm)	2 x 54
PESO	1870
ANCHO (mm)	2300



LARGO (mm)	6250
ALTO (mm)	1880

16.6.4. CONDENSADOR CENTRAL NEGATIVA

Tª CONDENSACIÓN T_c	45°C
Tª EVAPORACIÓN T_{ev}	-35°C
Tª AIRE AMBIENTE T_{am}	38°C
SALTO TÉRMICO $\Delta t = T_c - T_{am}$	7°C
FACTOR DEL REFRIGERANTE Fr (R-404A)	1
FACTOR DE ALTITUD Fa (Majadahonda: 743 m)	1,06
CALOR A DISIPAR EN EL CONDENSADOR Q_d (W) Obtenido de los datos de los compresores	76800

El condensador elegido es el siguiente:

MODELO	CBS 195
CONEXIÓN	Triángulo
CAPACIDAD NOMINAL (Dt=15K) (W)	56600
CAPACIDAD DE APLICACIÓN (Dt=7K) (W)	26900
CAUDAL DE AIRE (m³/h)	13100
NIVEL SONORO (dBA)	40
Nº VENTILADORES (400V/3F/50Hz)	5
DIÁMETRO VENTILADORES (mm)	800
SUPERFICIE CONDENSADOR (m²)	954
VOLUMEN INTERNO (dm³)	22
CONEXIÓN ENTRADA (mm)	35
CONEXIÓN SALIDA (mm)	22
PESO	193
ANCHO (mm)	1210
LARGO (mm)	6350
ALTO (mm)	1110



17. RED DE TUBERÍAS

17.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE REFRIGERACIÓN

Los materiales más frecuentes son el acero y el cobre.

Por economía, resistencia a la corrosión y sencillez de montaje el más habitual es el cobre, excepto en instalaciones de amoníaco pues en presencia de humedad el amoníaco ataca a los metales no ferrosos. Asimismo en tuberías de más de 3 o 4 pulgadas, éstas suelen ser de acero ya que al aumentar el diámetro la presión admisible de la tubería decrece y el acero soporta mayores presiones

En nuestro caso, con refrigerante R-404A, las tuberías de cobre son suficientes para los diámetros utilizados (todos menores de 4"), ya que la presión máxima que podría haber en la instalación no implica riesgo en las tuberías.

Las tuberías de cobre pueden ser de temple duro y de temple suave o recocidas. Los tubos estirados en frío se sirven en longitudes de hasta 5 o 6 metros, mientras que las de temple suave se adquieren en rollos de 15 o 25 metros de longitud.

En cualquier caso la tubería utilizada deberá ser especial para refrigeración, decapada y deshidratada, con los espesores adecuados a la norma UNE-EN-12735-1 de 2001:

Características generales de los tubos de cobre		
	R290 "Duro"	R220 "Recocido"
Peso específico (kg/dm ³)	8,9	8,9
Temperatura de fusión (°C)	1083	1083
Conductibilidad térmica (kcal/m ² /m/h)	340	340
Coefficiente de dilatación lineal (x10 ⁻⁶)	17	17
Calor específico (kcal/kg)	0,092	0,092
Temperatura de recocido (°C) (aprox.)	-----	500
Temperatura de forja	750-900	750-900
Decapado (solución por)	10% H ₂ SO ₄	10% H ₂ SO ₄
Resistencia a tracción Rm (MPa)	290	220
Alargamiento (%)	3	40
Dureza (indicativa) (HV 5)	mínimo 100	40 a 70

FUENTE: Norma UNE-EN 12735-1

Dimensiones normalizadas en tuberías comerciales de cobre para refrigerantes								
Medida	Dext (pulgada)	Dext (mm)	Rollo de tubo		Presiones admisibles (bar)	Barra de tubo		Presiones admisibles (bar)
			esp (mm)	Dint (mm)		esp (mm)	Dint (mm)	
1/8"	0,1250	3,175	0,8	1,575	222			
5/32"	0,15625	3,969	0,8	2,369	177			
			1	1,969	222			
3/16"	0,1875	4,763	0,8	3,163	148			
1/4"	0,2500	6,350	0,8	4,750	111			



			1	4,350	139			
5/16"	0,3125	7,938	0,8	6,338	89			
			1	5,938	111			
3/8"	0,3750	9,525	0,8	7,925	74	0,8	7,925	97
			1	7,525	92	1	7,525	122
1/2"	0,5000	12,700	0,8	11,100	55	0,8	11,100	73
			1	10,700	69	1	10,700	91
5/8"	0,6250	15,875	0,8	14,275	44	0,8	14,275	58
			1	13,875	55	1	13,875	73
3/4"	0,7500	19,050	1	17,050	46	1	17,050	61
						1,25	16,550	76
7/8"	0,8750	22,225	1	20,225	40	1	20,225	52
						1,25	19,725	65
1"	1,0000	25,400				1	23,400	46
1 1/8"	1,1250	28,575				1	26,575	41
						1,25	26,075	51
1 3/8"	1,3750	34,925				1,25	32,425	42
1 5/8"	1,6250	41,275				1,25	38,775	35
2 1/8"	2,1250	53,975				1,25	51,475	27
						1,65	50,675	35
2 5/8"	2,6250	66,675				1,25	64,175	22
						1,65	63,375	29
						2	62,675	35
3 1/8"	3,1250	79,375				1,65	76,075	24
						2,5	74,375	37
3 1/2"	3,5000	88,900				2	84,900	26
3 5/8"	3,6250	92,075				1,65	88,775	21
						2,5	87,075	31
4 1/8"	4,1250	104,775				1,65	101,475	18
						2,5	99,775	28

FUENTE: Norma UNE-EN 12735-1 + Catálogos DINAGAS, TUB-E, DISCO y HALCOR ACR-TALOS

Diámetros de tuberías normalizados

Nota: En rojo aquellas tuberías no normalizadas pero comerciales

Las presiones admisibles dependen del fabricante.

Dimensiones normalizadas en tuberías comerciales de acero para refrigerantes			
Medida	Dext (mm)	esp (mm)	Dint (mm)
1/8"	10,2	2,00	6,2
1/4"	13,5	2,35	8,8
3/8"	17,2	2,35	12,5
1/2"	21,3	2,65	16,0
3/4"	26,9	2,65	21,6
1"	33,7	3,25	27,2
1 1/4"	42,4	3,25	35,9
1 1/2"	48,3	3,25	41,8
2"	60,3	3,65	53,0
2 1/2"	76,1	3,65	68,8
3"	88,9	4,05	80,8



3 1/2"	101,6	4,05	93,5
4"	114,3	4,50	105,3
5"	139,7	4,85	130,0
6"	165,1	4,85	155,4

FUENTE: Acero norma DIN 2440

Las uniones entre tuberías normalmente se realizan por soldaduras con aleación de plata.

Debido a los graves problemas que puede causar la humedad y la suciedad en las válvulas de expansión, las tuberías deben guardarse con tapones en los extremos para que no entre humedad ni suciedad. Esto es importante sobre todo cuando las tuberías están en la obra, donde la cantidad de suciedad y polvo es muy grande y además puede entrar mucha humedad o incluso agua.

17.2. CONSIDERACIONES GENERALES EN EL DISEÑO DE TUBERÍAS

La determinación de tuberías es una serie continua de riesgos. Es deseable obtener la máxima potencia, el más bajo precio de costo, un retorno de aceite perfecto, un mínimo consumo eléctrico, la mínima carga de refrigerante, el más bajo nivel sonoro, una perfecta regulación de refrigerante en alta y baja presión y la adaptación de la instalación para el 0 a 100% de la carga térmica sin problemas de lubricación. Desgraciadamente ninguno de estos imperativos se puede satisfacer completamente sin arriesgar alguno de los otros.

Los sistemas de tuberías frigoríficas se diseñan para:

- Asegurar una adecuada alimentación de los evaporadores
- Proporcionar tamaños prácticos de las líneas frigoríficas sin una caída de presión excesiva
- Evitar que en cualquier parte del sistema queden retenidas cantidades excesivas de aceite lubricante, asegurando unas velocidades mínimas que aseguren el retorno de aceite a los compresores
- Proteger el compresor de la pérdida de aceite lubricante
- Evitar que refrigerante líquido o bolsas de aceite lleguen al compresor durante los períodos de funcionamiento y de parada
- Mantener el sistema limpio y seco

En general las pérdidas de carga tienden a disminuir la capacidad frigorífica y a aumentar la energía consumida.

17.3. EFECTOS DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA

Al dimensionar las líneas de refrigerante, las consideraciones relativas al coste favorecen unos diámetros tan pequeños como sea posible. Sin embargo esto origina unas pérdidas de carga muy grandes.

El refrigerante experimenta una caída de presión para vencer la fricción interna y externa, mientras fluye a través de tuberías, evaporador, condensador, etc.



17.3.1. ASPIRACIÓN (EVAPORADOR Y TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN)

En esta parte del circuito es donde los efectos de las pérdidas de carga son más nefastos, para el funcionamiento de la instalación.

- La presión de aspiración corresponde a una temperatura ficticia de aspiración inferior a la temperatura de admisión del fluido expansionado en el evaporador
- El volumen específico de los vapores aspirados es superior al de los vapores que hubieran sido aspirados sin pérdidas de carga, de modo que disminuye el peso de refrigerante bombeado y el rendimiento del compresor cae.
- En el diagrama P-h el punto de entrada al compresor se desplaza hacia la derecha, lo que hace prever el aumento de temperatura al final de la compresión

17.3.2. VÁLVULAS DE DESCARGA

El vapor debe ser comprimido hasta una presión considerablemente mayor que la presión de condensación para forzar la salida del vapor a través de las válvulas de descarga contra la presión de condensación y contra la acción de los resortes de dichas válvulas.

17.3.3. DESCARGA (TUBERÍA DE DESCARGA Y CONDENSADOR)

- La presión de descarga es superior a la presión de condensación que corresponde a la presión de descarga sin las pérdidas de carga
- Este aumento de presión unido al descenso de la presión de aspiración hace aumentar la relación de compresión. Esto motiva una disminución del rendimiento volumétrico del compresor y por lo tanto se reduce su capacidad frigorífica
- El trabajo mecánico del compresor aumenta debido al descenso de la producción frigorífica. El rendimiento global del compresor será por tanto más pequeño

17.3.4. LÍQUIDO (CONDENSADOR-VÁLVULA DE EXPANSIÓN)

- La presión del fluido admitido en la válvula de expansión disminuya disminuyendo el caudal de ésta y la presión a la salida de la válvula permanece constante (ya que al necesitar menor salto de presión la válvula se cierra un poco y se reduce el caudal)
- Reducción de la potencia frigorífica debido a que a la válvula de expansión puede llegarle algo de vapor y no solo líquido ya que la evaporación ha podido comenzar en las tuberías. Las consecuencias de estas pérdidas de carga pueden compensarse parcialmente por el subenfriamiento de líquido. Sin el subenfriamiento del líquido una mínima pérdida de carga provoca la evaporación parcial del fluido en la tubería de líquido; esta evaporación se retrasará a medida que el subenfriamiento sea mayor

A pesar de ello, la caída de presión del líquido no tiene efecto alguno en la eficiencia del ciclo, sin embargo si llega a producirse gas en parte del líquido antes de que éste llegue a la válvula de expansión, se reducirá la capacidad de ésta, se crearán problemas de regulación y de control, se generará ruido en las válvulas de expansión como consecuencia de las turbulencias, y se producirá un mal relleno del evaporador.



Será preciso asegurar un subenfriamiento tal que garantice la no formación de burbujas de gas en la tubería de líquido.

Además de las pérdidas de presión por rozamiento, existen pérdidas de presión por diferencias de altura. Si el recipiente está por debajo del evaporador, habrá una pérdida importante de presión.

17.4. DIMENSIONADO DE LAS LÍNEAS DE REFRIGERANTE

Las pérdidas de carga máximas admisibles se estiman en la caída de temperatura de saturación equivalente, ya que dependen menos del tipo de refrigerante y saltos de presión iguales representan un mayor salto de temperaturas a presiones bajas.

17.4.1. LÍNEA DE ASPIRACIÓN

Desde un punto de vista de diseño, estas líneas son las más críticas del sistema. Deben dimensionarse para:

- Obtener una caída de presión razonable a plena carga
- Hacer volver el aceite desde el evaporador al compresor en condiciones de carga mínima
- Evitar que el aceite pase desde un evaporador en funcionamiento a otro que esté fuera de uso

Una caída de presión en la línea de aspiración reduce la capacidad del sistema, ya que fuerza al compresor a funcionar a una presión de aspiración más baja para mantener en el evaporador la temperatura de evaporación deseada.

Las líneas de aspiración se diseñan de modo que la fricción cause una caída de presión no superior a la que corresponde un cambio de 1 K en la temperatura de saturación.

Las pérdidas de presión para un cambio de 1 K en saturación con R-404A son:

R-404A	$T_{\text{evap}} = -10^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,147 \text{ bar}$
R-404A	$T_{\text{evap}} = -35^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,071 \text{ bar}$
R-404A	$T_{\text{evap}} = 0^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,189 \text{ bar}$

Las líneas a baja temperatura deben dimensionarse para una caída de presión muy baja o aceptar la penalización de altas pérdidas de temperatura equivalente y la consecuente pérdida de capacidad del equipo.

Con caídas de presión muy bajas, todos los montantes de aspiración o de gas caliente (descarga) deben dimensionarse correctamente para asegurar el arrastre de aceite hacia arriba del montante. Si hay que reducir el tamaño de un tubo para dar al gas suficiente velocidad hacia arriba a cargas parciales, a plena carga las caídas de presión serán mayores. En general éstas se pueden compensar sobredimensionando las líneas horizontales y las descendentes. También se puede colocar doble montante.

17.4.1.1. Diseño de la tubería

Tramo horizontal $\rightarrow 2,5 - 10 \text{ m/s}$ (14 m/s)

Inferior a 2,5 m/s no asegura arrastre de aceite

Es recomendable que la tubería tenga una pendiente de 1-2%.

Tramo vertical $\rightarrow 5 - 14 \text{ m/s}$

Inferior a 5 m/s no asegura arrastre de aceite

DT máximo $\rightarrow 1^{\circ}\text{C}$

Las pérdidas de presión para un cambio de 1 K en saturación con R-404A son:



R-404A	$T_{\text{evap}} = -10^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,147 \text{ bar}$
R-404A	$T_{\text{evap}} = -35^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,071 \text{ bar}$
R-404A	$T_{\text{evap}} = 0^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,189 \text{ bar}$

17.4.2. LÍNEA DE DESCARGA

Las líneas de descarga deben diseñarse:

- Para evitar la retención de aceite en el funcionamiento a carga parcial
- Para evitar que el refrigerante condensado y el aceite en la tubería vuelvan a la culata del compresor, ya sea durante una parada o durante el funcionamiento a baja temperatura ambiente en los casos en que hay largas líneas de descarga al exterior
- Con conexiones cuidadosamente seleccionadas desde una tubería común hasta varios compresores
- Evitar que se produzcan ruidos o vibraciones excesivas debidas a pulsaciones de gas caliente, a vibraciones del compresor, o a ambas cosas.

La caída de presión en las líneas de gas caliente incrementa la potencia frigorífica que debe dar el compresor y disminuye su capacidad.

Las líneas de descarga se diseñan de modo que la fricción cause una caída de presión no superior a la que corresponde un cambio de 1 K en la temperatura de saturación.

Las pérdidas de presión para un cambio de 1 K en saturación con R-404A son:

R-404A	$T_{\text{cond}} = 45^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,475 \text{ bar}$
--------	--	--------------------------	--------------------------------

Aún cuando es deseable una pequeña caída de presión, si se sobredimensionan estas tuberías se puede reducir la velocidad del gas a un punto tal que el refrigerante no arrastre el aceite. Por tanto al usar varios compresores con control de capacidad, hay que asegurarse que todos los montantes de descarga transportarán el aceite a todas las cargas posibles.

17.4.2.1. Diseño de la tubería

Tramo horizontal y vertical descendente $\rightarrow 2,5 - 10 \text{ m/s}$ (14 m/s)

Inferior a 2,5 m/s no asegura arrastre de aceite

Es recomendable que la tubería tenga una pendiente de 1-2%.

Tramo vertical ascendente $\rightarrow 5 - 14 \text{ m/s}$

Inferior a 5 m/s no asegura arrastre de aceite

DT máximo $\rightarrow 1^{\circ}\text{C}$

Las pérdidas de presión para un cambio de 1 K en saturación con R-404A son:

R-404A	$T_{\text{cond}} = 45^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,475 \text{ bar}$
--------	--	--------------------------	--------------------------------

17.4.3. LÍNEA DE LÍQUIDO

Las líneas de líquido deben proyectarse de modo que llegue líquido ligeramente subenfriado al dispositivo de alimentación de líquido, a una presión lo suficientemente alta para un correcto funcionamiento.

Hay que considerar dos factores:



- La línea de líquido y sus válvulas y accesorios deben dimensionarse para una caída de presión por fricción que sea práctica
- Deben tomarse precauciones para evitar el revaporizado en la línea de líquido, o bien tratarlo si no es práctico el evitar su aparición

La caída de presión no debe ser tan grande como para formar gas en la línea de líquido, para tener insuficiente presión de líquido en los dispositivos de alimentación de líquido, o ambas cosas a la vez. Los sistemas se diseñan de modo que la fricción cause una caída de presión no superior a la que corresponde un cambio de 0,5 a 1 K en la temperatura de saturación.

Las pérdidas de presión para un cambio de 1 K en saturación para una temperatura de condensación de 45°C con R-404A son:

R-404A	$T_{\text{cond}} = 45^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,475 \text{ bar}$
--------	--	--------------------------	--------------------------------

La velocidad en esta tubería no es el factor esencial para su diseño, ya que el refrigerante líquido y el aceite están mezclados íntimamente.

El factor primordial es que la pérdida de carga no ocasione la evaporación del líquido en la tubería.

Dicha formación gaseosa tiene efectos negativos en la instalación:

- Aumentan las turbulencias y por consiguiente la pérdida de carga
- Reduce considerablemente la capacidad de las válvulas de expansión, además de ruido en ellas y un mal relleno del evaporador

Además de las pérdidas de presión por rozamiento, existen pérdidas de presión por diferencias de altura. Si el recipiente está por debajo del evaporador, habrá una pérdida importante de presión.

Las pérdidas de carga en la línea de líquido no tiene incidencia directa en el consumo eléctrico. La pérdida de potencia es despreciable. Por ello se considera únicamente la totalidad de las pérdidas de carga permitidas por el subenfriamiento.

Nunca se debe tener una velocidad del líquido superior a 1,6 m/s ya que cuando se cierre la válvula solenoide se pueden provocar choques violentos.

17.4.3.1. Diseño de la tubería

Tramo condensador-recipiente de líquido → Máximo 0,5 m/s

Tramo recipiente de líquido-evaporadores → Máximo 1 m/s

DT máximo → 0,5-1°C

Las pérdidas de presión para un cambio de 1 K en saturación para una temperatura de condensación de 45°C con R-404A son:

R-404A	$T_{\text{cond}} = 45^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,475 \text{ bar}$
--------	--	--------------------------	--------------------------------



17.5. TABLA DE CAPACIDAD DE TUBERÍAS

Capacidad en kilovatios de las líneas de aspiración, descarga y líquido con refrigerante 404A. Tuberías horizontales de cobre																
Diámetro nominal exterior de la línea de cobre "	Líneas de aspiración Dt = 0,04 K/m								Líneas de descarga Dt = 0,02 K/m, Dp = 0,11 PSI/m						Líneas de líquido	
	Temperatura de saturación en aspiración, °C								Temperatura de saturación en aspiración, °C						Velocidad = 0,5 m/s (a)	Dt=0,02 K/m Dp=0,11 PSI/m (b)
	-40	-35	-30	-25	-10	-5	0	+5	-40	-35	-25	-10	0	+5		
	Dp correspondiente, PSI/m															
0,028	0,034	0,040	0,047	0,077	0,083	0,095	0,107									
1/4"					0,21	0,25	0,33	0,42	0,31	0,33	0,38	0,49	0,56	0,60	0,63	1,62
3/8"			0,17	0,24	0,48	0,59	0,76	0,93	1,40	1,45	1,55	1,80	2,01	2,11	3,51	6,21
1/2"	0,27	0,34	0,42	0,50	0,88	1,08	1,28	1,48	2,31	2,34	2,41	2,51	2,57	2,61	6,37	10,1
5/8"	0,52	0,66	0,80	0,95	1,68	2,06	2,45	2,84	4,38	4,45	4,59	4,78	4,90	4,96	10,3	19,4
(3/4")	0,89	1,14	1,39	1,65	2,93	3,58	4,25	4,92	7,61	7,73	7,97	8,29	8,50	8,61	15,7	33,7
7/8"	1,58	2,02	2,46	2,92	5,17	6,31	7,49	8,66	13,4	13,6	13,9	14,6	14,9	15,1	24,0	59,6
1 1/8"	3,13	4,01	4,89	5,80	10,2	12,5	14,8	17,1	26,4	26,8	27,5	28,7	29,4	29,8	40,1	118
1 3/8"	5,78	7,39	9,00	10,7	18,7	22,9	27,1	31,3	48,1	48,9	50,4	52,5	53,9	54,5	63,5	217
1 5/8"	9,65	12,3	15,0	17,7	31,1	37,9	44,9	52,0	79,7	80,9	83,5	86,9	89,1	90,2	93,1	359
2 1/8"	19,2	24,5	29,8	35,2	61,8	75,3	89,2	103	157	160	165	172	176	178	157	715
2 5/8"	34,3	43,7	53,2	62,8	110	134	159	183	280	284	293	305	313	317	243	1274
3 1/8"	53,2	67,9	82,5	97,4	170	208	246	284	433	439	453	472	484	490	339	1972
3 5/8"	77,4	101	124	148	243	290	354	418	633	642	661	689	706	715	449	2790
4 1/8"	115	146	177	208	364	443	525	606	922	936	965	1005	1031	1043	605	4227

(a) Este dimensionado se recomienda cuando el gas generado en el recipiente deba retornar por la línea de condensado al condensador, sin restringir el flujo de condensado que sale del condensador, tal como ocurre en los condensadores de agua cuando la temperatura ambiente en el recipiente puede ser más alta que la temperatura de condensación del refrigerante.

(b) La caída de presión en la línea Dp es conservadora; si el subenfriamiento es importante o la línea es corta, puede utilizarse un diámetro más pequeño. Las aplicaciones con muy poco subenfriamiento o con líneas muy largas pueden necesitar una tubería mayor.

**NOTAS**

1. Basado en una longitud de tubería equivalente de 25 metros en aspiración y líquido, 50 metros en descarga, y una temperatura de condensación de 45°C.

ASPIRACIÓN --> Dt máximo = 1°C --> Leq=25m

DESCARGA --> Dt máximo = 1°C --> Leq = 50m

LÍQUIDO --> Dt máximo = 0,5-1°C --> Leq=25-50m

4. Para calcular el tamaño de la tubería para otros kW y longitudes equivalentes, usar las siguientes fórmulas.

$$\text{Capacidad de la línea} = \text{Capacidad en la tabla} \cdot \left(\frac{L_e \text{ de tabla}}{L_e \text{ real}} \times \frac{\text{Pérdida } \Delta t \text{ real}}{\text{Pérdida } \Delta t \text{ en tabla}} \right)^{0,55}$$

Temperatura de saturación Dt para otras capacidades y longitudes equivalentes L_e

$$\Delta t = \Delta t \text{ de tabla} \cdot \frac{L_e \text{ real}}{L_e \text{ de tabla}} \cdot \left(\frac{\text{Capacidad real}}{\text{Capacidad de tabla}} \right)^{1,8}$$

Fuente: ASHRAE Refrigeration 2000

17.6. CARACTERÍSTICAS DEL MONTAJE DE LAS TUBERÍAS

Tramos horizontales en aspiración y descarga

La tubería deberá tener una pendiente de 1-2% en sentido del flujo en las tuberías de aspiración y descarga, para favorecer el arrastre de aceite. En líquido no es necesario.

Tramos verticales ascendentes en aspiración y descarga

En los tramos verticales ascendentes se deberá colocar un sifón en la parte inferior y un contrasifón en la parte superior. Así mismo si el remonte es muy largo (más de 7-10 metros) se deberán instalar sifones intermedios cada 6-7 metros.

Tramos verticales ascendentes en aspiración

En el caso de que haya más de un servicio se deberá hacer doble remonte vertical en aspiración.

En la tubería de descarga no es necesario ya que se instala un separador de aceite en la parte inferior del remonte.

Tuberías de líquido

Deberán discurrir paralelas a las tuberías de aspiración.

Derivación de las tuberías de líquido

Las derivaciones en las tuberías de líquido se deberán realizar por la parte inferior de la tubería general para evitar retorno de aceite.

Acometidas de las tuberías de aspiración a las líneas generales o parciales

Las acometidas de las tuberías de aspiración a las líneas generales o parciales se deberán realizar por la parte superior de la tubería general para evitar retorno de aceite.



Soporte de tuberías

Las tuberías horizontales que transcurran por techo irán montadas sobre bandejas metálicas galvanizadas, con amortiguadores de muelle o de caucho entre la bandeja y la tubería, o cubiertas por algún material antivibratorio tipo espuma.

El apoyo de las tuberías sobre la bandeja o su sujeción a pared (en el caso de verticales) se realizará mediante bridas antivibratorias e isofónicas.

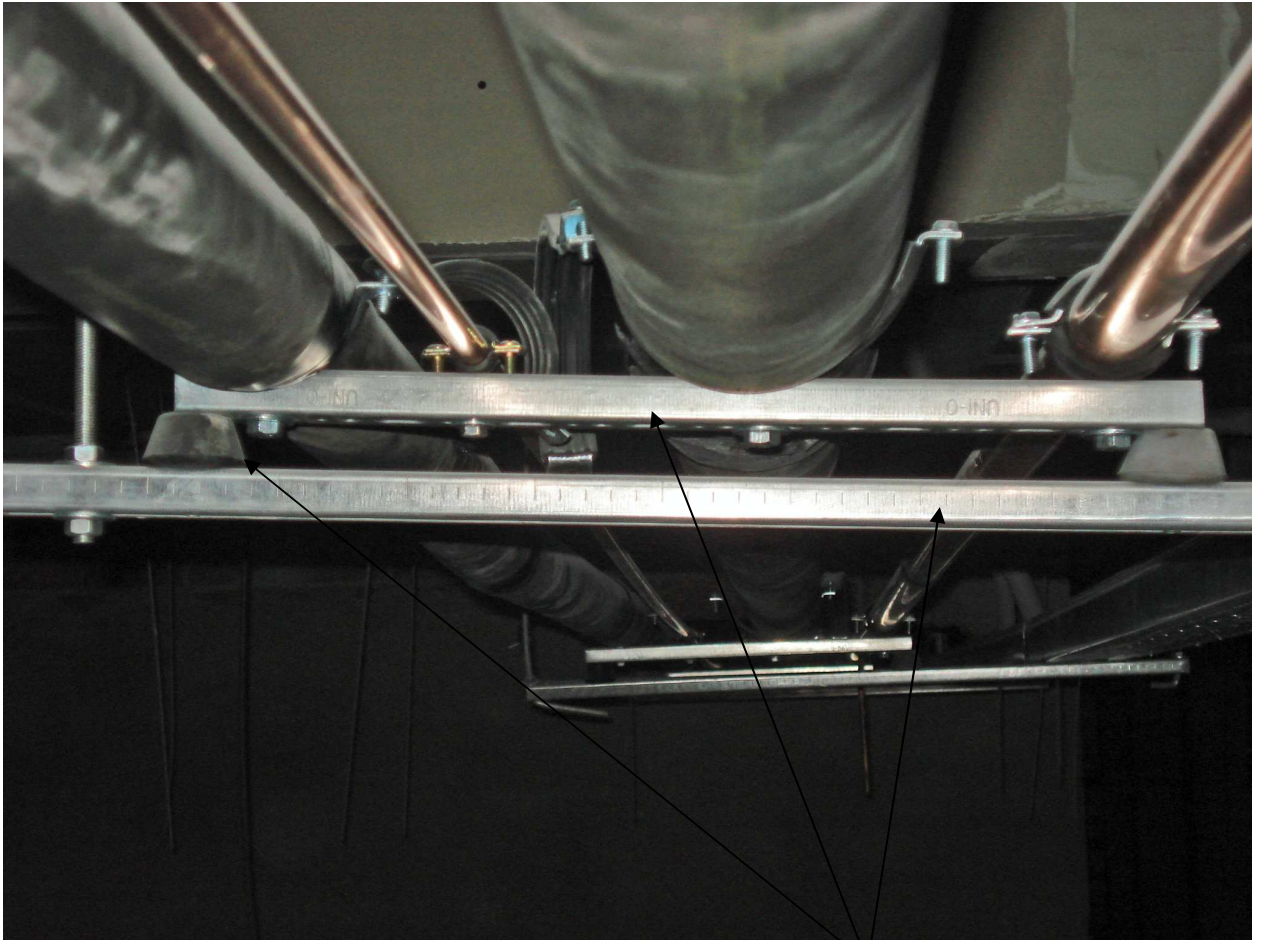
SOPORTES TUBERIA GENERAL



Varilla roscada abrochada al forjado mediante taco de retacar. No se abrocha al techo acústico

Abrazadera isofónica independiente para cada línea. En el caso de aspiración dos opciones posibles:

- 1.- El aislamiento térmico cubriendo la abrazadera
- 2.- Entre la abrazadera y el aislamiento térmico colocar pieza curva plástica dura de unos 150 mm de longitud



Soporte de doble carril unidos mediante amortiguador

SOPORTES SALA DE MAQUINAS

El mismo formato que en la tubería general, sólo que aquí el amortiguador entre los soportes de carril se realiza mediante muelles.



SOPORTES DESCARGA VERTICAL



Pieza en forma de 360° para la descarga, se coloca cada 5 mts aprox.; en el retorno a calderín no hace falta.

Abrazaderas isofónicas independientes por línea

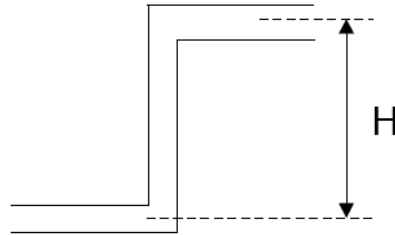


17.7. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA

Las pérdidas de carga se descomponen en tres:

- Pérdidas de carga dinámicas por rozamiento en tubos
- Pérdidas de carga por rozamiento en accesorios
- Pérdidas de carga estáticas por diferencia de altura.

17.7.1. PÉRDIDAS ESTÁTICAS POR DIFERENCIA DE ALTURA



$$\Delta p_h = \rho \cdot g \cdot H$$

17.7.2. PÉRDIDAS DINÁMICAS POR ROZAMIENTO

Las pérdidas de carga se identifican con la pérdida de energía de un flujo hidráulico a lo largo de una conducción, por efecto del rozamiento

El flujo de un líquido en una tubería viene acompañado de una pérdida de energía, que suele expresarse en términos de energía por unidad de peso de fluido circulante, que se denomina pérdida de carga y que tiene dimensiones de longitud.

En el caso de tuberías horizontales, la pérdida de carga se manifiesta como una disminución de presión en el sentido del flujo.

La pérdida de carga está relacionada con otras variables fluidodinámicas según sea el tipo de flujo, laminar o turbulento.

Además de las pérdidas de carga lineales (a lo largo de los conductos), también se producen pérdidas de carga singulares en puntos concretos como codos, ramificaciones, válvulas, etc.

17.8. TUBERÍAS UTILIZADAS

Utilizaremos tuberías de cobre ya que en nuestro caso, con refrigerante R-404A, las tuberías de cobre son suficientes para los diámetros utilizados (todos menores de 4"), ya que la presión máxima que podría haber en la instalación no implica riesgo en las tuberías.



PECOMARK			
Diámetro ext. (pulgadas)	Longitud (m)	Espesor (mm)	Nº metros necesarios
3/8"	0	0,80	0
1/2"	15,48	0,80	25
5/8"	6,74	0,80	15
3/4"	19	1,00	30
7/8"	77,48	1,00	120
1 1/8"	90,921	1,00	140
1 3/8"	64,05	1,25	100
1 5/8"	39,08	1,25	60
2 1/8"	18,7	1,25	30
2 5/8"	0	1,65	0
3 1/8"	0	1,65	0

17.9. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS

17.9.1. INTRODUCCIÓN

Los aislamientos de las tuberías se instalan por tres razones:

- Prevenir la condensación de la humedad ambiente (tubería de aspiración)
- Reducir las ganancias de calor en las tuberías a baja t^a (tubería de aspiración)
- Evitar accidentes en las zonas de paso en tuberías a alta temperatura (tuberías de descarga)

La tubería de descarga no se debe aislar, ya que es mejor que el gas comprimido pierda calor.

Las tuberías de descarga y de líquido no son aisladas, a no ser que sea necesario por razones de seguridad.

El aislamiento en las tuberías frías se calcula para que la temperatura de la cara exterior sea superior a la temperatura de rocío del aire exterior a la tubería y así evitar condensaciones exteriores.

Por el exterior del aislamiento se coloca una barrera antivapor, debido a que la humedad deteriora la capacidad aislante del aislamiento.

Debe tenerse en cuenta que:

- El diámetro tubería+aislamiento es de 2 a 3 veces mayor que el de la tubería
- El coste del aislamiento es del mismo orden que el de tubería.

17.9.2. MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN

La IT.IC-19 del Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria da una serie de recomendaciones acerca de los materiales y colocación del aislamiento térmico.



17.9.2.1. Materiales

El material de aislamiento no contendrá sustancias que se presten a la formación de microorganismos en él. No desprenderá olores a la temperatura a que va a estar sometido, no sufrirá deformaciones como consecuencia de las temperaturas ni debido a una accidental formación de condensaciones. Será compatible con las superficies a que va a ser aplicado, sin provocar corrosión de las tuberías en las condiciones de uso.

La conductividad térmica del aislamiento será la especificada por la norma NBE-CT Condiciones Térmicas en los edificios. El proyectista podrá considerar en sus cálculos la variación del coeficiente de conductividad térmica respecto a la temperatura. El aislamiento de las calderas o de partes de la instalación que van a estar próximas a focos de fuego, será de materiales incombustibles.

En cualquier caso, se recomienda la utilización de materiales incombustibles.

17.9.2.2. Colocación

La aplicación del material aislante deberá cumplir las exigencias que a continuación se indican:

Antes de su colocación deberá haberse quitado de la superficie aislada toda materia extraña, herrumbre etc.

A continuación se dispondrán dos capas de pintura antioxidante u otra protección similar en todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación.

El aislamiento se efectuará a base de mantas, filtros, placas, segmentos, coquillas, soportadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante, cuidando que haga un asiento compacto y firme en las piezas aislantes y de que se mantenga uniforme el espesor.

Cuando el espesor del aislamiento exigido requiera varias capas de éste, se procurará que las juntas longitudinales y transversales de las distintas capas no coincidan y que cada capa quede firmemente fijada.

El aislamiento irá protegido con los materiales necesarios, para que no se deteriore en el transcurso del tiempo.

El recubrimiento o protección del aislamiento se hará de manera que éste quede firme y lo haga duradero. Se ejecutará disponiendo amplios solapes para evitar pasos de humedad al aislamiento y cuidando que no se aplaste. En las tuberías y equipos situados a la intemperie, las juntas verticales y horizontales se sellarán convenientemente y el terminado será impermeable e inalterable a la intemperie recomendándose los revestimientos metálicos sobre base de emulsión asfáltica o banda bituminosa.

La barrera antivapor, si es necesaria, deberá estar situada en la cara exterior del aislamiento, con el fin de garantizar la ausencia de agua condensada en la masa aislante.

Cuando sea necesaria la colocación de flejes distanciadores, con objeto de sujetar el revestimiento y protección y conservar un espesor homogéneo del aislamiento, para evitar paso de calor dentro del aislamiento (puentes térmicos) se colocarán remachadas, entre los mencionados distanciadores y la anilla distanciadora correspondiente plaquitas de amianto o material similar, de espesor adecuado.

Todas las piezas de material aislante, así como su recubrimiento protector y demás elementos que entren en este montaje, se presentarán sin defectos ni exfoliaciones.



Aislamiento térmico de tuberías y accesorios:

Hasta un diámetro de 150 mm, el aislamiento térmico de tuberías colgadas o empotradas deberá realizarse siempre con coquillas, no admitiéndose para este fin la utilización de lanas a granel o fieltros; solo podrán utilizarse aislamientos a granel en tuberías empotradas en el suelo.

En ningún caso, en las tuberías, el aislamiento por sección y capa presentara más de dos juntas longitudinales.

Las válvulas, bridas y accesorios se aislaran preferentemente con casquetes aislantes desmontables, de varias piezas, con espacio suficiente para que al quitarlos se puedan desmontar aquellas (dejando espacio para sacar los tornillos), del mismo espesor que el calorifugado de la tubería en que están intercalados, de manera que, al mismo tiempo que proporciona un perfecto aislamiento, sean fácilmente desmontables para la revisión de estas partes sin deterioro del material aislante. Si es necesario dispondrán de un drenaje.

Los casquetes se sujetaran por medio de abrazaderas de cinta metálica, provista de cierres de palanca para que sea sencillo su montaje y desmontaje.

Delante de las bridas se instalara el aislamiento por medio de coronas frontales engatilladas y, de tal forma que puedan sacarse con facilidad los pernos de dichas bridas.

En el caso de accesorios para reducciones, la tubería de mayor diámetro determinara el espesor del material a emplear.

Se evitara en los soportes el contacto directo entre estos y la tubería.

El recubrimiento o protección del aislamiento de las tuberías y sus accesorios deberá quedar liso y firme. Podrán utilizarse protecciones adicionales de plástico, aluminio, etc., siendo estas recomendables en las tuberías y equipos situados a la intemperie.

En estos casos, en los codos, arcos, tapas, fondos de depósitos y demás elementos de forma se realizará la protección en segmentos individuales engatillados entre si.

17.9.3. AISLAMIENTO UTILIZADO EN LA INSTALACIÓN

Todas las tuberías y elementos de las líneas de aspiración irán aislados para evitar condensaciones.

El aislamiento se llevará a cabo mediante coquilla de espuma elastomérica de estructura celular cerrada, flexible, de la marca ARMAFLEX, con las siguientes características:

- Coeficiente de conductividad térmica a 0°C: $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
- Permeabilidad al vapor de agua: $0,038 \text{ g}\cdot\text{cm/m}^2\cdot\text{día m.m.Hg}$.
- Resistencia a la difusión del vapor de agua $\mu = 7000$
- Resistencia al fuego M1, según norma UNE 23727
- Temperatura de utilización: +105 / -40°C

El espesor que utilizaremos es:

- 1/2" (13 mm) en refrigeración y obradores → ARMAFLEX IT13
- 3/4" (19 mm) en congelación → ARMAFLEX IT19

El aislamiento térmico de los circuitos frigoríficos y de los aparatos, se realizará (o completará) con posterioridad a los controles y pruebas de estanqueidad.



17.10. PRUEBAS DE ESTANQUIDAD Y DE VACÍO DEL CIRCUITO

17.10.1. PRUEBAS DE ESTANQUIDAD (MI-IF-010)

Todo elemento de un equipo frigorífico, incluidos los indicadores de nivel de líquido, que forme parte del circuito de refrigerante debe ser probado, antes de su puesta en marcha, a una presión igual o superior a la presión de trabajo, pero nunca inferior a la indicado en la tabla I, denominada presión mínima de prueba de estanqueidad, según el refrigerante del equipo, y según pertenezca al sector de alta o baja presión del circuito, sin que se manifieste pérdida o escape alguno del fluido en la prueba.

Los fluidos refrigerantes, no comprendidos en la citada tabla I, utilizarán como presión de prueba de estanqueidad, las correspondientes a las presiones de saturación de 60° C y 40° C, para los sectores de alta y baja presión, respectivamente.

Si la instalación está dispuesta de modo que el sector de baja presión pueda estar sometido, en alguna fase de servicio, a la presión de alta (por ejemplo, en la operación de desescarche de evaporadores), todos los elementos deberán ser considerados como pertenecientes al sector de alta presión, a efectos de la prueba de estanqueidad.

La prueba se efectuará una vez terminada la instalación en su emplazamiento, y es independiente de las que prescribe el vigente Reglamento de Aparatos a Presión. Se exceptúan de ella los compresores, absorbedores, generadores, condensadores, y evaporadores que ya hayan sido previamente probados en fábricas, así como los elementos de seguridad, manómetros y dispositivos de control.

La prueba de estanqueidad se efectuará con un gas adecuado, sin presencia de gases o mezclas combustibles en el interior del circuito, al que se añadirá, en los casos en que sea posible, un aditivo que facilite la detección de la fuga. Este no ha de ser inflamable ni explosivo, debiendo evitarse las mezclas de aceite-aire.

El dispositivo utilizado para elevar la presión del circuito deberá estar provisto de manómetro a la salida y tener válvula de seguridad o limitador de presión.

Estas pruebas de estanqueidad se realizarán bajo la responsabilidad del instalador frigorista autorizado y, en su caso, del técnico competente director de la instalación, quienes una vez realizadas satisfactoriamente, extenderán el correspondiente certificado.

La Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía podrá asistir a la realización de las mismas o efectuarlas, si así lo juzga conveniente, al realizar la inspección exigida en el capítulo anteriormente mencionado, y exigirá la certificación de la prueba de estanqueidad, realizada en fábrica, de los equipos compactos, semicompactos y de absorción herméticos, cuando los haya.



TABLA I
PRESIONES RELATIVAS MÍNIMAS DE PRUEBA DE ESTANQUEIDAD EN KILOGRAMO POR
CENTÍMETRO CUADRADO A EFECTOS DE LO DISPUESTO EN EL NÚMERO 1 DE ESTA
INSTRUCCIÓN

Refrigerantes: Kg/cm ²				
Número de identificación	Nombre químico	Fórmula química	Sector	
			Alta	Baja
R-11	Triclorfluorometano	CCl ₃ F	2	2
R-12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	16,5	10
R-13	Clorotrifluorometano	CClF ₃	48	48
R-13B1	Bromotrifluorometano	CBrF ₃	30,5	17
R-21	Diclorofluorometano	CHCl ₂ F	5	2
R-22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	21	10,5
R-30	Cloruro de metileno	CH ₂ Cl ₂	2	2
R-40	Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	15	8,5
R-113	1,1,2-Triclorotrifluoretano	CCl ₂ FCClF ₂	2	2
R-114	1,2-Diclorotetrafluoretano	CClF ₂ CClF ₂	3,5	3,5
R-160	Cloruro de etilo	CH ₃ CH ₂ Cl	4,5	3,5
R-170	Etano	CH ₃ -CH ₃	84,5	49,5
R-290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	21	10,5
R-C318	Octofluorciclobutano	C ₄ F ₈	9	5
R-500	Diclorodifluorometano (R12) 73,8 % + Difluoretano (R-152a) 26,2 %	CCl ₂ F ₂ 73,8 % + CH ₃ CHF ₂ 26,2 %	20	10,5
R-502	Clorodifluorometano (R22) 48,8 % + Cloropentafluoretano (R-115) 51,2 %	CHClF ₂ 43,8 % + CClF ₂ CF ₃ 51,2 %	21	10,5
R-600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	7	3,5
R-600a	Isobutano	CH(CH ₃) ₂	9	5
R-611	Formiato de metilo	HCOOCH ₃	3,5	3,5
R-717	Amoniaco	NH ₃	21	10,5



R-744	Anhídrido Carbónico	CO ₂	105,5	70,5
R-764	Anhídrido Sulfuroso	SO ₂	12	6
R-1130	1,2-Dicloroetileno	CHCl = CHCl	2	2
R-1150	Etileno	CH ₂ = CH ₂	112,5	84,5
Ampliada por <u>ORDEN de 23 de noviembre de 1994</u>				
R-23	Trifluorometano	CHF ₃	60,45	60,45
R-123	2,2-dicloro-1,1,1-trifluoretano	CHCl ₂ -CF ₃	3,34	1,73
R-124	2 Cloro-1,1,1,2-tetrafluoretano	CHClF-CF ₃	10,83	6,52
R-125	Pentafluoretano	CHF ₂ -CF ₃	35,26	21,81
R-134a	1,1,1,2-Tetrafluoretano	CH ₂ F-CF ₃	19,13	11,17
R-401A (53/13/34)	Clorodifluorometano (R-22) 1,1-Difluoretano (R-152a) 2 Cloro-1,1,1,2-tetrafluoretano (R-124)	CHClF (53 %) CH ₃ -CHF ₂ (13 %) CHClF-CF ₃ (34 %)	20,31	12,28
R-401B (61/11/28)	Clorodifluorometano (R-22) 1,1-Difluoretano (R-152a) 2 Cloro-1,1,1,2-tetrafluoretano (R-124)	CHClF (61 %) CH ₃ -CHF ₂ (11 %) CHClF-CF ₃ (28 %)	20,91	13,24
R-401C (33/15/52)	Clorodifluorometano (R-22) 1,1-Difluoretano (R-152a) 2 Cloro-1,1,1,2-tetrafluoretano (R-124)	CHClF ₂ (33 %) CH ₃ -CHF ₂ (15 %) CHClF-CF ₃ (52 %)	17,55	10,45
R-402A (60/2/38)	Pentafluoretano (R-125) Propano (R-290) Clorodifluorometano (R-22)	CHF ₂ -CF ₃ (60 %) C ₃ H ₈ (2 %) CHClF ₂ (38 %)	32,67	21,4
R-402B (38/2/60)	Pentafluoretano (R-125) Propano (R-290) Clorodifluorometano (R-22)	CHF ₂ -CF ₃ (38 %) C ₃ H ₈ (2 %) CHClF ₂ (60 %)	32,0	20,0
R-404A (44/4/52)	Pentafluoretano (R-125) 1,1,1,2-tetrafluoretano (R-134a) 1,1,1-Trifluoroetano (R-143a)	CHF ₂ -CF ₃ (44 %) CH ₂ F-CF ₃ (4 %) CH ₃ -CF ₃ (52 %)	31,02	19,89
R-407C (23/25/52)	Difluorometano (R-32) Pentafluorometano (R-125) 1,1,1,2-tetrafluoretano (R-134a)	CH ₂ F ₂ (30 %) CHF ₂ -CF ₃ (10 %) CH ₂ F-CF ₃ (60 %)	29,32	18,80

Lo habitual es la realización de esta prueba en atmósfera de nitrógeno seco ya que este gas tiene un alto poder deshidratante y de esta forma eliminamos humedad del interior de la tubería.

17.10.2. PRUEBAS DE VACÍO

Además de la prueba de estanqueidad, será necesario realizar una prueba de vacío con el fin de eliminar el aire del interior de la instalación.

El objetivo de esta prueba es el de eliminar todo el aire del interior y así reducir la presencia de humedad en la instalación.

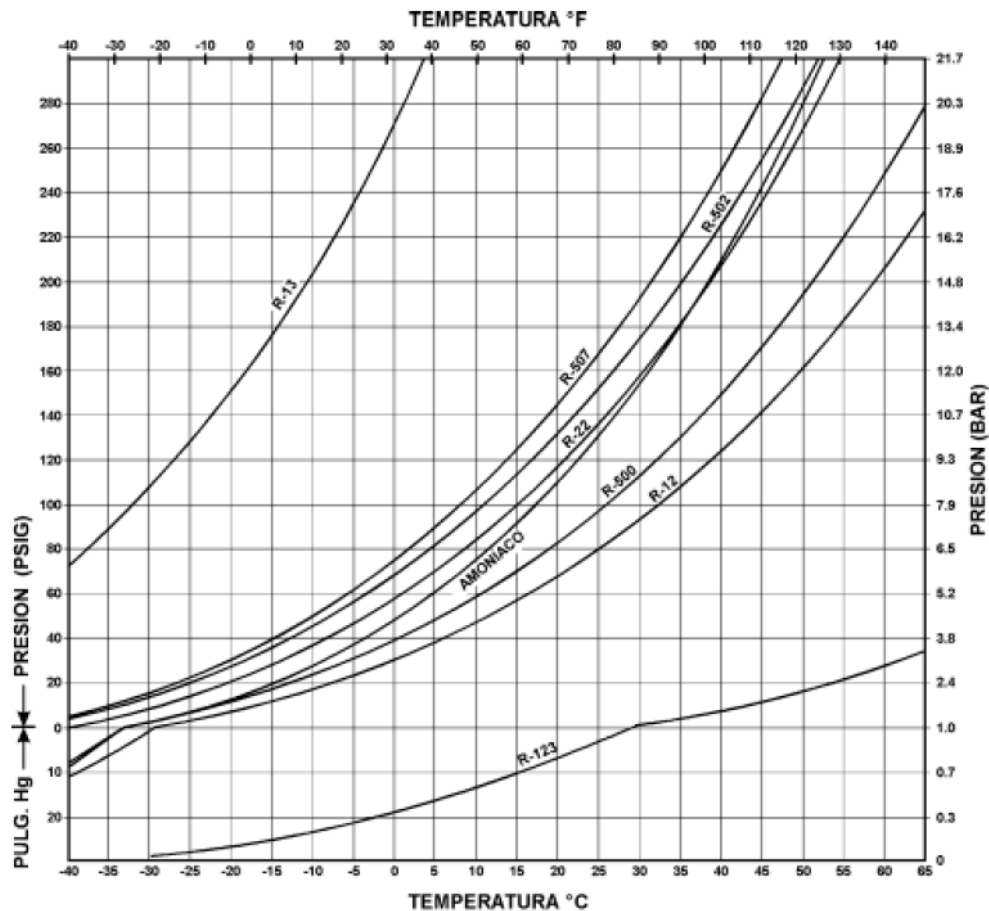


18. REFRIGERANTES

18.1. REQUERIMIENTOS DE LOS REFRIGERANTES

Un refrigerante ideal deberá reunir todas las propiedades siguientes.

18.1.1. PROPIEDADES TERMODINÁMICAS



18.1.1.1. Presión

Debe operar con presiones positivas.

REFRIG. N°	EVAPORADOR A -15°C		CONDENSADOR A 30°C	
	kPa	psig	kPa	psig
12	183	11.8	754	93.2
22	296	28.2	1,192	158.2
30	8	27.6*	69	9.5*
123	16	25.2*	110	1.2
134a	164	9.1	767	96.6
170	1627	221.3	4,660	661.1
500	214	16.4	880	113.4
502	348	35.9	1,319	176.6
717	236	19.6	1,167	154.5
718	0.8	29.7*	4.5	28.6*

Tabla 12.4 - Presiones de operación. Los valores presentados con asterisco, indican pulgadas de vacío.



18.1.1.2. Temperatura

Debe tener una temperatura crítica por arriba de la temperatura de condensación. Debe tener una temperatura de congelación por debajo de la temperatura del evaporador. Debe tener una temperatura de ebullición baja.

REFRIG. N°	TEMPERATURAS EN °C			Temp. del Evaporador	Temp. de Ebullición
	EBULLICION	CRITICA	CONGELACION		
12	-29.8	112	-158		
22	-40.7	96	-160		
30	40.6	216.1	-97		
123	27.9	---	-107		
134a	-26.5	101.1	-103		
170	-88.6	32.3	-172		
502	-45.4	82.2	---		
507	-46.7	71	---		
717	-33.3	132.9	-78		
718	100	374.5	0		

Enfriadores de Bebidas	4 °C	-2 °C
Aire Acondicionado	6 °C	0 °C
Gabinetes de Helados	-20 °C	-26 °C
Refrigeradores Domésticos	-15 °C	-20 °C
Exhibidores de Lácteos	2 °C	-4 °C
Cámara de Enfriamiento	3 °C	-3 °C
Cámara de Congelación	-26 °C	-32 °C

Tabla 12.5 - Temperaturas a presión atmosférica.

Tabla 12.6 - Temperaturas recomendadas para varias aplicaciones de refrigeración.

18.1.1.3. Volumen

Debe tener un valor bajo de volumen específico en fase vapor, y un valor alto de volumen en fase líquida.

REFRIG. N°	VOLUMEN ESPECIFICO (l/kg)	
	LIQUIDO v_f	VAPOR v_g
12	0.6925	91.1
22	0.7496	77.6
30	0.7491	3115.1
123	0.64	856.3
134a	0.7376	120
170	2.3098	33
502	0.7254	50
507	0.9704	51
717	1.4982	508.8
718	1	152,600

Tabla 12.10 - Volúmen específico a -15°C de varios refrigerantes.

18.1.1.4. Entalpia

Debe tener un valor alto de calor latente de vaporización.

Refrigerante No.	Entalpia a -15°C (kcal/kg)		
	Líquido h_f	Latente h_{fg}	Vapor h_g
12	5.33	37.89	43.22
22	6.53	51.78	58.31
30	0.94	90.05	91.00
123	6.66	43.87	50.53
134a	7.55	49.06	56.61
170	56.39	84.44	140.83
500	6.56	46.66	53.22
502	6.06	37.40	43.46
717	26.83	313.89	340.72
718*	4.47	595.17	599.64

Tabla 12.11 - Entalpia a -15°C de varios refrigerantes.



18.1.1.5. Densidad

Refrigerante No.	Densidad a 30°C	
	Líquido [1] l/vf	Vapor [2] l/vg
12	1.2922	42.539
22	1.1738	50.654
30	1.3371	0.3337
123	1.4545	6.92
134a	1.1854	37.769
170	0.2755	0.9313
500	1.1383	42.154
502	1.1926	76.217
717	0.5952	9.034
718	0.9995	0.03

Tabla 12.13 - Densidad de algunos refrigerantes.
[1] en kg/l. [2] en g/l.

18.1.1.6. Entropía

18.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

18.1.2.1. No debe ser tóxico ni venenoso

18.1.2.2. No debe ser explosivo ni inflamable

REFRIG. N°	Nombre Químico	Grupo de Seguridad	
		Anterior (34-1989)	Nuevo (34-1992)
12	Diclorodifluorometano	1	A1
22	Clorodifluorometano	1	A1
30	Cloruro de metileno	2	B2
123	2,2-dicloro-1,1,1-trifluoroetano	---	B1
134a	1,1,1,2-tetrafluoro etano	---	A1
170	Etano	3a	A3
500	12/152a (73.8/26.2)	1	A1
502	22/115 (48.8/51.2)	1	A1
717	Amoníaco	2	B2
718	Agua	---	A1

Tabla 12.17 - Clasificaciones de grupos de seguridad para algunos refrigerantes. según norma de ANSI/ASHRAE

La nueva clasificación de grupos de seguridad, es de acuerdo a los siguientes criterios:

- La clasificación deberá consistir de dos caracteres alfanuméricos. La letra mayúscula indica la toxicidad, y el número arábigo denota la inflamabilidad (por ejemplo, B2 o A1).
- En la clasificación de toxicidad, se asigna a los refrigerantes una de las dos clases - A o B - en base a la exposición permisible: la clase A, incluye refrigerantes a los cuales, no se ha identificado su toxicidad en concentraciones menores o iguales a 400 ppm (ligeramente o nada). La clase B, incluye refrigerantes para los cuales, existe evidencia de toxicidad en concentraciones por debajo de 400 ppm. (muy tóxicos).



- c. En la clasificación de inflamabilidad, los refrigerantes se deberán asignar a una de tres clases - 1, 2 ó 3. La clase 1, incluye a refrigerantes que no muestran propagación de flama, al ser probados en aire a 101 kPa y a 18°C. La clase 2, incluye a refrigerantes que tienen un límite de inflamabilidad bajo (LFL)*, de más de 0.10 kg/m³ a 21°C y 101kPa, y un calor de combustión menor a 4,540 kcal/kg (19,000 kJ/kg). La clase 3, comprende los refrigerantes que son sumamente inflamables, tal como se define por medio del LFL*, menos o igual a 0.10 kg/m³ a 21°C y 101kPa, o por medio de un calor de combustión mayor o igual a 4,540 kcal/kg. En la tabla 12.16, se muestran estas clasificaciones.

		GRUPO DE SEGURIDAD	
		A3	B3
INCREMENTO DE INFLAMABILIDAD ↑	Mayor Inflamabilidad	A3	B3
	Menor Inflamabilidad	A2	B2
	Propagación Nula de Llama	A1	B1
		Menor Toxicidad	Mayor Toxicidad
		INCREMENTO DE TOXICIDAD →	

Tabla 12.16 - Clasificación actual de grupos de seguridad de refrigerantes.

* LFL, Lower Flammability Limit - Límite de Inflamabilidad Baja, es la concentración mínima de refrigerante que es capaz de propagar una llama, a través de una mezcla homogénea de refrigerante y aire, bajo ciertas condiciones de prueba.

18.1.2.3.No debe tener efecto sobre otros materiales

- Compatibilidad con Metales.
- Compatibilidad con Elastómeros.

REFRIG. N°	% DE HINCHAMIENTO LINEAL A TEMP. AMBIENTE					
	Neopreno W	Buna N	Buna S	Hypalon 48	Hule Natural	Viton A
12	1	2	3	1	6	12
22	0	26	4	3	6	16
30	37	52	26	---	34	---
134a	0.7	0	1.1	0	1.3	13
502	0	7	3	2	4	10

Tabla 12.18 - Efecto de los refrigerantes líquidos sobre los elastómeros.

- Compatibilidad con Plásticos.

18.1.2.4.Fácil de detectar cuando se fuga

En la tabla 12.20, se muestran los olores característicos, el peso molecular, y la raíz cuadrada del peso molecular de algunos refrigerantes. Matemáticamente, el tamaño de las moléculas de un compuesto, es proporcional a la raíz cuadrada del peso



molecular. En la tabla se puede observar que el amoníaco, tiene una molécula de aproximadamente la mitad de tamaño de la del R-22. Esto significa que, en condiciones iguales de las propiedades mencionadas, se requeriría una grieta del doble de tamaño para que se fugue el R-22 que para el R-717. Esta es la razón por la que en las instalaciones de refrigeración de amoníaco, es muy común el olor, debido a la facilidad con que se fuga este refrigerante.

Un poco de olor en los refrigerantes puede ser una ventaja, ya que cualquier fuga, por muy pequeña, podría ser notada de inmediato y efectuarse la corrección de la misma, antes de perder todo el refrigerante o se haya ocasionado un daño mayor.

Refrigerante No.	TENDENCIA A FUGARSE		
	Olor Característico	Peso Molecular	$\sqrt{P.M.}$
12	Ligeramente Etereo	120.93	10.99
22	Ligeramente Etereo	86.48	9.30
30	Etereo Dulce	85.00	9.22
123	Ligeramente Etereo	152.95	12.37
134a	Ligeramente Etereo	102.03	10.10
170	Etereo Dulce	30.05	5.48
500	Ligeramente Etereo	99.31	9.96
502	Ligeramente Etereo	111.63	10.56
717	Picante	17.03	4.12
718	Ninguno	18.02	4.24

Tabla 12.20 - Pesos moleculares y olores característicos de algunos refrigerantes.

18.1.2.5. Debe ser miscible con el aceite

Refrigerante No.	Solubilidad	Separación de Dos Capas Líquidas (°C)	Posición de la Capa de Aceite
12	Miscible	-68	Arriba
22	Buena	-9	Arriba
30	Miscible	---	---
123	Miscible	---	---
134a	Pobre	---	---
170	Miscible	---	---
500	Miscible	---	Arriba
502	Regular	82	Arriba
717	No	---	Abajo
718	No	---	Abajo

Tabla 12.22 - Relaciones entre un aceite mineral y algunos refrigerantes.

18.1.2.6. No debe reaccionar con la humedad

Refrigerante No.	TEMPERATURA °C								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
12	1.7	3.5	7	14	26	45	74	118	178
22	120	186	280	423	603	830	1,120	1,480	1,900
134a	193	262	343	476	596	772	978	1,227	1,467
500	48	77	117	179	256	360	493	655	850
502	40	65	104	160	239	339	472	649	860
717	SOLUBLE EN TODAS PROPORCIONES								

Tabla 12.23 - Solubilidad del agua en refrigerantes líquidos, en ppm en peso.



18.1.2.7. Debe ser un compuesto estable

REFRIG. No.	Temperatura Máxima para Exposición Continua en Presencia de Aceite, Acero y Cobre
12	120
22	135 a 150
500	120
502	135 a 150

Tabla 12.24 - Estabilidad térmica de algunos refrigerantes.

Fácilmente se comprende que ninguno de los refrigerantes conocidos reúne todas estas cualidades; es decir, no existe un refrigerante ideal, por lo que, en base a un balance de ventajas, deberá seleccionarse el que reúna el mayor número de estas características de acuerdo al diseño requerido.

18.2. DATOS DE LOS DIFERENTES REFRIGERANTES

R	Nombre químico	Fórmula química	Peso molecular	Punto ebullición en °C a 1,013 bar	Grupo de seguridad	Carga máxima en kg por m ³ de espacio habitable	
Serie metano							
10	Tetraclorometano (tetracloruro de carbono)	CCl ₄					Cloro
11	Tricloromonofluorometano	CCl ₃ F	137,4	23,8	1	0,57	CFC
12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	120,9	-29,8	1	0,5	CFC
13	Clorotrifluorometano	CClF ₃	104,5	-81,5	1	0,44	CFC
13B1	Bromotrifluorometano	CBrF ₃	148,9	-58	1	0,61	
14	Tetrafluoruro de carbono	CF ₄	88	-128	1	0,4	
20	Triclorometano (cloroformo)	CHCl ₃					Cloro
21	Diclorofluorometano	CHCl ₂ F	102,9	8,92	1	0,1	HCFC
22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	86,5	-40,8	1	0,36	HCFC
23	Trifluorometano	CHF ₃	70,01	-82,15	1	0,28	HFC
30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH ₂ Cl ₂	84,9	40,1	2		Cloro
32	Difluorometano	CH ₂ F ₂			1		HFC
40	Clorometano (cloruro de metilo)	CH ₃ Cl	50,5	-24	2		Cloro
50	Metano	CH ₄			3		
Serie etano							
110	Hexacloroetano	CCl ₃ Cl ₃					Cloro
113	1,1,2-triclorotrifluoroetano	CCl ₂ FCClF ₂	187,4	47,7	1	0,19	CFC
114	1,2-Diclorotetrafluoroetano	CClF ₂ CClF ₂	170,9	3,5	1	0,72	CFC
115	Cloropentafluoroetano	CClF ₂ CF ₃	154,5	-38,7	1	0,64	CFC
123	2,2-Dicloro-1,1,1-Trifluoroetano	CHCl ₂ CF ₃	153,0	27,96	1	0,64	HCFC
124	2-Cloro-1,1,1,2-tetrafluoroetano	CHClF ₂ CF ₃	136,5	-12,05	1	0,56	HCFC



125	Pentafluoretano	CHF_2CF_3	120,02	-48,41	1	0,49	HFC
134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	CH_2FCF_3	102,0	-26,14	1	0,42	HFC
141b	1,1-Dicloro-1-fluoroetano	$\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{F}$					HCFC
143a	1,1,1-Trifluoroetano	H_3CF_3					HFC
150a	1,1-Dicloroetano	CH_3CHCl_2					Cloro
152a	1,1-Difluoroetano	CH_3CHF_2			1		HFC
160	Cloroetano (cloruro de etilo)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	64,5	12,5	2		Cloro
170	Etano	CH_3CH_3	30	-88,6	3		
Serie etileno							
1130	1,2-Dicloroetileno	$\text{CHCl}=\text{CHCl}$	96,9	48,5	2		Cloro
1150	Etileno	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	28	-103,7	3		
Hidrocarburos							
290	Propano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	44	-42,8	3		
600	Butano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	58,1	0,5	3		
600a	2-Metilpropano (isobutano)	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$	58,1	-10,2	3		
611	Formiato de metilo	HCOOCH_3	60	31,2	2		
Compuestos inorgánicos							
702	Hidrógeno	H_2					
704	Helio	He					
717	Amoniaco	NH_3	17	-33	2		
718	Agua	H_2O					
720	Neón	Ne					
728	Nitrógeno	N_2					
732	Oxígeno	O_2					
744	Dióxido de carbono	CO_2	44	-78,5	1	0,1	
764	Dióxido de azufre	SO_2	64	-10	2		
Mezclas zeotrópicas							
400	R-12 (60%) + R-114 (40%)				1		CFC
401A	R-22 (53%) + R-152a (13%) + R-124 (34%)		94,44	-33,08	1	0,39	HCFC
401B	R-22 (61%) + R-152a (11%) + R-124 (28%)		92,84	-34,67	1	0,38	HCFC
401C	R-22 (33%) + R-152a (15%) + R-124 (52%)		101,04	-28,43	1	0,41	HCFC
402A	R-22 (38%) + R-125 (60%) + R-290 (2%)		101,55	-49,19	1	0,41	HCFC
402B	R-22 (60%) + R-125 (38%) + R-290 (2%)		94,71	-47,36	1	0,39	HCFC
403B							HCFC
404A	R-125 (44%) + R-143a (52%) + R-134a (4%)		97,6	-46,69	1	0,39	HFC
407A	R-32 (20%) + R-125 (40%) + R-134a (40%)				1		HFC
407B	R-32 (10%) + R-125 (70%) + R-134a (20%)				1		HFC
407C	R-32 (23%) + R-125 (25%) + R-134a (52%)		86,2	-43,44	1	0,35	HFC
408A	R-125 (7%) + R-143a (46%) + R-22 (47%)						HCFC
409A	R-22 (60%) + R-124 (25%) + R-142b (15%)						HCFC
410A	R-32 (50%) + R-125 (50%)						HFC
413A							HFC
417A							HFC
Mezclas azeotrópicas							
500	R-12 (73.8%) + R-152a (26.2%)		99,29	-28	1	0,41	CFC
502	R-22 (48.8%) + R-115 (51.2%)		112	-45,6	1	0,46	CFC



503	R-223 (40.1%) + R-13 (59.9%)												CFC
507	R-125 (50%) + R-143a (50%)												HFC

Grupos de seguridad:

- Grupo primero: alta seguridad
- Grupo segundo: media seguridad
- Grupo tercero: baja seguridad

Refrigerantes Halocarbonados:

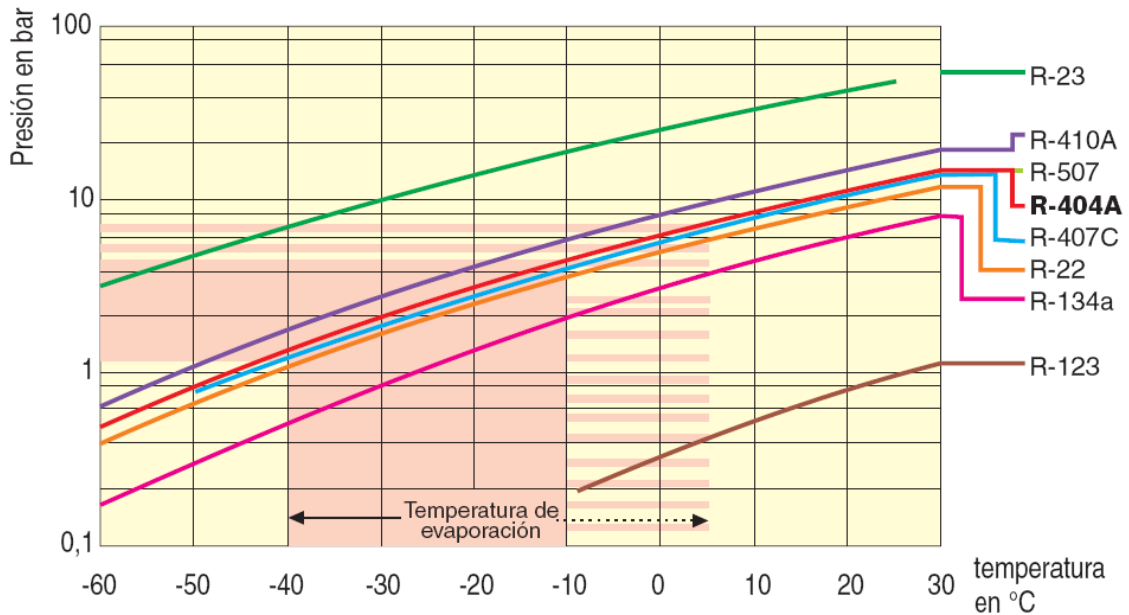
- CFC: Cl-F-C PROHIBIDOS dañan la capa de ozono
- HCFC: H-Cl-F-C PROHIBIDOS dañan la capa de ozono
- HFC: H-F-C

Tipo de Producto	Ejemplo	Composición	Contenido en Cloro	Estabilidad en la atmósfera
CFC	R-12	Cl ₂ F ₂ C	Alto	Mucha
HCFC	R-22	HClF ₂ C	Medio	Media
HFC	R-23	HF ₂ C	Nulo	Baja

TABLA DE PRESIONES DE VAPOR (BARES MANOMÉTRICOS)													
	R-12	R-134a	DI-36	R-413a	R-417a	R-22	R-502	R-407c	DI-44	R-404a	R-403b	R-507	R-410a
-50°C	---	---	---	---	-0,31	-0,36	-0,18	-0,26	-0,18	0,83	0,04	-0,12	0,12
-48°C	---	---	---	---	-0,24	-0,29	-0,10	-0,19	-0,10	0,91	0,14	-0,03	0,23
-46°C	---	---	---	---	-0,16	-0,21	-0,01	-0,10	-0,01	1,01	0,24	0,07	0,36
-44°C	---	---	---	---	-0,08	-0,13	0,08	-0,01	0,09	1,11	0,35	0,17	0,49
-42°C	---	---	---	---	0,00	-0,04	0,18	0,09	0,20	1,21	0,47	0,28	0,63
-40°C	-0,36	-0,49	-0,23	-0,19	0,09	0,05	0,29	0,19	0,31	1,33	0,60	0,40	0,79
-38°C	-0,30	-0,43	-0,15	-0,11	0,19	0,15	0,41	0,31	0,43	1,45	0,74	0,53	0,95
-36°C	-0,24	-0,37	-0,07	-0,03	0,31	0,26	0,54	0,43	0,56	1,59	0,89	0,67	1,13
-34°C	-0,17	-0,30	0,02	0,05	0,41	0,38	0,67	0,56	0,70	1,73	1,04	0,82	1,32
-32°C	-0,09	-0,23	0,11	0,14	0,53	0,51	0,82	0,70	0,85	1,88	1,21	0,98	1,52
-30°C	-0,01	-0,16	0,21	0,24	0,66	0,63	0,97	0,85	1,01	2,05	1,38	1,15	1,74
-28°C	0,08	-0,07	0,32	0,35	0,79	0,78	1,13	1,01	1,18	2,22	1,57	1,33	1,96
-26°C	0,17	0,02	0,43	0,46	0,94	0,93	1,31	1,18	1,36	2,40	1,77	1,52	2,21
-24°C	0,27	0,11	0,55	0,58	1,09	1,09	1,49	1,36	1,55	2,60	1,88	1,66	2,47
-22°C	0,37	0,22	0,68	0,71	1,25	1,26	1,68	1,56	1,75	2,81	2,20	1,87	2,74
-20°C	0,49	0,33	0,82	0,85	1,43	1,45	1,89	1,75	1,97	3,03	2,43	2,16	3,03
-18°C	0,61	0,45	0,96	0,99	1,61	1,64	2,11	1,98	2,19	3,26	2,68	2,41	3,34
-16°C	0,73	0,57	1,12	1,14	1,81	1,85	2,34	2,21	2,43	3,51	2,94	2,66	3,66
-14°C	0,86	0,71	1,28	1,31	2,01	2,07	2,58	2,46	2,69	3,77	3,22	2,93	4,01
-12°C	1,01	0,85	1,46	1,48	2,22	2,31	2,84	2,71	2,96	4,04	3,51	3,22	4,37
-10°C	1,16	1,01	1,64	1,66	2,45	2,54	3,11	2,99	3,24	4,33	3,81	3,52	4,75
-8°C	1,31	1,17	1,83	1,85	2,69	2,80	3,39	3,28	3,54	4,64	4,12	3,83	5,15
-6°C	1,48	1,34	2,04	2,05	2,95	3,07	3,69	3,58	3,85	4,96	4,47	4,16	5,58
-4°C	1,66	1,53	2,25	2,27	3,21	3,36	4,00	3,90	4,18	5,30	4,82	4,51	6,02
-2°C	1,84	1,72	2,48	2,49	3,49	3,66	4,33	4,24	4,53	5,66	5,19	4,88	6,49
0°C	2,04	1,93	2,72	2,73	3,79	3,97	4,68	4,60	4,89	6,03	5,58	5,26	6,98
2°C	2,24	2,15	2,97	2,97	4,09	4,31	5,04	4,97	5,27	6,42	5,98	5,67	7,49
4°C	2,46	2,38	3,23	3,24	4,42	4,66	5,42	5,36	5,67	6,83	6,41	6,09	8,03
6°C	2,68	2,62	3,51	3,51	4,76	5,02	5,81	5,77	6,09	7,26	6,85	6,53	8,61
8°C	2,92	2,88	3,80	3,81	5,11	5,40	6,22	6,20	6,53	7,71	7,31	6,99	9,18



10°C	3,17	3,15	4,11	4,11	5,48	5,80	6,66	6,66	6,99	8,18	7,80	7,48	9,81
12°C	3,43	3,43	4,42	4,41	5,87	6,22	7,11	7,13	7,46	8,67	8,31	7,98	10,44
14°C	3,70	3,73	4,76	4,74	6,28	6,66	7,58	7,62	7,96	9,19	8,82	8,51	11,12
16°C	3,99	4,04	5,10	5,09	6,71	7,12	8,07	8,14	8,48	9,72	9,37	9,06	11,82
18°C	4,28	4,37	5,47	5,45	7,14	7,60	8,58	8,67	9,02	10,28	9,94	9,63	12,55
20°C	4,59	4,72	5,85	5,83	7,60	8,10	9,11	9,24	9,59	10,86	10,53	10,23	13,31
22°C	4,92	5,08	6,24	6,22	8,08	8,62	9,66	9,82	10,18	11,47	11,14	10,85	14,11
24°C	5,26	5,46	6,66	6,63	8,58	9,16	10,24	10,43	10,79	12,10	11,78	11,50	14,92
26°C	5,61	5,85	7,09	7,06	9,11	9,72	10,84	11,06	11,43	12,76	12,44	12,17	15,78
28°C	5,98	6,27	7,53	7,51	9,65	10,31	11,46	11,72	12,09	13,45	13,13	12,87	16,67
30°C	6,36	6,70	8,00	7,97	10,21	10,92	12,10	12,41	12,77	14,16	13,84	13,59	17,59
32°C	6,75	7,15	8,48	8,45	10,79	11,55	12,77	13,12	13,48	14,90	14,58	14,34	18,55
34°C	7,17	7,63	8,98	8,95	11,41	12,21	13,46	13,86	14,22	15,67	15,35	15,12	19,55
36°C	7,60	8,12	9,51	9,47	12,02	12,89	14,18	14,63	14,99	16,47	16,14	15,93	20,58
38°C	8,04	8,63	10,05	10,02	12,68	13,60	14,92	15,43	15,78	17,30	16,96	16,77	21,65
40°C	8,51	9,16	10,61	10,58	13,35	14,33	15,69	16,26	16,61	18,16	17,81	17,64	22,76
42°C	8,99	9,72	11,19	11,16	14,05	15,09	16,48	17,11	17,46	19,05	18,68	18,54	23,91
44°C	9,49	10,30	11,79	11,77	14,77	15,88	17,31	18,01	18,34	19,97	19,59	19,47	25,09
46°C	10,00	10,91	12,42	12,39	15,52	16,70	18,16	18,92	19,25	20,93	20,52	20,43	26,32
48°C	10,54	11,53	13,06	13,04	16,31	17,54	19,03	19,87	20,19	21,93	21,49	21,43	27,58
50°C	11,09	12,18	13,73	13,71	17,11	18,42	19,94	20,85	21,16	22,95	22,48	22,46	28,89
52°C	11,67	12,85	14,42	14,41	17,93	19,32	20,88	21,87	22,16	24,02	23,51	23,52	30,25
54°C	12,26	13,55	15,14	15,12	18,78	20,26	21,84	22,92	23,21	25,12	24,56	24,62	31,65
56°C	12,88	14,28	15,87	15,87	19,66	21,23	22,84	24,01	24,27	26,26	25,65	25,75	33,09
58°C	13,51	15,03	16,54	16,63	20,57	22,23	23,87	25,13	25,37	27,44	26,77	26,92	34,58
60°C	14,17	15,82	17,42	17,43	21,51	23,26	24,92	26,28	26,50	28,66	27,93	28,12	36,11





18.2.1. R-22

Válido en refrigeración a media, baja temperatura y aire acondicionado con rango de temperaturas de evaporación entre -40°C y $+50^{\circ}\text{C}$. Refrigerante químicamente estable, no flamable y no tóxico.

Catalogado por la UE como peligroso para la capa de ozono esta legislado su uso por el 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 el 29 de Septiembre de 2000).

Este reglamento prohibió la fabricación con R22 en todos los equipos posteriores al 31 de Diciembre de 2003, a partir del 1 de Enero de 2010 quedó prohibida su fabricación y a partir del 2015 su utilización.

Este refrigerante no funcionaba muy bien para bajas temperaturas, ya que las presiones a esas temperaturas son muy bajas y había problemas con los presostatos de baja presión.

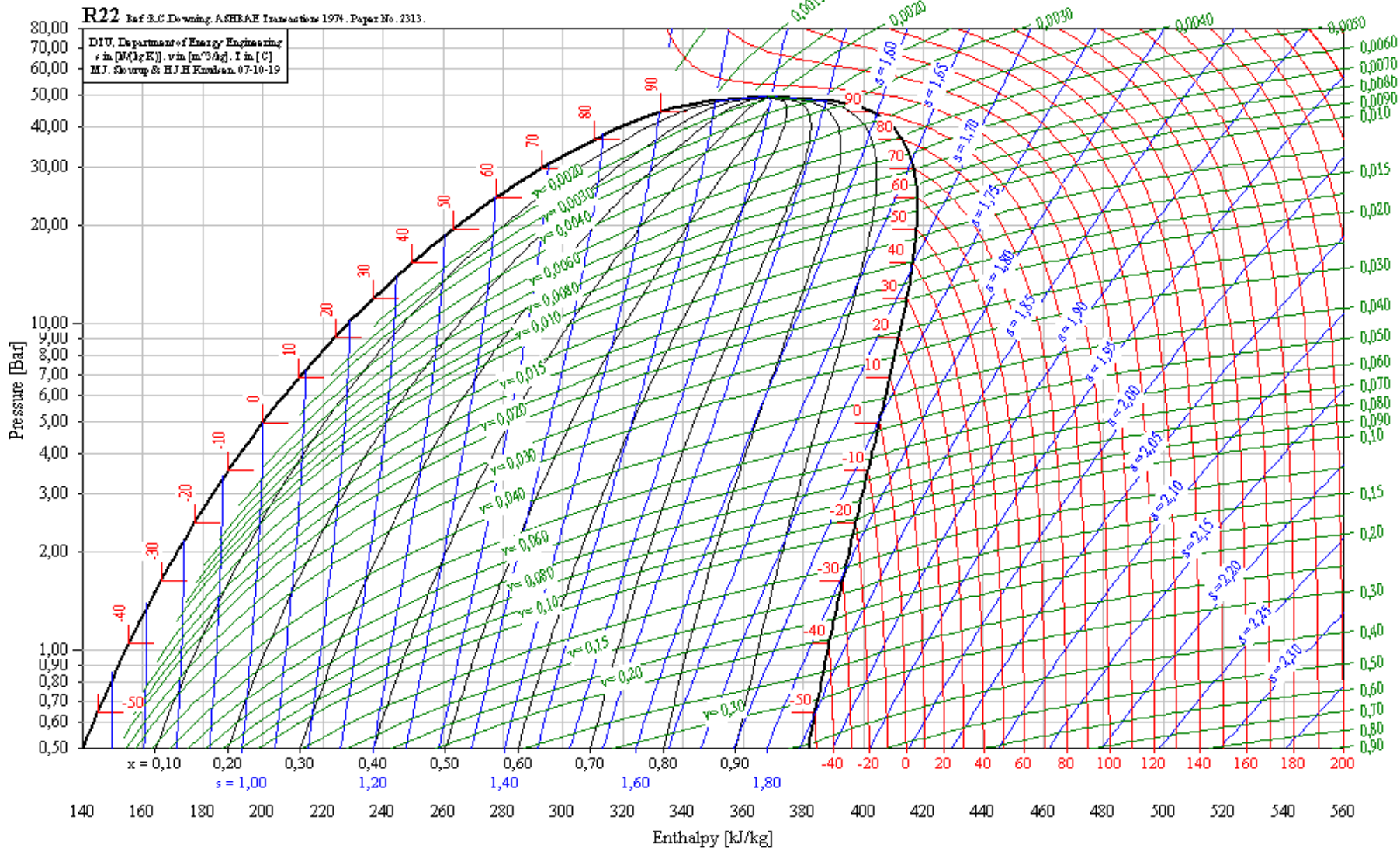
Características:

• Nombre químico:	Clorodifluorometano
• Fórmula química:	CHClF ₂
• Clasificación ASHRAE:	R-22
• % en peso:	> 99,0
• N° CE:	200-871-9
• Aplicación:	Refrigeración a media y baja temperatura y aire acondicionado con de temperaturas de evaporación entre -40 y 5°C
• Componentes:	Puro
• Estado físico:	Gas licuado
• Color:	Incoloro
• Olor:	Similar al éter
• PH:	Neutro
• Masa molecular:	86,5 g/mol
• T ^a de ebullición a 1 bar:	$-40,8^{\circ}\text{C}$
• T ^a de fusión a 1 bar:	$-160,0^{\circ}\text{C}$
• Deslizamiento T ^a ebullición a 1 bar:	0 K
• Densidad de líquido a 25 ^a C:	1,194 kg/dm ³
• Densidad de vapor saturado a 1 bar:	4,7 kg/m ³
• Presión de vapor a 25 ^a C:	1043,9 kPa
• Presión de vapor a 50 ^a C:	1942,3 kPa
• Temperatura crítica:	96 $^{\circ}\text{C}$
• Presión crítica:	49,8 bar
• Punto de destello:	No se inflama
• T ^a de autoignición:	632-635 $^{\circ}\text{C}$
• Peligro de explosión:	No explosivo
• Clasificación de seguridad:	A1
• Potencial destrucción ozono (ODP):	0.055 (referente: R-11 \rightarrow ODP = 1)
• Calentamiento global (GWP):	1700



- Límite de exposición inhalación: 1000 ppm
- Lubricantes: Aceite mineral y Aceite alquilbencénico

T° °C	PRESION Bar	VOLUMEN ESPECIFICO 10 ³ m ³ / Kg		DENSIDAD Kg / m ³		ENTALPIA KJ / Kg			ENTROPIA KJ / Kg K	
		LIQUIDO	VAPOR	LIQUIDO	VAPOR	LIQUIDO	LATENTE	VAPOR	LIQUIDO	VAPOR
-40	1,0495	0.70936	205.745	1.40972	0.00486	155.414	233.195	388.609	0.82490	1.82504
-35	1,3168	0.71680	166.400	1.39510	0.00601	160.742	230.153	390.896	0.84743	1.81380
-30	1,6348	0.72452	135.844	1.38022	0.00736	166.140	226.998	393.138	0.86976	1.80329
-25	2.0098	0.73255	111.859	1.36509	0.00894	171.606	223.724	395.330	0.89190	1.79342
-20	2.4483	0.74091	92.8432	1.34968	0.01077	177.142	220.325	397.467	0.91386	1.78415
-15	2.9570	0.74964	77.6254	1.33397	0.01288	182.749	216.795	399.544	0.93564	1.77540
-10	3.5430	0.75876	65.3399	1.31794	0.01530	188.426	213.129	401.555	0.95725	1.76713
-5	4.2135	0.76831	55.3394	1.30155	0.01807	194.176	209.320	403.496	0.97870	1.75928
0	4.9759	0.77834	47.1354	1.28479	0.02122	200.000	205.361	405.361	1.0000	1.75179
5	5.8378	0.78889	40.3556	1.26760	0.02478	205.899	201.243	407.143	1.02116	1.74463
10	6.8070	0.80002	34.7136	1.24997	0.02881	211.877	196.958	408.835	1.04218	1.73775
15	7.8915	0.81180	29.9874	1.23183	0.03335	217.937	192.492	410.430	1.06309	1.73109
20	9.0993	0.82431	26.0032	1.21313	0.03846	224.084	187.834	411.918	1.08390	1.72462
25	10.439	0.83765	22.6242	1.19382	0.04420	230.324	182.965	413.289	1.10462	1.71827
30	11.919	0.85193	19.7417	1.17381	0.05065	236.664	177.867	414.530	1.12530	1.71200
35	13.548	0.86729	17.2686	1.15301	0.05791	243.114	172.514	415.627	1.14594	1.70576
40	15.335	0.88392	15.1351	1.13133	0.06607	249.686	166.875	416.561	1.16659	1.69946
45	17.290	0.90203	13.2841	1.10861	0.07528	256.396	160.912	417.308	1.18730	1.69305
50	19.423	0.92193	11.6693	1.05932	0.08570	263.264	154.575	417.839	1.20811	1.68643





18.2.2. R-134A

El R134a es un sustituto de largo plazo inocuo para el medio ambiente, con potencial de destrucción de la capa de ozono 0, diseñado para sustituir al R12 en todas las aplicaciones, con excepción de aplicaciones de congelación a temperaturas inferiores a -20°C . Está diseñado y testado para climatización de automóviles e industrial (sistemas centrífugos), refrigeración doméstica, comercial e industrial, como agente soplador de espuma y como agente impelente en aerosoles.

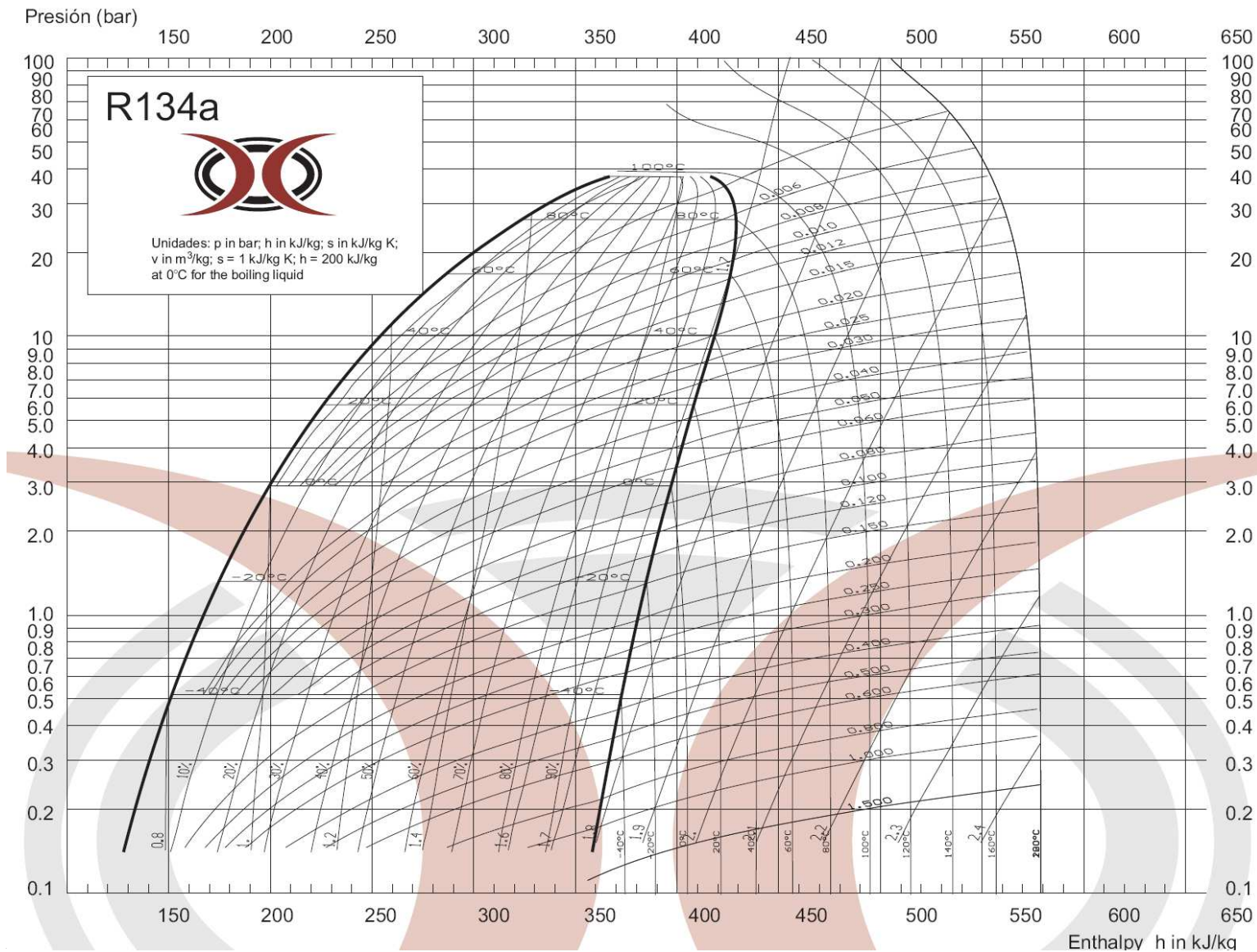
El R134a se usa con lubricantes de éster de poliol y glicol de polialquileno (PAG). La mayoría de los fabricantes de equipo original automotriz han elegido lubricantes de PAG específicos para sus sistemas. Para aplicaciones no automotrices, la mayoría de los fabricantes de compresores recomiendan lubricantes de éster de poliol específicos.

Características:

• Nombre químico:	Tetrafluoroetano
• Fórmula química:	1,1,1,2-Tetrafluoroetano
• Clasificación ASHRAE:	R-134A
• % en peso:	> 99,0
• N° CE:	212-377-0
• Aplicación:	Climatización de automóviles e industrial (sistemas centrífugos), refrigeración doméstica, comercial e industrial
• Componentes:	Puro
• Estado físico:	Gas licuado
• Color:	Incoloro
• Olor:	Similar al éter
• PH:	Neutro
• Masa molecular:	102,03 g/mol
• T ^a de ebullición a 1 bar:	$-26,5^{\circ}\text{C}$
• T ^a de fusión a 1 bar:	$-101,0^{\circ}\text{C}$
• Deslizamiento T ^a ebullición a 1 bar:	0 K
• Densidad de líquido a 25°C:	1,206 kg/dm ³
• Densidad de vapor saturado a 1 bar:	5,28 kg/m ³
• Presión de vapor a 25°C:	666,1 kPa
• Presión de vapor a 50°C:	1319,0 kPa
• Temperatura crítica:	101,1 °C
• Presión crítica:	40,6 bar
• Punto de destello:	No se inflama
• T ^a de autoignición:	> 750 °C
• Peligro de explosión:	No explosivo
• Clasificación de seguridad:	A1
• Potencial destrucción ozono (ODP):	0.0 (referente: R-11 → ODP = 1)
• Calentamiento global (GWP):	1300
• Límite de exposición inhalación:	1000 ppm
• Lubricantes:	Aceite poliéster y Polialquilenglicol



T° °C	PRESION KPa	VOLUMEN ESPECIFICO m³ / Kg		DENSIDAD Kg / m³		ENTALPIA KJ / Kg			ENTROPIA KJ / Kg K	
		LIQUIDO	VAPOR	LIQUIDO	VAPOR	LIQUIDO	LATENTE	VAPOR	LIQUIDO	VAPOR
-40	51.14	0.0007	0.3614	1414.6	2.767	148.4	225.9	374.3	0.7967	1.7655
-35	66.07	0.0007	0.2843	1400.2	3.518	154.6	222.8	377.4	0.8231	1.7586
-30	84.29	0.0007	0.2260	1385.7	4.424	160.9	219.6	380.6	0.8492	1.7525
-25	106.32	0.0007	0.1817	1371.0	5.504	167.3	216.4	383.7	0.8750	1.747
-20	132.67	0.0007	0.1474	1356.0	6.784	173.7	213.1	386.8	0.9005	1.7422
-15	163.90	0.0007	0.1207	1340.8	8.288	180.2	209.7	389.8	0.9257	1.7379
-10	200.60	0.0008	0.0996	1325.3	10.044	186.7	206.2	392.9	0.9507	1.7341
-5	243.39	0.0008	0.0828	1309.4	12.082	193.3	202.5	395.9	0.9755	1.7308
0	292.93	0.0008	0.0693	1293.3	14.435	200.0	198.8	398.8	1.000	1.7278
5	349.87	0.0008	0.0583	1276.7	17.140	206.8	194.9	401.7	1.0244	1.7252
10	414.92	0.0008	0.0494	1259.8	20.236	213.6	190.9	404.5	1.0485	1.7229
15	488.78	0.0008	0.0421	1242.3	23.770	220.5	186.8	407.3	1.0726	1.7208
20	572.25	0.0008	0.0360	1224.4	27.791	227.5	182.5	410.0	1.0964	1.7189
25	666.06	0.0008	0.0309	1205.9	32.359	234.6	178.0	412.6	1.1202	1.7171
30	771.02	0.0008	0.0266	1186.7	37.540	241.8	173.3	415.1	1.1439	1.7155
35	887.91	0.0009	0.0230	1166.8	43.413	249.2	168.3	417.5	1.1676	1.7138
40	1017.61	0.0009	0.0200	1146.1	50.072	256.6	163.2	419.8	1.1912	1.7122
45	1161.01	0.0009	0.0174	1124.5	57.630	264.2	157.7	421.9	1.2148	1.7105
50	1319.00	0.0009	0.0151	1101.8	66.225	271.9	151.9	423.8	1.2384	1.7086





18.2.3. R-507

El R507 es un fluido de largo plazo dedicado a las aplicaciones a bajas temperaturas monoetapa (temperatura de evaporación $>-44^{\circ}\text{C}$) para el frío comercial, de transporte e industrial. Es posible emplearlo también con sistemas en cascada, multietapa o incluso con inyección de líquido. El R507 es muy eficaz a temperaturas altas (hasta una temperatura de evaporación $= + 15^{\circ}\text{C}$) y permite la utilización de compresores de baja cilindrada.

El nivel real de las prestaciones del R507 varía en función de la naturaleza del material empleado, el tipo de ciclo y las condiciones exteriores. El rendimiento es parecido e incluso superior al R502 y R22 en material optimizado. El tipo de mantenimiento que se le realiza es idéntico al R502.

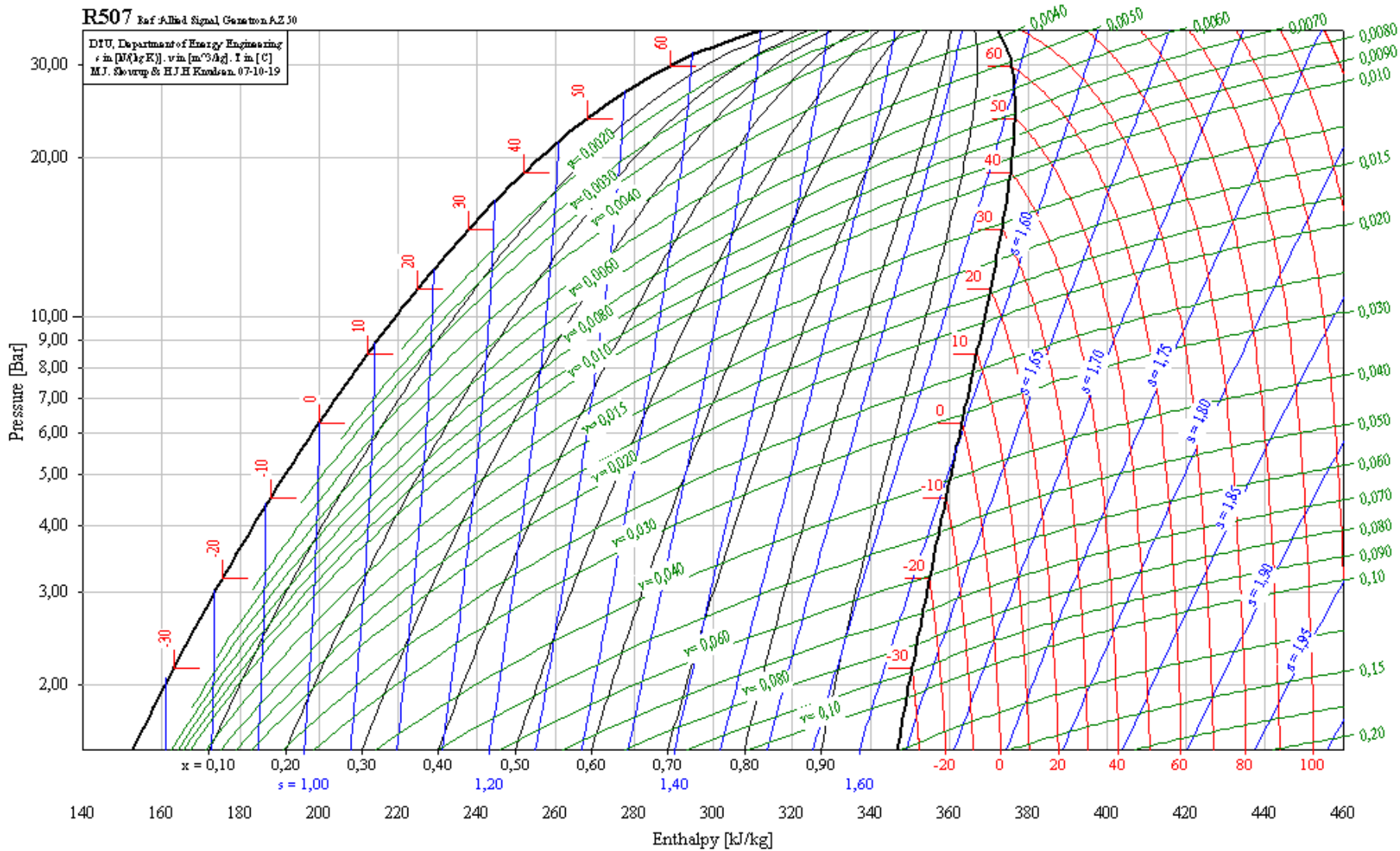
Se puede contemplar una reconversión a R507 modificando la instalación de R502, particularmente el paso de lubricante de tipo polioléster, aunque proponemos la reconversión con R408A específico para sustituir al R502.

Características:

• Composición:	50% Pentafluoroetano (R-125) + 50% 1,1,1-Trifluoroetano (R-143A)
• Fórmula química:	CHF_2CF_3 / CH_3CF_3
• Clasificación ASHRAE:	R-507
• % en peso:	50% R-125 + 50% R143A
• Aplicación:	Frío comercial, de transporte e industrial
• Componentes:	50% R-125 + 50% R143A
• Estado físico:	Gas licuado
• Color:	Incoloro
• Olor:	Similar al éter
• PH:	Neutro
• Masa molecular:	98,8 g/mol
• Tª de ebullición a 1 bar:	$-46,9^{\circ}\text{C}$
• Deslizamiento Tª ebullición a 1 bar:	0 K
• Densidad de líquido a 25°C :	1,079 kg/dm ³
• Densidad de vapor saturado a 1 bar:	5,51 kg/m ³
• Presión de vapor a 25°C :	1275 kPa
• Presión de vapor a 50°C :	2386 kPa
• Temperatura crítica:	71°C
• Presión crítica:	37,2 bar
• Punto de destello:	No se inflama
• Tª de autoignición:	N/A
• Peligro de explosión:	Sin datos disponibles
• Clasificación de seguridad:	A1/A1
• Potencial destrucción ozono (ODP):	0.0 (referente: R-11 \rightarrow ODP = 1)
• Calentamiento global (GWP):	3300
• Límite de exposición inhalación:	1000 ppm
• Lubricantes:	Aceite poliolester



T° °C	PRESION Bar	VOLUMEN ESPECIFICO m ³ / Kg		DENSIDAD Kg / m ³		ENTALPIA KJ / Kg			ENTROPIA KJ / Kg K	
		LIQUIDO	VAPOR	LIQUIDO	VAPOR	LIQUIDO	LATENTE	VAPOR	LIQUIDO	VAPOR
-40	1,37	0.00076	134.3	1306	7.45	146.14	193.90	340.04	0.7883	1.620
-35	1,71	0.00077	108.9	1288	9.18	152.97	189.98	342.95	0.8172	1.6149
-30	2,11	0.00078	89.15	1271	11.22	159.75	186.07	345.82	0.8452	1.6105
-25	2,58	0.00079	73.60	1253	13.59	166.48	182.16	348.64	0.8725	1.6066
-20	3,12	0.00081	61.24	1235	16.33	173.19	178.23	351.42	0.8991	1.6031
-15	3,75	0.00082	51.30	1217	19.49	179.88	174.26	354.14	0.9251	1.6001
-10	4,46	0.00083	43.24	1199	23.13	186.57	170.23	356.80	0.9505	1.5974
-5	5,28	0.00084	36.64	1180	27.29	193.27	166.12	359.39	0.9755	1.5950
0	6,20	0.00086	31.20	1161	32.05	200.00	161.89	361.89	1.000	1.5927
5	7,23	0.00087	26.68	1142	37.48	206.78	157.52	364.30	1.0243	1.5906
10	8,40	0.00089	22.89	1122	43.69	213.65	148.16	366.61	1.0484	1.5886
15	9,69	0.00091	19.69	1101	50.78	220.62	143.08	368.78	1.0724	1.5866
20	11,14	0.00093	16.98	1080	58.91	227.73	137.63	370.81	1.0964	1.5845
25	12,74	0.00095	14.65	1057	68.25	235.02	131.75	372.65	1.1206	1.5822
30	14,51	0.00097	12.65	1034	79.03	242.53	125.33	374.28	1.1450	1.5796
35	16,46	0.00099	10.92	1008	91.57	250.31	118.23	375.64	1.1698	1.5765
40	18,61	0.0010	9.41	981	106.31	258.43	110.29	376.66	1.1953	1.5728
45	20,97	0.0011	8.07	951	123.85	266.97	101.25	377.25	1.2215	1.5682
50	23,55	0.0012	6.89	917	145.15	276.03	90.75	377.28	1.2489	1.5623





18.2.4. R-404A

El R404A es un fluido de largo plazo dedicado a las aplicaciones a bajas temperaturas monoetapa (temperatura de evaporación $>-44^{\circ}\text{C}$) para el frío comercial, de transporte e industrial. Es posible emplearlo también con sistemas en cascada, multietapa o incluso con inyección de líquido. El R404A es muy eficaz a temperaturas altas (hasta una temperatura de evaporación $= +15^{\circ}\text{C}$) y permite la utilización de compresores de baja cilindrada.

El nivel real de las prestaciones del R404A varía en función de la naturaleza del material empleado, el tipo de ciclo y las condiciones exteriores. El rendimiento es parecido e incluso superior al R502 y R22 en material optimizado. El tipo de mantenimiento que se le realiza es idéntico al R502.

Se puede contemplar una reconversión a R404A modificando la instalación de R502, particularmente el paso de lubricante de tipo polioléster, aunque proponemos la reconversión con R408A específico para sustituir al R502.

Características:

- Composición: 52% 1,1,1-Trifluoroetano (R-143A) + 44% Pentafluoroetano (R-125) + 4% 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R-134A)
- Fórmula química: CH_3CF_3 / CHF_2CF_3 / CH_2FCF_3
- Clasificación ASHRAE: R-404A
- % en peso: 52% R-143A + 44% R-125 + 4% R-134A
- Aplicación: Frío comercial, de transporte e industrial
- Estado físico: Gas licuado
- Color: Incoloro
- Olor: Similar al éter
- PH: Neutro
- Masa molecular: 97,6 g/mol
- T^{a} de ebullición a 1 bar: $-46,7^{\circ}\text{C}$
- Deslizamiento T^{a} ebullición a 1 bar: 0,9 K (es zeotrópico)
- Densidad relativa (de líquido) a 25°C : 1,05 kg/dm³
- Densidad de vapor saturado a 1 bar: 5,41 kg/m³
- Presión de vapor a 25°C : 1234 kPa
- Presión de vapor a 50°C : 2310 kPa
- Calor de vaporización a 25°C : 143,68 kJ/kg
- Calor específico a 25°C (líquido): 1,64 kJ/kg·K
- Calor específico a 25°C y 1,013 bar (vapor): 1,03 kJ/kg·K
- Temperatura crítica: $72,2^{\circ}\text{C}$
- Presión crítica: 37,2 bar
- Solubilidad: En agua, 0,09%
- Viscosidad dinámica (líquida) 25°C : 101,3 mPa·s
- Punto de destello: No se inflama
- T^{a} de autoignición: $> 728^{\circ}\text{C}$
- Peligro de explosión: No explosivo
- Clasificación de seguridad: A1/A1



- Potencial destrucción ozono (ODP): 0.0 (referente: R-11 → ODP = 1)
- Calentamiento global (GWP): 3748
- Límite de exposición inhalación: 1000 ppm
- Lubricantes: Aceite poliolester
- Debe ser cargado en fase líquida

A altas concentraciones provoca una disminución de la cantidad de oxígeno, originando sofoco y peligro de asfixia.

Es inocuo de una a dos horas para un 5 % en volumen de concentración en el aire.

T	P	VI	Vg	HI	Hg	SI	Sg
°C	bar	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg·K	kJ/kg·K
-45,00	1,055	0,7816	0,17749	138,57	340,57	0,7572	1,6426
-44,00	1,106	0,7834	0,16980	139,81	341,22	0,7626	1,6415
-43,00	1,159	0,7853	0,16251	141,06	341,87	0,7680	1,6406
-42,00	1,214	0,7872	0,15559	142,31	342,52	0,7735	1,6396
-41,00	1,271	0,7891	0,14903	143,57	343,17	0,7789	1,6386
-40,00	1,330	0,7911	0,14281	144,83	343,81	0,7843	1,6377
-39,00	1,391	0,7931	0,13689	146,09	344,46	0,7896	1,6368
-38,00	1,454	0,7951	0,13128	147,36	345,11	0,7950	1,6360
-37,00	1,520	0,7971	0,12593	148,63	345,75	0,8004	1,6351
-36,00	1,587	0,7992	0,12086	149,91	346,40	0,8058	1,6343
-35,00	1,658	0,8012	0,11602	151,65	347,05	0,8131	1,6336
-34,00	1,730	0,8034	0,11142	152,92	347,69	0,8184	1,6328
-33,00	1,805	0,8055	0,10704	154,20	348,33	0,8237	1,6321
-32,00	1,882	0,8077	0,10287	155,48	348,97	0,8290	1,6313
-31,00	1,962	0,8099	0,09889	156,77	349,60	0,8343	1,6306
-30,00	2,045	0,8121	0,09510	159,17	350,26	0,8441	1,6300
-29,00	2,130	0,8143	0,09148	160,44	350,89	0,8493	1,6294
-28,00	2,218	0,8166	0,08803	161,72	351,52	0,8545	1,6287
-27,00	2,309	0,8189	0,08473	163,00	352,16	0,8596	1,6281
-26,00	2,402	0,8213	0,08158	164,28	352,79	0,8648	1,6275
-25,00	2,499	0,8236	0,07858	165,57	353,41	0,8699	1,6269
-24,00	2,598	0,8261	0,07570	166,86	354,04	0,8751	1,6264
-23,00	2,701	0,8285	0,07295	168,16	354,66	0,8802	1,6258
-22,00	2,806	0,8310	0,07032	169,47	355,29	0,8854	1,6253
-21,00	2,915	0,8335	0,06781	170,77	355,91	0,8905	1,6248
-20,00	3,027	0,8361	0,06540	172,08	356,52	0,8957	1,6243
-19,00	3,142	0,8387	0,06309	173,40	357,14	0,9008	1,6238
-18,00	3,260	0,8413	0,06088	174,72	357,75	0,9060	1,6233
-17,00	3,382	0,8440	0,05876	176,05	358,36	0,9111	1,6228
-16,00	3,507	0,8467	0,05673	177,38	358,97	0,9162	1,6224
-15,00	3,635	0,8495	0,05479	178,71	359,58	0,9214	1,6220

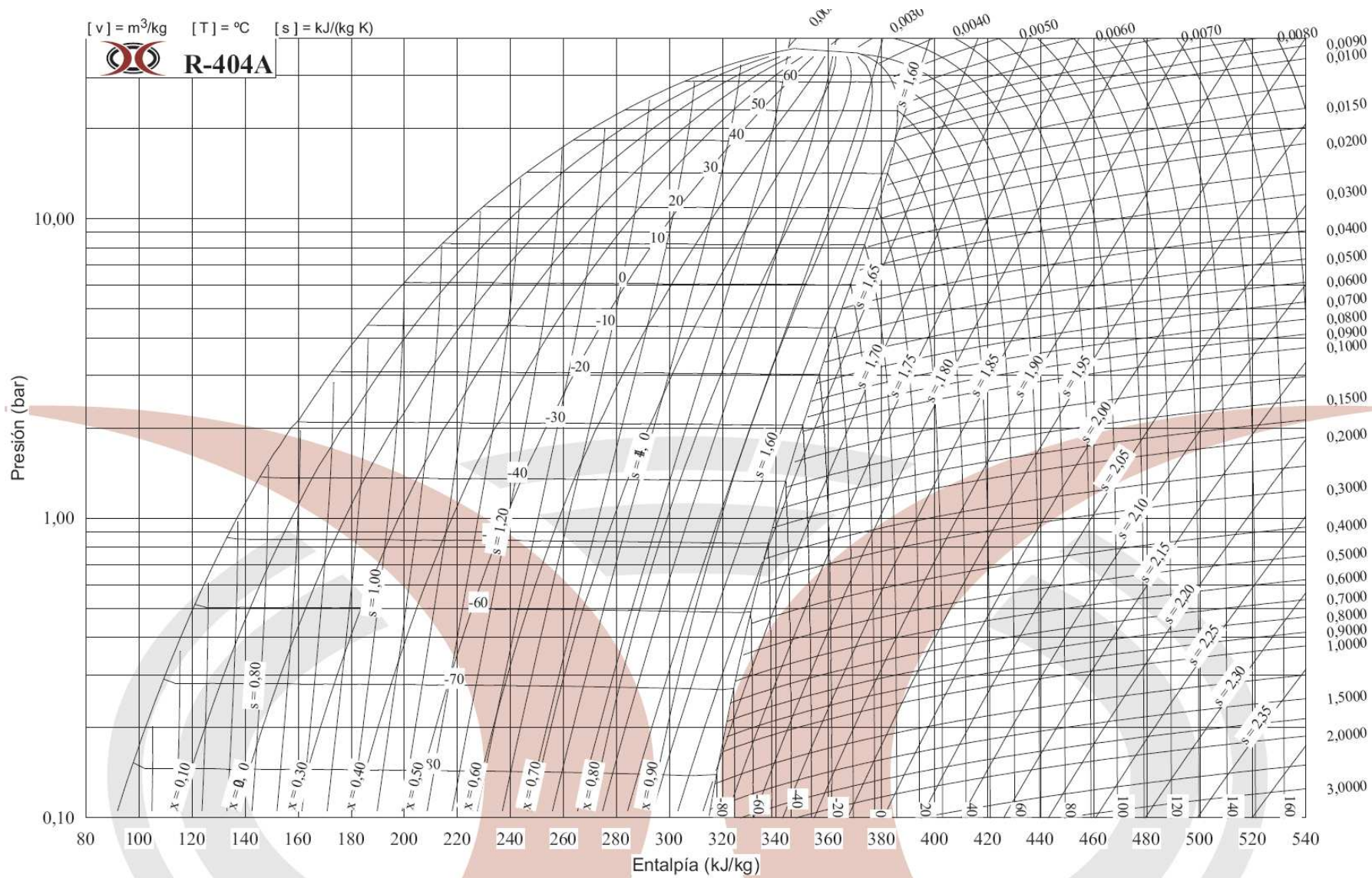


-14,00	3,767	0,8523	0,05292	180,06	360,18	0,9265	1,6215
-13,00	3,903	0,8551	0,05113	181,40	360,78	0,9316	1,6211
-12,00	4,043	0,8580	0,04941	182,75	361,38	0,9367	1,6207
-11,00	4,186	0,8610	0,04775	184,13	361,97	0,9420	1,6204
-10,00	4,333	0,8640	0,04617	185,48	362,56	0,9470	1,6200
-9,00	4,484	0,8670	0,04464	186,85	363,15	0,9522	1,6196
-8,00	4,639	0,8701	0,04318	188,22	363,74	0,9573	1,6192
-7,00	4,798	0,8733	0,04177	189,60	364,32	0,9624	1,6189
-6,00	4,961	0,8765	0,04041	190,98	364,90	0,9676	1,6186
-5,00	5,128	0,8798	0,03911	192,37	365,47	0,9727	1,6182
-4,00	5,299	0,8831	0,03785	193,77	366,04	0,9778	1,6179
-3,00	5,475	0,8865	0,03665	195,17	366,61	0,9829	1,6176
-2,00	5,655	0,8899	0,03548	196,57	367,17	0,9881	1,6172
-1,00	5,839	0,8934	0,03436	197,99	367,73	0,9932	1,6169
0,00	6,028	0,8970	0,03328	199,41	368,28	0,9984	1,6166
1,00	6,222	0,9006	0,03224	200,83	368,83	1,0035	1,6163
2,00	6,420	0,9043	0,03124	202,26	369,38	1,0086	1,6160
3,00	6,622	0,9080	0,03027	203,70	369,92	1,0138	1,6157
4,00	6,830	0,9119	0,02934	205,15	370,46	1,0189	1,6154
5,00	7,043	0,9158	0,02844	206,60	370,99	1,0241	1,6151
6,00	7,260	0,9198	0,02757	208,06	371,52	1,0293	1,6148
7,00	7,482	0,9239	0,02673	209,52	372,04	1,0344	1,6145
8,00	7,710	0,9280	0,02592	211,00	372,56	1,0396	1,6143
9,00	7,943	0,9322	0,02514	212,48	373,07	1,0448	1,6140
10,00	8,180	0,9366	0,02438	213,96	373,58	1,0500	1,6137
11,00	8,424	0,9410	0,02365	215,46	374,08	1,0552	1,6134
12,00	8,672	0,9455	0,02295	216,96	374,57	1,0604	1,6131
13,00	8,926	0,9501	0,02226	218,47	375,06	1,0656	1,6128
14,00	9,186	0,9548	0,02160	219,99	375,54	1,0708	1,6125
15,00	9,451	0,9596	0,02097	221,52	376,02	1,0760	1,6122
16,00	9,722	0,9645	0,02035	223,06	376,48	1,0812	1,6118
17,00	9,999	0,9695	0,01975	224,60	376,95	1,0865	1,6115
18,00	10,281	0,9746	0,01917	226,16	377,40	1,0917	1,6112
19,00	10,570	0,9798	0,01861	227,72	377,85	1,0970	1,6109
20,00	10,864	0,9852	0,01806	229,29	378,29	1,1023	1,6105
21,00	11,165	0,9907	0,01754	230,88	378,72	1,1076	1,6102
22,00	11,472	0,9963	0,01703	232,47	379,14	1,1129	1,6098
23,00	11,785	1,0021	0,01653	234,07	379,56	1,1182	1,6094
24,00	12,104	1,0080	0,01605	235,68	379,97	1,1235	1,6091
25,00	12,430	1,0141	0,01559	237,31	380,37	1,1288	1,6087
26,00	12,763	1,0203	0,01514	238,94	380,75	1,1342	1,6083
27,00	13,102	1,0267	0,01470	240,59	381,13	1,1396	1,6078
28,00	13,448	1,0332	0,01427	242,24	381,50	1,1450	1,6074



29,00	13,801	1,0400	0,01386	243,91	381,86	1,1504	1,6069
30,00	14,160	1,0469	0,01346	245,60	382,21	1,1558	1,6065
31,00	14,527	1,0540	0,01307	247,29	382,55	1,1613	1,6060
32,00	14,900	1,0613	0,01269	249,00	382,87	1,1668	1,6055
33,00	15,281	1,0688	0,01233	250,72	383,19	1,1723	1,6049
34,00	15,669	1,0766	0,01197	252,46	383,49	1,1778	1,6044
35,00	16,065	1,0845	0,01162	254,21	383,78	1,1833	1,6038
36,00	16,468	1,0928	0,01128	255,97	384,06	1,1889	1,6032
37,00	16,879	1,1013	0,01096	257,75	384,32	1,1945	1,6026
38,00	17,297	1,1100	0,01064	259,55	384,56	1,2001	1,6019
39,00	17,723	1,1191	0,01033	261,37	384,79	1,2058	1,6012
40,00	18,157	1,1284	0,01002	263,20	385,01	1,2115	1,6005
41,00	18,599	1,1381	0,00973	265,05	385,21	1,2173	1,5997
42,00	19,049	1,1482	0,00944	266,92	385,39	1,2230	1,5990
43,00	19,507	1,1586	0,00916	268,81	385,55	1,2289	1,5981
44,00	19,974	1,1694	0,00889	270,72	385,70	1,2347	1,5972
45,00	20,449	1,1806	0,00862	272,66	385,82	1,2406	1,5963
46,00	20,932	1,1922	0,00836	274,61	385,92	1,2466	1,5953
47,00	21,424	1,2043	0,00810	276,59	386,00	1,2526	1,5943
48,00	21,925	1,2170	0,00786	278,60	386,05	1,2587	1,5932
49,00	22,435	1,2301	0,00761	280,63	386,08	1,2648	1,5921
50,00	22,953	1,2439	0,00738	282,69	386,08	1,2710	1,5909
51,00	23,481	1,2583	0,00715	284,79	386,05	1,2772	1,5896
52,00	24,018	1,2735	0,00692	286,91	385,99	1,2836	1,5883
53,00	24,564	1,2893	0,00670	289,07	385,90	1,2900	1,5869
54,00	25,120	1,3060	0,00648	291,27	385,77	1,2965	1,5853
55,00	25,685	1,3236	0,00627	293,51	385,60	1,3031	1,5837

FUENTE: DuPont SUVA HP62





18.3. LEGISLACIÓN

18.3.1. LEYES QUE AFECTAN A LOS GASES REFRIGERANTES COMO RESIDUOS

- PROTOCOLO DE MONTREAL – OCT. 1987
 - o Los gases refrigerantes “seguros” no “inflamables” y poco tóxicos que se venían aplicando en cantidades comerciales desde 1931, son cuestionados por su poder de destrucción de la capa de ozono y los países desarrollados deciden cortar al menos el 50% de los CFCS para el año 2.000.
- PROTOCOLO DE KYOTO
 - o Se acuerdan calendarios generales para otro punto importante en la previsión del medioambiente acerca del “CALENTAMIENTO GLOBAL” o “EFECTO INVERNADERO”.
- Ley 20/1986, de 14 de mayo, BASICA DE RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS

Derogada por la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos
- Real Decreto 833/1988 de 20 de julio por el que se aprueba el REGLAMENTO PARA LA EJECUCION DE LA LEY 20/1986, BASICA DE RESIDUOS TOXICOS Y PELIGROSOS

Modificado por el REAL DECRETO 952/1997 de 20 de Junio
Aunque la Ley 20/1986 esté derogada, este Real Decreto sigue vigente
- Real Decreto 952/1997 de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la Ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos

Se publica la lista de residuos peligrosos, aprobado mediante Decisión 94/904/CE

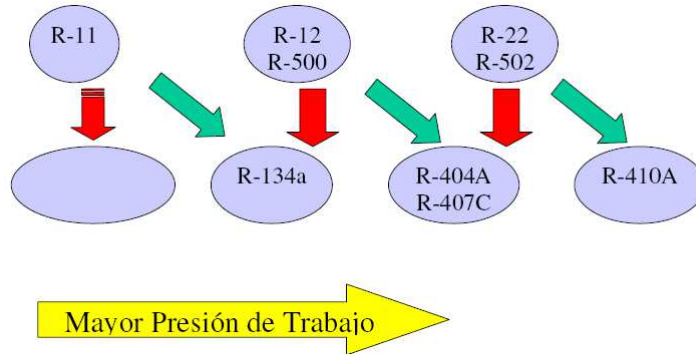
Obliga a todas las empresas que recuperen refrigerantes que tengan la consideración de residuo por su contenido, forma de presentación (mezclado con lubricantes) u otras características como humedad, acidez, etc, a registrarse en su Comunidad Autónoma como PEQUEÑO PRODUCTOR DE RESIDUOS obteniendo un código como Productor y a tener suscrito un contrato de Servicio de Gestión de Residuos con un GESTOR AUTORIZADO, cumpliendo con todas las autorizaciones administrativas y la legislación aplicable sobre el particular
- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos

Deroga la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por lo que se publican las operaciones de valoración y eliminación de residuos y la lista europea de residuos
- Además, los gases refrigerantes están afectados por leyes europeas como el Reglamento Comunitario CE nº 2037/2000 y el CE nº 842/2006, que obligan a recuperar todos los CFCs, HCFCs y HFC para su reciclaje o destrucción.

El organismo genérico dispuesto por el Estado Español, para controlar las leyes es el “SERVICIO de PROTECCIÓN de la NATURALEZA” (SEPRONA), perteneciente a la Guardia Civil.

18.3.2. REFRIGERANTES ALTERNATIVOS

Optimizando el refrigerante a elegir, podremos observar que el aumento de la presión de trabajo mejora la capacidad frigorífica (menor afectación al calentamiento global o efecto invernadero), reduciendo el tamaño de los equipos, por lo que la tendencia se puede observar en la siguiente figura.



Las aplicaciones generalizadas quedan reducidas a:

MEDIA PRESIÓN DE TRABAJO.-----PRODUCTO: R-134a.

Producto puro de la química, no inflamable, poco tóxico, de capacidad frigorífica, COP y T^a y presión de descarga similar al R-12, siempre que se evapora por encima de -10°C , sus aplicaciones son reducidas a:

- Aire Acondicionado del automóvil.
- Aire Acondicionado en grandes máquinas con sistemas de turbo-compresión
- Frío comercial/doméstico en pequeñas capacidades y aplicación en la conservación de productos frescos.

ALTA PRESIÓN DE TRABAJO.

(Hasta 25 bar) -----PRODUCTO: R-407C

Refrigerante equivalente al R-22 en aplicaciones de A/A. Mezcla no azeotrópica de productos puros HFC.

No es el producto para el futuro en aplicaciones de A/A, si bien servirá para dos cosas:

- A) Llevar a la obsolescencia los equipos de A/A que contienen R-22 hoy, simplemente limpiando los circuitos de residuos de aceite mineral o alquilbenzénico.
- B) Construir equipos, hoy del tipo HFC, sin cloro, con la tecnología disponible de compresión, mientras se desarrolla la fabricación de componentes para usar otro refrigerante de mayor presión de trabajo como el R-410-A.

En ningún caso podrá servir para sustituir máquinas de sistemas de turbo-compresión que hoy utilicen R-22, ya que es una mezcla y el sistema de compresión no lo permite.

(Hasta 40 bar) -----PRODUCTO: R-410A.

Es el refrigerante destinado a sustituir las aplicaciones en general del A/A. Su tecnología de compresión y sus componentes están desarrollados hoy para equipos domésticos y están en fase de desarrollo para equipos de mayores potencias. Hay



grandes máquinas que soportan más alta presión hoy. Pueden, y de hecho la utilizan, siempre con compresión del tipo alternativo o rotativo.

El R-410A: es un producto mezcla prácticamente azeotrópico (muy cerca) con mayor presión de trabajo que el R-22 y permite mejorar el COP, la capacidad frigorífica, con buenos resultados de T^a de descarga y presión de descarga y reducir el tamaño de los equipos.

EL R-404A: es un producto destinado a la refrigeración (casi azeotrópico) como estándar (mezcla de HFC). Es lo más parecido al R-502. Sirve para la media y baja T^a de evaporación dentro de la refrigeración comercial, en un hipermercado, por ejemplo, como se ha venido empleando en los últimos 20 años.

Una alternativa que se ha apreciado paralela en la Industria ha sido el R-507 durante los últimos 5 años. La Industria quiere sólo 1 producto para la aplicación de la refrigeración y ha elegido como estándar el R-404 A. No hay diferencias apreciables de un producto a otro, donde se aplica uno se puede aplicar el otro, sin ningún problema práctico, pero la ESTANDARIZACION, prima a favor del R-404A

EQUIPOS EXISTENTES.

Presión	Producto HFC L/P Nuevos Equipos	Sustituye a	Refrigerantes equivalentes, compatibles en miscibilidad/Solubilidad con aceites MO para sustituciones casi tal cual en existentes que funcionen con CFC/HCFC
Baja	NO HABRÁ APLICACIONES EN EL FUTURO	R-11	R-123 Cuestionado en Europa por alta toxicidad. Requiere alta seguridad. Sólo empleado en USA actualmente.
Media	R-134a	R-12 Ó R-500	R-401A Media T^a Evaporación. R-401B Baja T^a Evaporación. R-413A Todas. DI-36 Sin Clasificar por ASRHAE. R-409A.
Alta	R-404A R-507 R-407C	R-22 R-502 REFRIGERACIÓN R-22 A/ACONDICIONADO	R-402B Media T^a Evaporación R-402A Baja T^a Evaporación R-403B Baja T^a Evaporación R-408A Todas. R-408B Todas. DI-44 Sin Clasificar por ASRHAE. R-417A Asumido por un solo fabricante. R-407C Precisa limpieza de Res. Aceites minerales.
Más Alta	R-410A	NO EXISTEN APLICACIONES	No se precisa la sustitución.
Muy Alta	R-23 R-508B	R-13 R-503	R-23 Precisan Limpieza de res. Aceites minerales. R-503



REFRIG. ANTERIOR	REFRIGERANTE SUBSTITUTO				LUBRICANTE	APLICACION TÍPICA	REEMPLAZO	
	NO. DE ASHRAE	NOMBRE COMERCIAL	FABRICANTE	TIPO			INTERINO	LARGO PLAZO
R-11	R-123	Suva Centri-LP	DuPont	Compuesto Puro	Alquil Benceno o Aceite Mineral	*Enfriadores de Agua con Compresores Centrífugos.		X
		Genetrón 123	Quimobásicos					
		Forane-123	Elf Atochem					
R-12	R-134a	Suva Cold MP	DuPont	Compuesto Puro	Poliol Ester	*Equipos Nuevos y Reacondicionamientos. *Refrigeración Doméstica y Comercial (Temp. de Evaporación arriba de -7 °C). *Aire Acond. Residencial y Comercial.		X
		Genetrón 134a	Quimobásicos					
		Forane 134a	Elf Atochem					
		Klea 134a	ICI					
	R-401A	Suva MP39	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (arriba de -23 °C).	X	
		Genetrón MP39	Quimobásicos					
	R-401B	Suva MP86	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (abajo de -23 °C). *Transportes Refrigerados.	X	
		Genetrón MP86	Quimobásicos					
	R-409A	Suva 409A	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Reacondicionamientos.	X	
		FX-56	Elf Atochem					
R-13	Sin	Suva 95	DuPont	Mezcla Azeot.	Poliol Ester	*Muy Baja Temperatura		X
R-22	R-410A	Genetrón AZ-20	Quimobásicos	Mezclas Azeotrópicas	Poliol Ester	*Sistemas Unitarios de Aire Acondicionado.		X
	R-410B	Suva 9100	DuPont		Poliol Ester			X
	R-407C	Suva 9000	DuPont	Mezcla Zeotrópica (Blend)	Poliol Ester	*Aire Acondicionado Residencial y Comercial. *Bombas de Calor. (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).		X
		Genetrón 407C	Quimobásicos					
	R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja).		X
R-502	R-402A	Suva HP80	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Principalmente en Reacondicionamientos).	X	
		Genetrón HP80	Quimobásicos					
	R-402B	Suva HP81	DuPont		Alquil Benceno	*Máquinas de Hielo y Otros Equipos Compactos.	X	
	R-404A	Suva HP-62	DuPont		Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).		X
		Genetrón 404A	Quimobásicos					
	R-407A	Klea 60	ICI		Poliol Ester			X
	R-408A	FX-10	Elf Atochem		Alquil Benceno		X	
R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester			X	



REFRIGERANTES ALTERNATIVOS

Sustitutos de largo plazo para refrigeración comercial en baja y media temperatura

ASHRAE#	REEMPLAZA	LUBRICANTE	APLICACIÓN
R-507 (125/143a) Azeótropo	R-502 & R-22	Ester de poliol	Nuevos equipos y reconversiones
R-404A (125/143a/134a) Mezcla	R-502 & R-22	Ester de poliol	Nuevos equipos y reconversiones

Refrigerantes transitorios de corto plazo para baja y media temperatura

ASHRAE#	REEMPLAZA	LUBRICANTE	APLICACIÓN
R-408A (125/143a/22) Mezcla	R-502 & R-22	Alquilbenceno o Ester de poliol	Reconversiones

Refrigerantes de largo plazo para refrigeración comercial, media temperatura

ASHRAE#	REEMPLAZA	LUBRICANTE	APLICACIÓN
R-134A Fluido puro	R-12	Alquilbenceno o Ester de poliol	Nuevos equipos y reconversiones

Refrigerantes transitorios para media temperatura

ASHRAE#	REEMPLAZA	LUBRICANTE	APLICACIÓN
R-406A (22/142B/600a) Mezcla	R-12	Aceite mineral	Reconversiones
R-409A (22/124/142b) Mezcla	R-12	Alquilbenceno	Reconversiones

Refrigerantes a largo plazo para aire acondicionado comercial y residencial

ASHRAE#	REEMPLAZA	LUBRICANTE	APLICACIÓN
R-134A Fluido puro	R-12	Ester de poliol	Nuevos equipos y reconversiones
R-410A (32/125) Mezcla azeotrópica	R-22	Ester de poliol	Nuevos equipos
R-407C (32/125/134a) Mezcla	R-22	Ester de poliol	Nuevos equipos y reconversiones

18.4. REFRIGERANTE UTILIZADO Y CANTIDAD

El refrigerante que utilizaremos es R-404A, refrigerante actualmente más utilizado.

El R134A tiene mayor variación de entalpía en los evaporadores que el R-404A lo que implicaría menor caudal másico de refrigerante y además la relación de compresión necesaria es menor, pero sin embargo trabaja con presiones inferiores y en bajas temperaturas puede dar problemas ya que en congelados trabaja a presiones inferiores a la presión atmosférica lo cual implicaría riesgo de entrada de aire y su humedad en la instalación, además de implicar riesgos de “implosión” de la instalación en la parte de baja presión. Este refrigerante se ha estado utilizando mucho debido a que es un sustitutivo del R-12. Actualmente en instalaciones nuevas no se utiliza, tan sólo se usa en reformas de instalaciones antiguas.

Respecto al R-507, éste es ligeramente mejor pero sin embargo más caro. Es por ello por lo que en la actualidad apenas se utiliza ya que las ventajas que ofrece no llegan a compensar el mayor costo.



Por tanto el refrigerante utilizado es el R-404A. La cantidad necesaria se ha calculado en el documento “Cálculos” en el apartado de “Cálculo del recipiente de líquido”. En resumen:

	Cantidad kg	Total kg	Nº Envases 49 kg
Refrigerante Central positiva	324,2957	450	10
Refrigerante Central negativa	125,7899		

19. RECIPIENTE DE LÍQUIDO



Un recipiente de líquido es un depósito de almacenamiento para refrigerante líquido situado en la línea de líquido entre el condensador y el evaporador, que se utiliza prácticamente en todos los circuitos de frío equipados con válvulas de expansión. Va colocado entre el condensador y la válvula de expansión.

El recipiente deberá ser lo suficientemente grande como para almacenar toda la carga de refrigerante del circuito.

Los recipientes se ubican en las salas de máquinas, ya que son zonas de alta seguridad y también de esta forma se tiene centralizado en una misma zona las centrales de frío y los recipientes. En cualquier caso, el recipiente debe estar por debajo del condensador, lo cual podría obligar en algún caso a ubicarlo en otra zona.

19.1. FUNCIONES

Las funciones de los recipientes de líquido son:

1. Ser capaces de recoger todo el refrigerante del circuito cuando por razones de reparaciones o mantenimiento es necesario parar la instalación
2. En sistemas en los que la carga de funcionamiento en el evaporador y en el condensador, o solo en éste, varía con distintos estados de la potencia requerida, para evitar la reducción de la superficie efectiva de condensación,



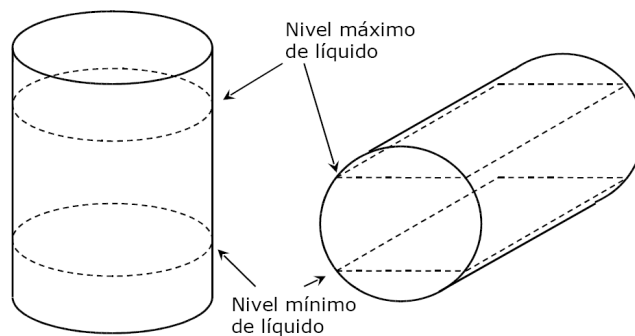
los recipientes regulan la carga fluctuante en el lado de baja presión y vacían el líquido del condensador. Cuando un evaporador es alimentado mediante una válvula de expansión, la carga de funcionamiento en el evaporador varía considerablemente en función de la potencia. Cuando la potencia requerida es alta, el evaporador necesita una carga mayor, ya que la ebullición es más intensa. Al disminuir la potencia requerida, la carga de funcionamiento en el evaporador disminuye y el recipiente debe almacenar el exceso de refrigerante. El recipiente debe de tener siempre una reserva de refrigerante para estas oscilaciones; por ello se sobredimensiona en su volumen.

3. En los sistemas con varios evaporadores independientes (servicios o puntos de frío) que cortan el suministro de líquido a uno o varios de ellos, mientras la potencia requerida es reducida, y se vacían los circuitos inactivos, el recipiente contiene la carga de los circuitos inactivos.
4. En los sistemas con condensadores por aire, los recipientes contienen refrigerante suficiente para el llenado de las líneas a la puesta en marcha, para evitar la falta de alimentación del evaporador y la consecuente recogida por bombeo del refrigerante ordenada por el presostato de baja. De esta forma se protege al compresor de que le llegue líquido durante el arranque.

19.2. DIMENSIONAMIENTO

Para el cálculo de su volumen, se debe calcular la cantidad de refrigerante que hay en toda la instalación cuando ésta está funcionando al 100%.

Los recipientes de líquido necesitan además una cantidad mínima de refrigerante para funcionar (remanente) que debe estar siempre dentro del recipiente para que así siempre llegue líquido a las válvulas termostáticas (no se produzca descebado del tubo de salida sumergido, en el caso de una variación de las necesidades frigoríficas en el evaporador), la cual hay que sumar a la carga total de la instalación a la hora de dimensionar el volumen necesario de recipiente. Pero también hay que sobredimensionarlo para que nunca esté lleno completamente, ya que las condiciones de almacenamiento (temperatura y por lo tanto densidad) podrían variar de las de diseño y el volumen ocupado por una misma masa de refrigerante podría aumentar, y nunca debe llenarse completamente ya sea por el propio principio de funcionamiento (espacio para el vapor) o bien porque en él debe caber toda la masa de refrigerante.



Por tanto al calcular el volumen del recipiente, se calcula el volumen necesario para contener toda la masa de refrigerante, al cual hay que sumarle el volumen del remanente y del sobredimensionamiento para que no se llene completamente. Por



norma general se considera que el volumen del recipiente es el volumen de la masa de refrigerante de la instalación incrementado un 20%.

Para el cálculo de la masa de refrigerante de la instalación se calcula la masa que hay en todas las tuberías a través del volumen y la densidad. A ella hay que sumar la masa que hay en los evaporadores y condensadores, la cual se aproxima como un tercio de la masa calculada con la densidad de líquido saturado para el volumen del evaporador o condensador (los evaporadores y condensadores operan normalmente con una carga de un tercio de la capacidad del serpentín del evaporador).

En el documento “Cálculos” se detalla el cálculo de la masa de refrigerante.

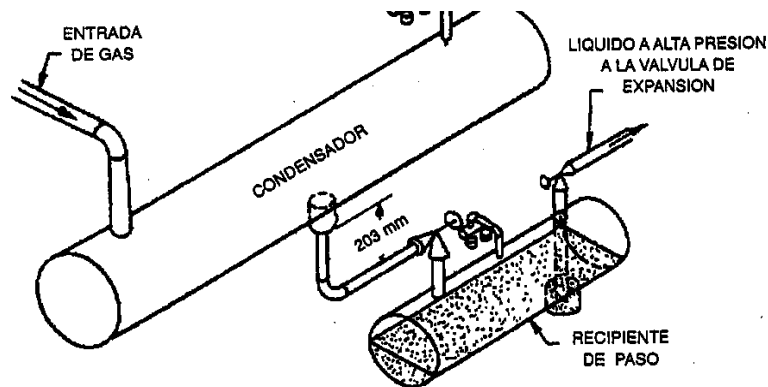
La densidad del refrigerante en el recipiente de líquido es aquella del líquido a alta presión subenfriado, es decir, la densidad del punto del diagrama anterior a la válvula de expansión. Los parámetros de diseño son con una temperatura de condensación de 45°C y un subenfriamiento de 10°C, es decir, consideramos una temperatura en el recipiente de unos 35°C. En realidad dependiendo de la temperatura exterior y de la temperatura de condensación, esta temperatura será mayor o menor; además en función del tiempo de estancia del líquido en el recipiente, su temperatura se aproximará más o menos a la temperatura del ambiente (subenfriamiento variable).

19.3. CONEXIÓN CONDENSADOR-RECIPIENTE

El líquido siempre debe fluir del condensador al recipiente. Por tanto, o bien la presión en el recipiente es inferior a la presión de salida del condensador, o bien la altura y la tubería entre ambos debe suponer una columna de refrigerante suficiente para compensar la diferencia de presiones y la pérdida por fricción.

El recipiente y la tubería asociada con él garantizan el libre flujo del líquido desde el condensador al recipiente, al equilibrar las presiones entre ambos, de modo que en el recipiente no pueda producirse una presión más alta que en el condensador. Esto se consigue por alguno de los dos procedimientos siguientes:

1. La tubería entre el condensador y el recipiente se dimensiona para tener un flujo del tipo albañal. Esto significa que hay que dimensionar los tubos para tener un flujo de líquido en un sentido y un flujo de gas en el opuesto. Para alcanzar el régimen de albañal, es adecuado generalmente dimensionar la línea de condensado para una velocidad de líquido de 0,5 m/s. La tubería debe tener una pendiente de al menos 20 mm/m y hay que eliminar cualquier sifón líquido natural. Por tanto esta tubería es una tubería “sobredimensionada” en su diámetro de tal forma que el líquido que baja no ocupa toda la sección y de esta forma permite que el gas vuelva a subir al condensador.



- Para hacer que se equilibren las presiones en el recipiente y el condensador, la tubería entre ambos puede equiparse con una tubería independiente de ventilación. Esta tubería exterior de ventilación puede equiparse o no con válvula de retención en el sentido del flujo hacia el condensador. Al montar la tubería sin válvula de retención, hay que evitar que el gas de descarga vaya directamente a la ventilación o instalar una derivación al condensador. Si se desconoce la configuración de la tubería, móntese una válvula de retención en la línea de ventilación. El dimensionado de la línea de condensado no debe exceder del adecuado a una velocidad de 0,75 m/s.

Nota importante

En cualquier caso, la salida del condensador debe de estar siempre por encima de la entrada (parte superior) del recipiente. Como mínimo debe de estar 20-30 cm por encima. Esto determinará en una instalación el tipo de recipiente (horizontal o vertical) y la necesidad de elevar mediante poyetes de hormigón los condensadores para garantizar esta diferencia de altura.

En nuestro caso la diferencia de altura ya se da simplemente por la ubicación del condensador en la cubierta y del recipiente en la planta baja del edificio.

19.4. TIPOS DE RECIPIENTES

Existen dos tipos de recipientes: el horizontal y el vertical.

Recipiente vertical

El recipiente vertical se caracteriza por:

- Ocupa menos espacio que el horizontal, pero es mucho más alto.
- El flujo de vapor es principalmente hacia arriba. Si la velocidad es menor que la velocidad de separación, las gotas se separan.
- El nivel de líquido no afecta a la velocidad del vapor.

Recipiente horizontal

El recipiente horizontal se caracteriza por:

- Ocupa mucho más espacio que los verticales, aunque son más bajos.
- El flujo es horizontal. Si el tiempo de residencia es suficientemente largo, las gotas se separan independientemente de la velocidad.
- El tiempo de residencia y la altura del espacio de separación y no la velocidad, determinan la eficiencia.



- Cuando el nivel de líquido aumenta, la sección de paso se reduce y por lo tanto, la velocidad sube y el tiempo de residencia disminuye, es decir, la separación es menor.

19.5. ELECCIÓN DEL TIPO DE RECIPIENTE

De lo visto en el apartado anterior, se concluye que:

- El recipiente vertical ocupa menos espacio en planta que el horizontal.
- El funcionamiento de los recipientes verticales es más sencillo que el de los horizontales.
- Sin embargo la altura del vertical es mayor que la del horizontal.

Por tanto como la parte superior del recipiente debe estar siempre por debajo de la salida del condensador (mínimo 20-30 cm), en aquellos casos en los que el condensador está en la misma planta que el recipiente (el cual se ubica siempre en la sala de máquinas), habrá que utilizar recipientes horizontales para asegurar esa diferencia de altura. Si el condensador está más arriba que la sala de máquinas, en ese caso se podría utilizar tanto recipiente horizontal como vertical, aunque es preferible usar el vertical ya que ocupa menor espacio y su funcionamiento es mejor.

En nuestro caso, dado que el condensador está muy por encima de la central de frío utilizaremos recipientes verticales.

19.6. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Desde el punto de vista constructivo, los recipientes están sometidos a la actual reglamentación de Recipientes de Presión.

Máquinas comerciales

El recipiente está formado por una botella de tubo de acero estirado sin soldadura, cerrado en sus dos extremos por unas tapas embutidas; el tubo de acero se constituya muchas veces por una virola de chapa doblada y soldada. Cuando el recipiente está colocado verticalmente, está formado por dos coquillas en chapa embutida soldadas una sobre la otra.

La salida del líquido se efectúa siempre por medio de un tubo sonda.

Máquinas industriales

La botella es similar a la de los recipientes comerciales, aunque incorporando en sus tomas de entrada y salida válvulas de corte manuales, así como visores de líquido y válvulas de seguridad. La válvula de corte de la salida sirve además para poder almacenar todo el refrigerante del circuito en el recipiente en caso de parar la instalación por mantenimiento y reparaciones.

19.7. VISORES DE LÍQUIDO

Son una serie de visores colocados en sentido vertical del recipiente, los cuales nos indican el nivel de líquido que hay en el interior del recipiente. Esto es muy importante ya que sirve para facilitar una indicación muy buena para el control del funcionamiento de la instalación.

Están formados por una pantalla de vidrio circular, y dentro hay una bolita de plástico que flota en el refrigerante líquido. Si la bolita está en la parte inferior del visor,

significa que el líquido no ha llegado a ese nivel, y si está en la parte superior significa que lo ha rebasado.



19.8. RECIPIENTES DE LÍQUIDO SELECCIONADOS

19.8.1. CENTRAL POSITIVA

En el documento “Cálculos” hemos visto el cálculo del volumen de refrigerante que debe albergar el recipiente.

	Masa R-404A kg	Densidad kg/m ³	Volumen (dm ³)
RECIPIENTE DE LÍQUIDO	324,2957	1023,1	316,9736

Para este volumen mínimo, elegimos el siguiente recipiente de líquido:

RECIPIENTE DE LÍQUIDO	
Modelo	RLV-350
Precio (€)	3420
Volumen (dm ³)	350
Válvula entrada	3"
Válvula salida	2 1/2"
Válvula seguridad	1/2"
Ø (mm)	610
Longitud (mm)	1252
Peso (kg)	185



19.8.2. CENTRAL NEGATIVA

	Masa R-404A kg	Densidad kg/m ³	Volumen (dm ³)
RECIPIENTE DE LÍQUIDO	125,7899	1023,1	122,9497

Para este volumen mínimo, elegimos el siguiente recipiente de líquido:

RECIPIENTE DE LÍQUIDO	
Modelo	RLV-120
Precio (€)	1240
Volumen (dm ³)	120
Válvula entrada	2 1/8"
Válvula salida	1 5/8"
Válvula seguridad	1/2"
Ø (mm)	323,9
Longitud (mm)	1700
Peso (kg)	78

19.9. VÁLVULAS DE SEGURIDAD



19.9.1. INTRODUCCIÓN

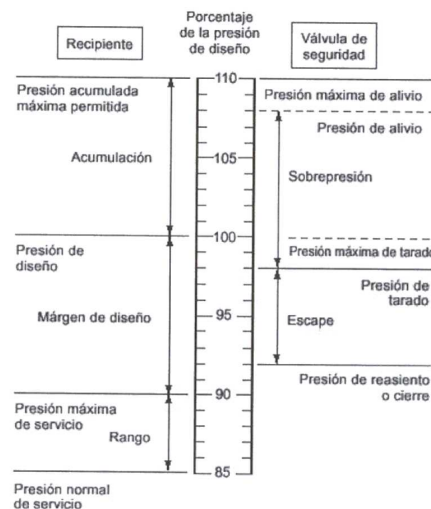
El dispositivo empleado para el alivio de presión del recipiente es la válvula de seguridad de resorte, que automáticamente sin otra asistencia que la del propio fluido implicado, descarga fluido para evitar que se exceda una presión predeterminada y que está diseñada para que vuelva a cerrar y se evite el flujo adicional de fluido después de haberse restablecido las condiciones normales de presión.



19.9.2. TERMINOLOGÍA

- **Presión de diseño:** es la máxima presión de trabajo a la temperatura de diseño y será utilizada para el cálculo de las partes a presión del aparato.
- **Presión de tarado o consigna:** es la presión manométrica predeterminada a la que empieza a ascender la válvula de seguridad.
- **Sobrepresión:** es el incremento de presión sobre la presión de tarado durante el ascenso de la válvula. Se alcanza el valor máximo permitido cuando la válvula está completamente abierta. Se expresa normalmente como un porcentaje de la presión manométrica de tarado.
- **Presión de alivio:** es la suma de la presión de tarado más la sobrepresión
- **Escape. Despresurización. Subpresión de reasiento (blowdown):** es la diferencia entre la presión de tarado y la presión de cierre de nuevo cuando la válvula retorna a su posición normal de descanso. Este término se expresa normalmente como un porcentaje de la presión de tarado.
- **Contrapresión:** es la presión estática existente en la boca de salida de una válvula de seguridad. La contrapresión puede estar impuesta por las condiciones de flujo en el sistema de descarga u originada por el flujo de escape desde la válvula de seguridad a través del sistema de descarga.
- **Acumulación:** es el incremento de presión sobre la presión del equipo durante la descarga a través del sistema de alivio. El término se refiere al equipo a proteger y no al dispositivo de alivio de presión. La acumulación máxima permitida está regulada por las normas y códigos de diseño o de trabajo de los equipos y sistemas. La acumulación es el aumento permitido en una situación de emergencia y puede variar del 10% de la presión de diseño, hasta el 25% para situaciones de incendio.
- **Presión acumulada máxima permitida:** es la suma de la presión de diseño y la acumulación máxima permitida.
- **Caudal de alivio requerido:** es el caudal de refrigerante mínimo que debe escapar por la válvula de seguridad, en kg/h.

La figura muestra el régimen de presiones para una válvula de seguridad con sobrepresión del 10%.





19.9.3. TIPOS DE VÁLVULAS

Unos criterios básicos para elegir el tipo de válvula son:

- Si la descarga se puede realizar directamente a la atmósfera: válvulas no equilibradas.
- Si la descarga se envía a depósitos colectores con contrapresión muy baja (inferior al 10% de la presión de tarado): válvulas no equilibradas
- Si la descarga se envía a depósitos colectores con contrapresión elevada (hasta el 25% de la presión de tarado): válvulas equilibradas
- Si los productos son inocuos (nitrógeno, CO₂, vapor de agua, etc): válvulas de seguridad con sombrerete abierto a la atmósfera.
- Para la descarga de todos los líquidos y para los vapores peligrosos (tóxicos, inflamables, etc): válvula de seguridad con sombrerete cerrado a la atmósfera.

19.9.4. PRESIONES

El presostato de alta presión de cada compresor no debe estar tarado a presión superior al 90% de la de las válvulas de seguridad. Regularemos el presostato de alta a 22 bar, y por consiguiente, las válvulas de seguridad deben estar calibradas a una presión superior a 24,44 bar. Por tanto la presión de calibración que elegiremos será de 27,5 bar, ya que las posibilidades de calibración para válvulas CASTEL son 20,5 , 24,5 , 27,5 y 30 bar. De esta forma tenemos un margen para poder aumentar la presión máxima de servicio en caso de que aumente la temperatura de evaporación.

De acuerdo con la Instrucción Complementaria al Reglamento de Seguridad MI-IF-009, las válvulas de seguridad tendrán una capacidad de descarga tal que impidan una sobrepresión de un 10% (presión de alivio) sobre la presión de timbre del recipiente (32 bar). La capacidad de evacuación de aire de una válvula de seguridad que se expresa en kg de aire por hora será medida a una presión no superior al 110% de su presión de tarado.

RECIPIENTE	
Presión normal de servicio	20,5 bar
Presión máxima de servicio (presostatos de alta de los compresores)	22 bar
Presión de diseño del recipiente (presión de timbre)	32 bar
VÁLVULAS DE SEGURIDAD	
Presión de tarado o de calibración	27,5 bar
Presión de alivio	35,2 bar

19.9.5. CÁLCULO DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD Y SELECCIÓN

De acuerdo con la Instrucción Complementaria al Reglamento de Seguridad MI-IF-009, las válvulas de seguridad tendrán una capacidad de descarga tal que impidan una sobrepresión de un 10% sobre la presión de timbre. Esta condición tendrá que ser cumplida por cada una de las válvulas de seguridad consideradas independientemente.



La capacidad mínima de evacuación de la válvula de seguridad de un recipiente que contenga refrigerante líquido se determinará por la siguiente fórmula:

$$C = fD \cdot L$$

donde:

C = Capacidad de evacuación, expresada en kg de aire por hora

D = Diámetro exterior del recipiente, en metros

L = Longitud del recipiente, en metros

f = Factor que depende del refrigerante → R-404A: f = 623

La capacidad de evacuación de aire de una válvula de seguridad que se expresa en kg de aire por hora será medida a una presión no superior al 110% de su presión de tarado.

En los casos en que determinados recipientes a presión, que contengan líquido refrigerante, requieran el uso de dos o más válvulas de seguridad en paralelo para alcanzar la capacidad de evacuación exigida, la batería de válvulas de seguridad en paralelo se considerará como una unidad y, por consiguiente, como un dispositivo único de seguridad.

19.9.5.1. Válvulas de seguridad del recipiente de la central positiva

Modelo del recipiente: RLV-350 de 350 litros de capacidad.

$$C = 623 \times 0,610 \times 1,252 = 475,79 \text{ kg/h.}$$

El modelo de válvulas que utilizaremos es el recomendado por el fabricante del recipiente de líquido: Se instalarán dos válvulas de seguridad de 1/2" con un caudal real de evacuación admisible de 475,79 kg/h en total.

19.9.5.2. Válvulas de seguridad del recipiente de la central negativa

Modelo del recipiente: RLV-120 de 120 litros de capacidad.

$$C = 623 \times 0,324 \times 1,700 = 343,15 \text{ kg/h.}$$

El modelo de válvulas que utilizaremos es el recomendado por el fabricante del recipiente de líquido: Se instalarán dos válvulas de seguridad de 1/2" con una sección libre de 113,1 mm² cada una y un caudal real de evacuación admisible de 343,15 kg/h en total.

19.9.6. DESCARGA DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Las válvulas de seguridad descargan el gas al exterior de la central. Por ello se coloca un trozo de tubo de goma dando una vuelta completa llena de líquido, tal como se ve en la fotografía, ya que si en un momento dado descargasen las válvulas notaríamos una pérdida de refrigerante en la instalación, en un principio sin saber dónde ha tenido lugar, y así si no habría líquido en esta goma sabríamos que ha sido por descarga en las válvulas como consecuencia de una sobrepresión y no una fuga en el circuito.



Otra opción, que actualmente se está empezando a utilizar más, es colocar una U de cobre en el tubo (como un trozo de tubo más) llena de líquido con un visor de líquido. De esta forma se evitaría que el tubo de goma salga disparado en caso de descarga si éste es viejo y ya no está bien sujeto.



20. CARGA DE REFRIGERANTE EN LOS SERVICIOS

20.1. CARGA DE REFRIGERANTE EN LOS DIFERENTES LOCALES

La Instrucción MI IF-004 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas establece un límite de carga específica de refrigerante en cada local cerrado en el que haya un evaporador. Este límite se establece por motivos de seguridad para que en caso de fuga la concentración de refrigerante en el ambiente no sea peligrosa.

Para el R-404A el límite es de $0,39 \text{ kg/m}^3$ de refrigerante.

La carga total de un evaporador es la masa de refrigerante que hay contenida en su interior, y la carga específica es la carga total dividida por el volumen del local.

En el caso de muebles frigoríficos, como están en el interior de la sala de ventas cuyo volumen es muy grande y tiene una gran ventilación, no habría nunca problemas de carga específica. Sin embargo los locales críticos son las cámaras cuyo volumen es muy reducido y además están completamente cerradas y sin ventilación.

En la siguiente tabla se muestra la carga de cada una de las cámaras y su carga específica:

Nº	SERVICIO	Volumen (m ³)	Evaporador	Volumen evaporador (dm ³)	Densidad (kg/m ³)	Carga total R-404A (kg)	Carga específica (kg/m ³)	Carga esp. Admisible (kg/m ³)
CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN								
13	Cámara frutas y verduras	32,93	PIAN 57	4,7	1186,40	5,58	0,17	0,39
14	Cámara pescado	21,62	PIMS 40	4,7	1186,40	5,58	0,26	0,39
15	Cámara basuras	11,04	PIMN 18	2,6	1186,40	3,08	0,28	0,39
16	Cámara carnes	26,28	PIAN 57	4,7	1186,40	5,58	0,21	0,39
17	Cámara curados	26,42	FRM 240	2,9	1186,40	3,44	0,13	0,39
18	Cámara quesos	18,67	PIAN 29	3,8	1186,40	4,51	0,24	0,39
19	Cámara lácteos	57,53	PIAN 57	4,7	1186,40	5,58	0,10	0,39
OBRADORES								
20	Obrador fruta	35,49	PIAN 29	3,8	1186,40	4,51	0,12	0,39
21	Obrador pescado	30,42	PIAN 29	3,9	1186,40	4,63	0,15	0,39
22	Obrador	33,3	PIAN 57	4,7	1186,40	5,58	0,16	0,39



	carne							
23	Obrador charcutería	30,12	PIAN 57	4,7	1186,40	5,58	0,18	0,39
CÁMARAS DE CONGELACIÓN								
28	Cámara congelado pescado	32,64	FRB 200	4,7	1267,50	5,96	0,18	0,39
29	Cámara congelados	30,816	FRL 380	8,8	1267,50	11,15	0,36	0,39

20.2. ADECUACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE LÍQUIDO

Central positiva

A = Carga del mayor evaporador = 11,15 kg

B = Capacidad del recipiente de líquido = 325 kg

Se cumple que $B = 325 > 1,25 \cdot A = 13,94$ kg (Reglamento de Seguridad)

Central negativa

A = Carga del mayor evaporador = 11,15 kg

B = Capacidad del recipiente de líquido = 126 kg

Se cumple que $B = 126 > 1,25 \cdot A = 13,94$ kg (Reglamento de Seguridad)

Tudela, Septiembre de 2013

Firmado:

AMAIA MUTILVA ZABALEGUI

Ingeniero Técnico Industrial Mecánico con Intensificación en Diseño Industrial



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO CON
INTENSIFICACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO

DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

Alumno: Amaia Mutilva Zabalegui

Tutor: José Ramón Alfaro López

Tudela, Septiembre de 2013



DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS

ÍNDICE

1. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE CÁMARAS.....	3
1.1. TIPOS DE CARGAS TÉRMICAS Y FÓRMULAS DE CÁLCULO.....	3
1.1.1. CALOR DE OTRAS FUENTES	3
1.1.1.1. Calor en los cerramientos.....	3
1.1.1.2. Pérdidas por servicio.....	3
1.1.2. CALOR DE LOS PRODUCTOS	4
1.1.2.1. Calor de refrigeración de los alimentos	4
1.1.2.2. Calor de congelación de los alimentos.....	5
1.1.2.3. Calor de respiración de los alimentos	5
1.1.2.4. Calor de los embalajes	5
1.1.3. TABLAS	6
1.1.4. POTENCIA DE LA INSTALACIÓN.....	19
1.1.4.1. Número de horas de funcionamiento al día “t”	19
1.1.4.2. Potencia de los ventiladores y de desescarche del evaporador y elección del evaporador.....	19
1.1.5. FACTOR DE SEGURIDAD (NÚMEROS ÍNDICE).....	19
1.2. CÁLCULO BALANCE TÉRMICO CÁMARAS Y OBRADORES	20
1.2.1. DATOS GENERALES	20
1.2.2. CAPACIDAD DE UNA CÁMARA.....	20
1.2.3. ROTACIÓN DE PRODUCTOS.....	20
1.2.4. CÁLCULOS	21
1.2.4.1. Cámara frutas y verduras	21
1.2.4.2. Cámara pescado	23
1.2.4.3. Cámara basuras	24
1.2.4.4. Cámara carnes	25
1.2.4.5. Cámara curados.....	26
1.2.4.6. Cámara quesos	27
1.2.4.7. Cámara lácteos.....	28
1.2.4.8. Obrador fruta.....	29
1.2.4.9. Obrador pescado	30
1.2.4.10. Obrador carnes	31
1.2.4.11. Obrador charcutería	32
1.2.4.12. Cámara congelación pescado	33
1.2.4.13. Cámara congelación general	34
2. CÁLCULO DE TUBERÍAS	35
2.1. TUBERÍAS NORMALIZADAS Y COMERCIALES	35
2.2. PÉRDIDAS DE CARGA Y VELOCIDADES RECOMENDADAS	36
2.2.1. LÍNEA DE ASPIRACIÓN	36



2.2.2. LÍNEA DE DESCARGA.....	36
2.2.3. LÍNEA DE LÍQUIDO	36
2.3. TABLA DE CAPACIDAD DE TUBERÍAS.....	37
2.4. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL REFRIGERANTE	39
2.5. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA	39
2.6. DATOS PARA EL CÁLCULO.....	40
2.7. METODOLOGÍA DE CÁLCULO	40
2.8. CÁLCULO.....	41
2.8.1. POTENCIAS Y TENDIDO FRIGORÍFICO	41
2.8.2. LÍNEAS DE ASPIRACIÓN	43
2.8.3. LÍNEAS DE LÍQUIDO RECIPIENTE-EVAPORADORES.....	46
2.8.4. LÍNEAS DE DESCARGA.....	50
2.8.5. LÍNEAS DE LÍQUIDO CONDENSADOR-RECIPIENTE	52
3. CÁLCULO DE LOS RECIPIENTES DE LÍQUIDO	53
3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO	53
3.2. CÁLCULO DE VOLÚMENES.....	54
3.2.1. TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN.....	54
3.2.1.1. Central positiva.....	54
3.2.1.2. Central negativa	54
3.2.2. TUBERÍAS DE DESCARGA	54
3.2.2.1. Central positiva.....	54
3.2.2.2. Central negativa	55
3.2.3. TUBERÍAS DE LÍQUIDO	55
3.2.3.1. Central positiva.....	55
3.2.3.2. Central negativa	55
3.2.4. EVAPORADORES	56
3.2.4.1. Central positiva.....	56
3.2.4.2. Central negativa	56
3.2.5. CONDENSADORES.....	57
3.2.5.1. Central positiva.....	57
3.2.5.2. Central negativa	57
3.3. CÁLCULO DE LOS RECIPIENTES.....	57
3.3.1. CENTRAL POSITIVA	57
3.3.2. CENTRAL NEGATIVA.....	59



1. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE CÁMARAS

1.1. TIPOS DE CARGAS TÉRMICAS Y FÓRMULAS DE CÁLCULO

Resumiendo lo visto en la memoria del proyecto, las cargas térmicas son las siguientes:

1.1.1. CALOR DE OTRAS FUENTES $\rightarrow \dot{Q}_F$

1.1.1.1. Calor en los cerramientos

$$\dot{Q}_t = \sum_i \dot{Q}_{t_i} \quad [\text{W}]$$

$$\dot{Q}_{t_i} = U \cdot A \cdot \Delta t \quad [\text{W}]$$

U = Coeficiente global de transmisión de calor del material [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_A}{k_A} + \frac{e_B}{k_B} + \dots + \frac{1}{h_i}}$$

en cartesianas (Tabla 1)

A = Superficie exterior de la cámara en m^2

$$\Delta t = t_e - t_i + t'$$

t_e = Temperatura exterior ambiente máxima media

t_i = Temperatura en el interior de la cámara

t' \equiv incremento por radiación solar (Tabla 2): En nuestro caso no lo consideramos al estar las cámaras en el interior de un edificio sin incidencia solar.

1.1.1.2. Pérdidas por servicio

o Carga de infiltración Q_a

$$\dot{Q}_a = \frac{V \cdot n \cdot q}{86,4} \quad [\text{W}]$$

V \equiv Volumen interior de la cámara en [m^3]

n \equiv N° de renovaciones de aire por día \rightarrow Tabla 4

q \equiv Calor total por m^3 de aire de infiltración a extraer de éste para llevarlo de las condiciones exteriores a las condiciones de la cámara en [kJ/m^3] \rightarrow Tabla 5

o Calor de la iluminación

$$\dot{Q}_i = P \cdot \frac{t}{24} \quad [\text{W}]$$

P \equiv potencia de la iluminación en [W]

$P = 15 \text{ W}/\text{m}^2$ en salas de proceso, despice, etc.

$P = 5 \text{ W}/\text{m}^2$ en almacén de congelados

t \equiv tiempo de funcionamiento al día en [horas/día]

Si las lámparas son fluorescentes, que es nuestro caso:



$$\dot{Q}_i = 1,25 \cdot P \cdot \frac{t}{24}$$

- Calor desprendido por las personas

$$\dot{Q}_p = \frac{q \cdot n \cdot t}{24} \quad [\text{W}]$$

$q \equiv$ calor liberado por cada persona en [W] \rightarrow Tabla 6

$$q = 270 - 6 \cdot T [^{\circ}\text{C}]$$

$n \equiv$ N° de personas que entran en la cámara

$t \equiv$ horas al día que permanecen dentro cada persona [horas/día]

- Calor desprendido por los motores eléctricos

$$\dot{Q}_m = 0,86 \cdot \sum_i \frac{P_i \cdot t}{24} \quad [\text{W}]$$

$t \equiv$ tiempo en horas [horas/día]

$P_i \equiv$ calor de cada motor [W] \rightarrow Tabla 7

El 0,86 es al dividir 632 entre 736 (1 cv = 736 W)

A veces no se considera este factor y se calcula directamente como $P \cdot t / 24$

- Pérdidas por desescarche

$$\dot{Q}_d = \frac{860 \cdot P \cdot t}{24} \quad [\text{W}]$$

$P \equiv$ potencia del desescarche en [kW]

$t \equiv$ horas al día que dura el desescarche [horas/día]

1.1.2. CALOR DE LOS PRODUCTOS $\rightarrow \dot{Q}_P$

Esta carga térmica no se da en los obradores, sólo hay en las cámaras.

$$\dot{Q}_{\text{productos}} \equiv \dot{Q}_P = \dot{Q}_r + \dot{Q}_C + \dot{Q}_S + \dot{Q}_e$$

Capacidad de una cámara

$$Q = q \cdot V$$

$Q =$ capacidad de la cámara en kg

$V =$ volumen de la misma en m^3

$q =$ capacidad específica del producto a conservar en kg/m^3

REFRIGERACIÓN $q = 250 \text{ kg}/\text{m}^3$

CONGELACIÓN $q = 300 \text{ kg}/\text{m}^3$

Rotación de productos

Nosotros tomaremos como rotación 1/6 de la capacidad de la cámara al día.

1.1.2.1. Calor de refrigeración de los alimentos

$$\dot{Q}_r = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_e - T_i)}{86,4} \quad [\text{W}]$$

$c_p \equiv$ calor específico a P constante [$\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$] \rightarrow Tabla 8

$T_e \equiv$ temperatura entrada del alimento

$T_i \equiv$ temperatura interior de la cámara



\dot{m} \equiv masa de alimentos que introducimos al día [kg/día]

1.1.2.2. Calor de congelación de los alimentos

\dot{Q}_{CL} \equiv Calor hasta la temperatura de congelación

$$\dot{Q}_{CL} = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_e - T_c)}{86,4} \quad [\text{W}]$$

\dot{m} \equiv masa de alimentos que introducimos al día [kg/día]

T_c \equiv Temperatura de congelación

c_p \equiv calor específico antes de congelarse [kJ/kg·K] \rightarrow Tabla 8

\dot{Q}_{C2} \equiv Calor para congelar el alimento

$$\dot{Q}_{C2} = \frac{\dot{m} \cdot c_L}{86,4} \quad [\text{W}]$$

c_L \equiv calor latente de congelación [kJ/kg] \rightarrow Tabla 8

\dot{Q}_{C3} \equiv Calor para pasar hasta la temperatura final una vez congelado

$$\dot{Q}_{C3} = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_c - T_i)}{86,4} \quad [\text{W}]$$

c_p \equiv calor específico después de congelarse [kJ/kg·K] \rightarrow Tabla 8

En un supermercado no se realiza congelación de alimentos. Los alimentos congelados llegan ya congelados a las cámaras. Por tanto no consideraremos este calor.

1.1.2.3. Calor de respiración de los alimentos

Las frutas y verduras siguen “vivas” en la cámara y por tanto emiten calor.

$$\dot{Q}_S = \frac{c_S \cdot m}{86,4} \quad [\text{W}]$$

m \equiv masa de alimentos que “respiran” [kg]

c_S \equiv calor de respiración en [kJ/kg·día] \rightarrow Tabla 8

1.1.2.4. Calor de los embalajes

$$\dot{Q}_e = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_e - T_i)}{86,4} \quad [\text{W}]$$

$\dot{m} \rightarrow$ [kg/día]

A falta de mejores datos, tomamos un calor equivalente al 10% de la masa entrante con calor específico 0,5 kcal/kg·°C = 2,0934 kJ/kg·K.



1.1.3. TABLAS

TABLA 1 - Coeficiente de transmisión calórica U para materiales usuales, en W/m²·K

Materiales aislantes	Densidad (kg/m ³)	Conductividad térmica k W/m·K	Espesor del aislante (e), en mm					
			60	80	100	120	140	160
Aglomerado de corcho	110	0,039	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28	0,24
Espuma elastomérica	60	0,034	0,57	0,43	0,34	0,28	0,24	0,21
Lana de vidrio Tipo I	10-18	0,044	0,73	0,55	0,44	0,37	0,31	0,28
Lana de vidrio Tipo II	19-30	0,037	0,62	0,46	0,37	0,31	0,26	0,23
Lana de vidrio Tipo III	31-45	0,034	0,57	0,43	0,34	0,28	0,24	0,21
Lana de vidrio Tipo IV	46-65	0,033	0,55	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21
Lana de vidrio Tipo V	66-90	0,033	0,55	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21
Lana de vidrio Tipo VI	91	0,036	0,60	0,45	0,36	0,30	0,26	0,23
Lana mineral Tipo I	30-50	0,042	0,70	0,53	0,42	0,35	0,30	0,26
Lana mineral Tipo II	51-70	0,040	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29	0,25
Lana mineral Tipo III	71-90	0,038	0,63	0,48	0,38	0,32	0,27	0,24
Lana mineral Tipo IV	91-120	0,038	0,63	0,48	0,38	0,32	0,27	0,24
Lana mineral Tipo V	121-150	0,038	0,63	0,48	0,38	0,32	0,27	0,24
Perlita extendida	130	0,047	0,78	0,59	0,47	0,39	0,34	0,29
Poliestireno expandido Tipo I	10	0,057	0,95	0,71	0,57	0,48	0,41	0,36
Poliestireno expandido Tipo II	12	0,044	0,73	0,55	0,44	0,37	0,31	0,28
Poliestireno expandido Tipo III	15	0,037	0,62	0,46	0,37	0,31	0,26	0,23
Poliestireno expandido Tipo IV	20	0,034	0,57	0,43	0,34	0,28	0,24	0,21
Poliestireno expandido Tipo V	25	0,033	0,55	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21
Poliestireno extrusionado	33	0,033	0,55	0,41	0,33	0,28	0,24	0,21
Polietileno reticulado	30	0,038	0,63	0,48	0,38	0,32	0,27	0,24
Polisocianurato, espuma de	35	0,026	0,43	0,33	0,26	0,22	0,19	0,16
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo I	32	0,023	0,38	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo II	35	0,023	0,38	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo III	40	0,023	0,38	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo IV	80	0,040	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29	0,25
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de - Tipo I	35	0,023	0,38	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de - Tipo II	40	0,023	0,38	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Poliuretano expandido (inyectado)	40	0,024	0,40	0,30	0,24	0,20	0,17	0,15
Urea formol, espuma de	10-12	0,034	0,57	0,43	0,34	0,28	0,24	0,21
	12-14	0,035	0,58	0,44	0,35	0,29	0,25	0,22
Vermiculita expandida	120	0,035	0,58	0,44	0,35	0,29	0,25	0,22
Vidrio celular	160	0,044	0,73	0,55	0,44	0,37	0,31	0,28
Mortero de cemento	2000	1,40	23,33	17,50	14,00	11,67	10,00	8,75
Enlucido de yeso	800	0,30	5,00	3,75	3,00	2,50	2,14	1,88
Hormigón armado (normal)	2400	1,63	27,17	20,38	16,30	13,58	11,64	10,19
Fábrica de ladrillo macizo	1800	0,87	14,50	10,88	8,70	7,25	6,21	5,44
Fábrica de ladrillo perforado	1600	0,76	12,67	9,50	7,60	6,33	5,43	4,75
Fábrica de ladrillo hueco	1200	0,49	8,17	6,13	4,90	4,08	3,50	3,06
Fábrica con bloques huecos de hormigón incluidas juntas	1000	0,44	7,33	5,50	4,40	3,67	3,14	2,75
	1200	0,49	8,17	6,13	4,90	4,08	3,50	3,06



	1400	0,56	9,33	7,00	5,60	4,67	4,00	3,50
Placas de escayola	800	0,30	5,00	3,75	3,00	2,50	2,14	1,88
Piedra		6,3953	106,59	79,94	63,95	53,29	45,68	39,97
Adobe		0,6977	11,63	8,72	6,98	5,81	4,98	4,36
Arcilla expandida	300	0,085	1,42	1,06	0,85	0,71	0,61	0,53
	450	0,114	1,90	1,43	1,14	0,95	0,81	0,71
Madera en láminas		0,1163	1,94	1,45	1,16	0,97	0,83	0,73
Vídrío plano para acristalar	2500	0,95	15,83	11,88	9,50	7,92	6,79	5,94
Linóleo	1200	0,19	3,17	2,38	1,90	1,58	1,36	1,19
Moquetas, alfombras	1000	0,05	0,83	0,63	0,50	0,42	0,36	0,31

FUENTE: NBE-CT-79



TABLA 2		Suplemento de temperatura t' por radiación solar en °C			
		Este	Sur	Oeste	Techo
Colores claros		2,2	1,0	2,2	5,0
Colores medios		3,3	2,2	3,3	8,3
Colores oscuros		4,4	2,8	4,4	11,0
Colores claros	Piedra blanca Hormigón de color claro Pintura blanca				
Colores medios	Madera sin pintar Ladrillo Teja roja Hormigón oscuro Pintura roja, gris o verde				
Colores oscuros	Cubierta de pizarra Cubierta embreada Pintura negra				

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990

Tabla 3	COEFICIENTES DE SERVICIO EN kcal/m ³ 24 h								
	Diferencia entre las temperaturas exterior e interior de la cámara								
Volumen cámara m ³	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C
1	870	1100	1300	1500	1700	1950	2200	2400	2600
1,5	770	950	1150	1350	1500	1700	1900	2100	2300
2	700	870	1050	1200	1400	1550	1750	1900	2100
3	630	800	950	1100	1250	1400	1600	1750	1900
5	530	650	800	930	1050	1200	1350	1470	1600
7	490	600	730	850	970	1100	1200	1350	1450
10	430	550	650	750	870	970	1100	1200	1300
15	380	470	570	650	750	850	950	1050	1150
20	350	430	520	600	700	780	870	950	1050
30	290	370	440	510	600	660	730	800	880
50	230	290	350	410	470	530	580	640	700
70	190	240	290	340	390	430	480	530	580
100	160	200	240	280	320	360	400	440	480
150	125	160	190	220	250	280	320	350	380
200	105	130	160	185	210	240	270	290	320
300	85	105	125	145	165	185	210	230	250
500	70	90	105	120	140	160	175	190	210
700	65	80	95	110	125	140	160	175	190
1000	60	75	90	105	120	135	150	165	180



TABLA 4 Renovación del aire diario por las aberturas de puertas para las condiciones de explotación "cámaras positivas" y "cámaras negativas" → n											
Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario n/d		Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario n/d		Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario n/d		Volumen de la cámara (m ³)	Renovación de aire diario n/d	
	-	+		-	+		-	+		-	+
2,5	52	70	18	17,5	22,3	80	7,7	10	600	2,5	3,2
3,0	47	63	20	16,5	22	100	6,7	8,8	800	2,1	2,8
4,0	40	53	22	15,6	20,5	120	6,1	7,9	1000	1,9	2,4
5,0	35	47	25	14,5	19,5	140	5,6	7,2	1400	1,6	2
6,0	32	42	26	14,1	18,6	150	5,4	7	1500	1,5	1,95
7,0	29	38,1	30	13	17,5	180	4,9	6,3	1800	1,4	1,9
7,5	28	38	36	11,9	15,5	200	4,6	6	2000	1,3	1,65
8,0	27	35,6	40	11,5	15	220	4,4	5,6	2200	1,2	1,6
10,0	24	32	42	11	14,2	250	4,1	5,3	2500	1,1	1,45
12	22	28,6	50	10	12,6	300	3,7	4,8	2800	1,1	1,4
14,0	20	26,1	60	9,2	11,7	400	3,1	4,1	3000	1,05	1,3
15,0	19	26	70	8,3	10,6	500	2,8	3,6	15000	0,8	0,9

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990

TABLA 5 Calor del aire (en kJ/m³) para el aire exterior que penetra en la cámara fría																	
t _i	t _e	+ 5 °C		+ 10 °C		+ 15 °C		+ 20 °C		+ 25 °C		+ 30 °C		+ 35 °C		+ 40 °C	
		70% HR	80% HR	70% HR	80% HR	70% HR	80% HR	50% HR	60% HR	50% HR	60% HR	50% HR	60% HR	50% HR	60% HR	50% HR	60% HR
15 °C		----	----	----	----	----	----	2,77	7,0	16,8	23,3	34,5	42,7	56,4	66,4	81,4	96,5
10 °C		----	----	----	----	105,5	13,8	16,6	20,9	30,9	37,5	48,8	57,2	70,1	81,3	96,5	112
5 °C		----	----	9,6	12,0	22,8	26,2	29,0	33,5	43,7	50,5	62,1	70,6	83,9	95,4	111	127
0 °C		9,1	10,9	20,8	23,3	34,4	37,9	40,8	45,4	55,9	62,9	74,9	83,7	97,4	109	125	141
-5 °C		19,2	20,9	31,0	33,5	44,6	48,2	51,2	55,8	66,4	73,5	85,5	94,4	108	120	136	153
-10 °C		28,7	30,5	40,8	43,4	54,8	58,4	61,4	66,1	77,0	84,2	96,6	106	120	132	148	165
-15 °C		37,8	39,7	50,2	52,8	64,5	68,2	71,3	76,1	87,2	94,6	107	116	131	143	160	177
-20 °C		46,1	48,0	58,8	61,5	73,4	77,1	80,4	85,3	96,6	104	117	127	141	154	171	189
-25 °C		55,1	57,1	68,0	70,8	82,9	86,8	90,1	95,1	107	114	127	137	152	165	183	201
-30 °C		64,2	66,2	77,5	80,1	92,6	96,5	99,8	105	117	125	138	148	163	177	195	215
-35 °C		73,3	75,3	86,7	89,6	102	106	110	115	127	135	149	159	174	188	207	225
-40 °C		83,3	85,4	97,1	100	113	117	121	126	138	147	161	171	187	201	220	231

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990



TABLA 6		Potencia calorífica aportada por las personas
Temperatura de la cámara (°C)	Potencia liberada por persona (W)	
10	210	
5	240	
0	270	
-5	300	
-10	330	
-15	360	
-20	390	
-25	420	

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990

TABLA 7		Calor de los motores		
Motor kW - (HP)	Caso 1	Caso 2	Caso 3	
	W/kW - (W/HP)			
0,1 a 0,4	1674,42	1000,00	674,42	
(1/8 a 1/2)	1244,19	627,91	500,00	
0,4 a 2,2	1453,49	1000,00	453,49	
(1/2 a 3)	1081,40	627,91	348,84	
2,2 a 15	1162,79	651,16	162,79	
(3 a 20)	860,47	744,19	116,28	

Caso 1	Motor dentro del local realizando trabajo útil dentro de éste
Caso 2	Motor fuera del local realizando trabajo útil dentro de éste
Caso 3	Motor dentro del local realizando trabajo útil fuera de éste

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990



Alimentos		Temperaturas recomendadas, humedad relativa, calor máximo específico y calor de respiración de alimentos refrigerados								
		Temperatura de almacenamiento (°C)	Humedad relativa (%)	Duración de almacenamiento	Contenido de agua (%)	Punto de congelación (°C)	Calor específico cp antes de congelación (kJ/kg·K)	Calor específico cp después de congelación (kJ/kg·K)	Calor latente cL de congelación (kJ/kg)	Calor de respiración cS (kJ/kg·día)
Verduras										
Alcachofa	Globo	0	95-100	2 sem	84	-1,2	3,65	1,89	280	
	Jerusalen	0	90-95	5 meses	80	-2,5	3,47	1,84	267	
Espárrago		0 / +2	95-100	2-3 sem	93	-0,6	3,95	2,00	310	11,1
Judías	Verdes	+4 / +7	90-95	7-10 días	89	-0,7	3,82	1,95	297	11,6
	Lima	+3 / +4	90-95	3-5 días	67	-0,6	3,08	1,68	223	7,4
	Secas	+10	70	6-7 meses	11		1,20	0,97		
Remolacha	Raíz	0	95-100	4-6 meses	88	-0,9	3,78	1,93	294	3,1
	Ramillete	0	95	10-14 días		-0,4				4,2
Brócoli		0	95-100	10-14 días	90	-0,6	3,85	1,97	300	8,7
Coles de Bruselas		0	95-100	3-5 sem	85	-0,8	3,68	1,90	284	6,7
Col tardía		0	98-100	5-6 meses	92	-0,9	3,92	1,99	307	1,4
Zanahorias	Sin madurar	0	98-100	4-6 sem	88	-1,4	3,78	1,94	294	2,2
	Maduras	0	98-100	5-9 meses						2,4
Coliflor		0	95	2-4 sem	92	-0,8	3,92	1,99	307	4,5
Apio-Nabo		0	95-100	3-4 meses	88	-0,9	3,78	1,94	294	2,2
Apio		0	98-100	1-2 meses	94	-0,5	3,98	2,02	314	9,8
Collards		0	95	10-14 días	87	-0,8	3,73	1,93	290	4,1
Maíz tierno		0	95-98	4-8 días	74	-0,6	3,31	1,76	247	8,6
Pepinos		+10 / +13	95	10-14 días	96	-0,5	4,06	2,04	320	3,3
Berenjena		+8 / +12	90-95	7-10 días	93	-0,8	3,95	2,00	310	
Escarola		0	95-100	2-3 sem	93	-0,1	3,95	2,00	310	11,2
V. Congeladas		-23 / -18		6 sem-2 mes						
Ajo seco		0	65-70	6-7 meses	61	-0,8	2,88	1,60	203	



V. Frondosas		0	95-100	10-14 días	93	-0,3	3,95	2,00	310	10,7
Rábano picante		-1 / 0	95-100	10-12 meses	75	-1,8	3,35	1,78	250	
Berza		0	95	3-4 sem	87	-0,5	3,75	1,93	290	4,3
Colirrábano		0	95	2-4 sem	90	-1,0	3,85	1,97	300	10,5
Puerros verdes		0	95	1-3 meses	85	-0,7	3,68	1,90	284	10,8
Lechuga, cogollo		0 / +1	95-100	2-3 sem	95	-0,2	4,02	2,03	317	11,7
Setas, champiñones		0	95	3-4 días	91	-0,9	3,88	1,98	304	7,2
Quinbomgo		+7 / +10	90-95	7-10 días	90	-1,8	3,85	1,97	300	
Cebollas	Verdes	0	95-100	3-4 sem	89	-0,9	3,82	1,95	297	1,0
	Secas	0	65-75	1-8 meses	88	-0,8	3,78	1,94	294	
Perejil		0	95-100	1-2 meses	85	-1,1	3,68	1,90	284	5,3
Chirivias		0	98-100	4-6 meses	79	-0,9	3,48	1,83	264	
Guisantes	Verdes	0	95	1-3 sem	74	-0,6	3,31	1,76	247	9,6
	Secos	10	70	6-8 meses	12		1,24	0,99		
Pimientos	Secos	0 / +10	60-70	6 meses	12		1,24	0,99		
	Tiernos	+7 / +13	90-95	2 sem	92	-0,7	3,92	1,99	307	3,2
Patatas	Tempranas	+10 / +13	90		81	-0,6	3,55	1,85	270	4,1
	De cosecha	+3 / +10	90-95	5-8 meses	78	-0,7	3,45	1,81	260	5,7
	Boniatos	+13 / +16	85-90	4-7 meses	69	-1,3	3,15	1,70	230	
Calabazas		+10 / +13	50-75	2-3 meses	91	-0,8	3,88	1,98	304	
Rábanos	Primavera	0	95	3-4 sem	95	-0,7	4,02	2,03	317	6,3
	Invierno	0	95-100	2-4 sem	95	-0,7	4,02	2,03	317	5,4
Ruibarbo		0	95	2-4 sem	95	-0,9	4,02	2,03	317	
Rutabaga		0	98-100	4-6 meses	89	-1,1	3,82	1,95	297	2,4
Salsifí		0	98-100	2-4 meses	79	-1,1	3,48	1,83	264	3,6
Espinacas		0	95-98	10-14 días	93	-0,3	3,95	2,00	310	11,1
Calabaza Turbante	De Bellota	+7 / +10	70-75	5-8 sem		-0,8				
	De Verano	+5 / +10	85-95	5-14 días	94	-0,5	3,98	2,02	314	
	De Invierno	+10 / +13	50-75	4-6 meses	85	-0,8	3,68	1,90	284	
Tomate	De Aliñar	+13 / +21	90-95	1-3 sem	93	-0,6	3,95	2,00	310	7,2
	Maduros	+7 / +10	90-95	4-7 días	94	-0,5	3,98	2,02	313	4,3



Nabos	Raíces	0	95	4-5 meses	92	-1,1	3,92	1,99	307	4,7
	Hojas	0	95	10-14 días	90	-0,2	3,85	1,97	300	6,9
Berros		0	95	3-4 días	93	-0,3	3,95	2,00	310	6,2
Ñarne		16	85-90	3-6 meses	74		3,31	1,76	247	
Frutas y Melones										
Manzanas		-1 / -4	90-95	3-8 meses	84	-1,1	3,65	1,89	280	1,9
Manzana seca		0 / +5	55-60	5-8 meses	24		1,64	1,14		
Albaricoques		0	90-95	1-2 sem	85	-1,1	3,68	1,90	284	1,3
Aguacates		+4 / +13	85-90	2-4 sem	65	-0,3	3,01	1,65	217	9,8
Plátanos			85-95		75	-0,8	3,35	1,78	250	10,1
Moras		-0,5 / 0	90-95	3 días	85	-0,8	3,68	1,90	284	5,8
Vaccinias		-1 / 0	90-95	2 sem	82	-1,6	3,58	1,86	274	
Melones Cantoloupes		+2 / +4	95	5-15 días	92	-1,2	3,92	1,99	307	1,3
Cerezas	Agrias	-1 / 0	90-95	3-7 días	84	-1,7	3,65	1,89	280	1,8
	Dulces	-1 / -0,5	90-95	2-3 sem	80	-1,8	3,51	1,84	267	1,8
Melón de Indias		+7 / +10	85-95	4-6 sem	93	-1,1	3,95	2,00	310	1,9
Arándanos		+2 / +4	90-95	2-4 meses	87	-0,9	3,75	1,93	290	1,5
Pasas de Corinto		-0,5 / 0	90-95	10-14 días	85	-1,0	3,68	1,90	284	
Dátiles curados		-18 / 0	<=75	6-12 meses	20	-15,7	1,50	1,09	67	
Dewberries		-1 / 0	90-95	3 días	85	-1,3	3,68	1,90	284	
Higos	Secos	0 / +4	50-60	9-12 meses	23		1,61	1,12	77	
	Verdes	-1 / 0	85-90	7-10 días	78	-2,4	3,45	1,81	260	
Fruta congelada		-23 / -18	90-95	6-12 meses						
Grosellas		-1 / 0	90-95	2-4 sem	89	-1,1	3,82	1,95	297	
Pomelo		+10 / +16	85-90	6-10 sem	89	-1,1	3,82	1,95	297	3,6
Uvas	Americanas	-1 / 0	85-90	2-8 sem	82	-1,6	3,58	1,86	274	4,3
	Viníferas	-1	90-95	3-6 meses	82	-2,1	3,58	1,86	274	4,3
Guayaba		+5 / +10	90	2-3 sem	83		3,61	1,88	277	
Melones Honeydew		+7 / +10	90-95	3-4 sem	93	-0,9	3,95	2,00	310	2,0
Limones		0 / +10	85-90	1-6 meses	89	-1,4	3,82	1,95	297	3,5
Limas		+9 / +10	85-90	6-8 sem	86	-1,6	3,72	1,92	287	3,4



Mangos		13	85-90	2-3 sem	81	-0,9	3,55	1,85	270	
Nectarinas		-0,5 / 0	90	2-4 sem	82	-0,9	3,58	1,86	274	3,8
Aceitunas frescas		+7 / +10	85-90	4-6 sem	75	-1,4	3,35	1,78	250	1,0
Naranjas		7	85-90	3-12 sem	87	-0,8	3,75	1,93	290	1,7
Papayas		7	85-90	1-3 sem	91	-0,8	3,88	1,98	304	
Melocotones		-0,5 / 0	90-95	2-4 sem	89	-0,9	3,82	1,95	397	2,1
Melocotones secos		0 / +5	55-60	5-8 meses	25		1,67	1,15		
Peras		-1,6 / -0,5	90-95	2-7 meses	83	-1,6	3,61	1,88	277	0,9
Melones, Persas		+7 / +10	90-95	2 sem	93	-0,8	3,95	2,00	310	2,0
Caquis		-1	90	3-4 meses	78	-2,2	3,45	1,81	260	2,1
Piña tropical madura		7	85-90	2-4 sem	85	-1,0	3,68	1,90	284	
Ciruelas		-1 / 0	90-95	2-4 sem	86	-0,8	3,72	1,92	287	0,64
Granadas		5	90-95	2-3 meses	82	-3,0	3,58	1,86	274	
Ciruela pasa	Fresca	-1 / 0	90-95	2-4 sem	86	-0,8	3,72	1,92	287	
	Seca	0 / +5	55-60	5-8 meses	28		1,77	1,19		
Membrillo		-1 / 0	90	2-3 meses	85	-2,0	3,68	1,90	284	1,4
Uvas pasa					18		1,44	1,06		
Frambuesas	Negras	-0,5 / 0	90-95	2-3 días	81	-1,1	3,55	1,85	270	6,4
	Rojas	-0,5 / 0	90-95	2-3 días	84	-0,6	3,65	1,89	280	6,4
Fresas		-0,5 / 0	90-95	5-7 días	90	-0,8	3,85	1,97	300	5,5
Mandarinas		4	90-95	2-4 sem	87	-1,1	3,75	1,93	290	3,8
Sandías		+10 / +15	90	2-3 sem	93	-0,4	3,95	2,00	310	1,9
Pescado										
Bacalao, Perca		-1 / +1	95-100	12 días	81	-2,2	3,55	1,85	270	
Merluza, Pescadilla		0 / +1	95-100	10 días	81	-2,2	3,55	1,85	270	
Halibut		-1 / +1	95-100	18 días	75	-2,2	3,35	1,78	250	
Arenque	En cecina	0 / +2	80-90	10 días	61	-2,2	2,88	1,60	203	
	Ahumado	0 / +2	80-90	10 días	64	-2,2	2,98	1,64	213	
Caballa		0 / +1	95-100	6-8 días	65	-2,2	3,01	1,65	217	
Salmón		-1 / +1	95-100	18 días	64	-2,2	2,98	1,64	213	
Atún		0 / +2	95-100	14 días	70	-2,2	3,18	1,71	233	



Pescado congelado		-29 / -18	90-95	6-12 meses						
Marisco										
Carne de concha		0 / +1	95-100	12 días	80	-2,2	3,51	1,84	267	
Gamba		-1 / +1	95-100	12-14 días	76	-2,2	3,38	1,79	254	
Langosta Americana		+5 / +10	Agua mar	Indefinidamente	72	-2,2	3,48	1,83	264	
Ostras, Almejas		0 / +2	100	5-8 días	87	-2,2	3,75	1,93	290	
Ostra entera		+5 / +10	95-100	5 días	80	-2,8	3,51	1,84	267	
Marisco congelado		-29 / -18	90-95	3-8 meses						
Mejillón	Fresco	-1 / -0,5	85-95	3-7 días		-2,2	3,62		277	
	Congelado	-18 / -29	90-95	3-8 meses		-2,2		1,88	277	
Carne (Vacuno)										
Fresco promedio		0 / +1	88-92	1-6 sem	62 a 77	-2,2 a -2,7	2,9 a 3,4	1,6 a 1,8	206 a 257	
Canal de vacuno	Selecto, Magro 60%	0 / +4	85-90	1-3 sem	49	-1,7	2,48	1,45	163	
	Primera, Magro 54%	0 / +1	85	1-3 sem	45	-2,2	2,34	1,40	150	
Solomillo (Selecto)		0 / +1	85	1-3 sem	56		2,71	1,54	187	
Redondo (Selecto)		0 / +1	85	1-3 sem	67		3,08	1,68	223	
Picado (Seco)		+10 / +15	15	6-8 sem	48		2,44	1,44	160	
Hígado		0	90	5 días	70	-1,7	3,18	1,71	233	
Ternera, Magro 81%		0 / +1	90	1-7 días	66		3,05	1,66	220	
Buey, congelado		-23 / -18	90-95	6-12 meses						
Carne (Porcino)										
Fresco promedio		0 / +1	85-90	3-7 días	32 a 44	-2,2 a -2,7	1,9 a 2,3	1,2 a 1,4	107 a 147	
Canal, Magro 47%		0 / +1	85-90	3-5 días	37		2,07	1,30	123	
Flanco, Magro 35%		0 / +1	85	3-5 días	30		1,84	1,21	100	
Tocino, Grasa 100%		0 / +1	85	3-7 días	8		1,10	0,94		
Paletilla, Magro 67%		0 / +1	85	3-5 días	49	-2,2	2,48	1,45	163	
Cerdo, congelado		-23 / -17	90-95	4-8 meses						
Jamón	Magro 74%	0 / +1	80-85	3-5 días	56	-1,7	2,71	1,54	187	
	Poco curado	+3 / +5	80-85	1-2 sem	57		2,74	1,55	190	
	Estilo Campesino	+10 / +15	65-70	3-5 meses	42		2,24	1,36	140	



	Congelado	-23 / -18	90-95	6-8 meses					
Tocino Entreverado	Semigraso	+3 / +5	80-85	2-3 sem	19		1,47	1,07	63
	Estilo Campesino	+16 / +18	85	4-6 meses	13 a 20		1,3 a 1,5	1,0 a 1,1	43 a 67
	Estilo Industrial	+1 / +4	85	2-6 sem					
	Congelado	-23 / -18	90-95	2-4 meses					
Salchichas	En ristras	0 / +1	85	1-7 días	38		2,11	1,31	127
	Campes, Ahumad	0	85	1-3 sem	50	-3,9	2,51	1,46	167
Frankfurts	Medias	0	85	1-3 sem	56	-1,7	2,71	1,54	187
	Estilo Polaco	0	85	1-3 sem	54		2,64	1,51	180
Carne (Lanar)									
Fresca promedio		0 / +1	85-90	5-12 días	60 a 70	-2,2	2,8 a 3,2	1,6 a 1,7	200 a 233
Selecto, Magro 67%		0	85	5-12 días	61	1,9	2,88	1,60	203
Pierna, Selecta Magra 83%		0	85	5-12 días	65		3,01	1,65	217
Congelada		-23 / -18	90-95	8-12 meses					
Carne (Aves)									
Aves frescas promedio		-2 / 0	95-100	1-4 sem	74	-2,8	3,31	1,76	247
Pollo		-2 / 0	95-100	1-4 sem	74	-2,8	3,31	1,76	247
Pavo		-2 / 0	95-100	1-4 sem	64	-2,8	2,98	1,64	213
Pato		0	95-100	1 sem	69	-2,8	3,15	1,70	230
Aves congeladas		-23 / -18	90-95	12 meses					
Carne (Varios)									
Conejos frescos		0 / +1	90-95	1-5 días	68	-2,7	3,11	1,69	227
Productos lácteos									
Mantequilla	Fresca	0	75-85	1 mes	16	-20 a -0,6	1,37	1,04	53
	Congelada	-23	70-85	12 meses					
Queso Cheddar	Almacén, L.Durac	0 / +1	65	12 meses	37	-13	2,07	1,30	123
	Almacén, C.Durac	4,4	65	6 meses	37	-13	2,07	1,30	123
	Procesado	4,4	65	12 meses	39	-7,2	2,14	1,32	130
	Rallado	4,4	65	12 meses	31		1,87	1,22	103
Helado, 10% grasa		-29 / -26		3-23 meses	63	-5,6	2,95	1,63	210
Leche entera pasteurizada Clase A		0 / +1		2-4 meses	87	-0,6	3,75	1,93	290



Leche en polvo entera	+21	Baja	6-9 meses	2		0,90	0,86	67	
Leche en polvo desnatada	+7 / +21	Baja	16 meses	3		0,94	0,89	10	
Leche evaporada	+4		24 meses	74	-1,4	3,31	1,76	247	
Leche evaporada sin azúcar	+21		12 meses	74	-1,4	3,31	1,76	247	
Leche condensada con azúcar	+4		15 meses	27	-1,5	1,74	1,17	90	
Leche Suero en polvo	+21	Baja	12 meses	5		1,00	0,90	17	
Productos avícolas									
Huevos con cáscara	-2 / 0	80-85	5-6 meses	66	-2,2	3,05	1,66	220	
Huevos Fresas de granja	+10 / +13	70-75	2-3 sem	66	-2,2	3,05	1,66	220	
Huevos congelados enteros	<= -18		más de 1 año	74		3,31	1,76	247	
Huevos congelados yema	<= -18		más de 1 año	55		2,68	1,53	183	
Huevos congelados clara	<= -18		más de 1 año	88		3,78	1,94	294	
Huevos sólidos, Huevo entero	+2 / +4	Baja	6-12 meses	2 a 4		0,94	0,87	10	
Sólidos de yema	+2 / +4	Baja	6-12 meses	3 a 5		0,97	0,89	13	
Sólidos albúmina escamas	Ambiente	Baja	más de 1 año	12 a 16		1,30	1,01	47	
Sólidos albúmina pulverizada	Ambiente	Baja	más de 1 año	5 a 8		1,05	0,92	22	
Confitería									
Chocolate con leche	-18 / +1	40	6-12 meses	1		0,87	0,85	3,3	
Peanut brittle	-18 / +1	40	1,5-6 meses	2		0,90	0,86	6,7	
Fudje	-18 / +1	65	5-12 meses	10		1,17	0,96	33	
Marshmallows	-18 / +1	65	3-9 meses	17		1,40	1,05	57	
Diversos									
Comida de alfalfa	<= -18	70-75	más de 1 año						
Cerveza de barril	+2 / +4		3-8 sem	90	-2,2	3,85	1,97	300	
Cerveza en botellas o botes	+2 / +4	<= 65	3-6 sem	90	-2,2	3,85	1,97	300	
Pan	-18		3-13 sem	32 a 37		1,99	1,27	106 a 123	
Conservas en bote	0 / +16	<= 79	1 año						
Cacao	0 / +4	50-70	más de 1 año						
Coco	0 / +2	80-85	1-2 meses	47	-0,9	2,41	1,43	157	
Café verde	+2 / +3	80-85	2-4 meses	10 a 15		1,17 a 1,34	0,96 a 1,03	33 a 50	
Piel y tejidos	+1 / +4	45-55	varios años						



Miel	<= +10		más de 1 año	17		1,4	1,05	57	
Lúpulo	-2 / 0	50-60	varios años						
Manteca	+7	90-95	4-8 meses	0					
Manteca sin antioxidante	-18	90-95	12-14 meses	0					
Jarabe de arce				33		1,94	1,25	110	
Frutos secos	0 / +10	65-75	8-12 meses	3 a 6		0,94 a 1,04	0,88 a 0,91	10 a 20	
Aceite para aliñar	+21		más de 1 año	0					
Oleomargarina	+2	60-70	más de 1 año	16		1,37	1,04	53	
Zumo de naranja			3-6 sem	89		3,82	1,95	297	
Granos de maíz	0 / +4	85	4-6 sem	10		1,17	0,96	33	
Levadura panadería	-0,6 / 0			71		3,21	1,73	237	
Tabaco	Barril	+10 / +18	50-65	1 año					
	Balas	+2 / +4	70-85	1-2 años					
	Cigarrillos	+2 / +8	50-55	6 meses					
	Cigarros	+2 / +10	60-65	2 meses					

FUENTE: ASHRAE Refrigeration 1990
 "Instalaciones Frigoríficas" de Luis Ruiz de Gauna y otros



1.1.4. POTENCIA DE LA INSTALACIÓN

Considerando un funcionamiento medio máximo de “t” horas al día tenemos que la potencia frigorífica necesaria será:

$$N_R = \dot{Q}_{TOTAL} \cdot \frac{24}{t}$$

t = Número de horas de funcionamiento medio máximo diario (normalmente se consideran 16 o 18 horas)

1.1.4.1. Número de horas de funcionamiento al día “t”

La instalación no funciona las 24 horas del día debido:

- Desescarches
Generalmente suele haber 4 o 5 desescarches al día de una duración de 15 a 30 minutos cada uno. Mientras dura el desescarche no funciona la instalación.
Por tanto al día se considera que se invierten 2 horas en desescarches.
- No castigar el producto
Tener todo el día funcionando el evaporador castigaría mucho al producto. Por lo que de vez en cuando se debe parar.
Consideraremos que se para unas 2 horas al día.
- Imprevistos
Es conveniente considerar posibles imprevistos en la marcha de la instalación.
Reservaremos 2-4 horas al día para estas posibles situaciones.

Por tanto una instalación está en marcha unas 16-18 horas al día. En estas horas debe dar toda la potencia calculada para todo el día. Cuanto menor número de horas consideremos de funcionamiento, mayor potencia deberá dar la instalación y mayor margen tendremos.

Nosotros consideraremos 16 horas al día.

1.1.4.2. Potencia de los ventiladores y de desescarche del evaporador y elección del evaporador

Al realizar el balance térmico no conocemos la potencia de los ventiladores del evaporador ni la potencia de desescarche, ya que el evaporador se elige en función de la potencia frigorífica necesaria.

Por tanto es un proceso iterativo, en el cual en primer lugar calculamos el balance térmico sin considerar ambas potencias (o bien suponerlas con un determinado valor inicial). Con ese balance térmico se elige el evaporador, del cual conocemos la potencia de los ventiladores y de desescarche. Recalculamos el balance térmico con los datos del evaporador y comprobamos que el evaporador elegido es válido o hay que elegir otro evaporador.

1.1.5. FACTOR DE SEGURIDAD (NÚMEROS ÍNDICE)

Siempre hay que aplicar un factor de seguridad a la carga térmica necesaria para compensar posibles situaciones excepcionales no contempladas en el diseño.

Nosotros consideraremos un factor de seguridad del 10%



1.2. CÁLCULO BALANCE TÉRMICO CÁMARAS Y OBRADORES

1.2.1. DATOS GENERALES

- Condiciones ambientales:
 - Temperatura: 25°C
 - Humedad relativa: 60%
- Temperatura suelo: 20°C
- Horas de funcionamiento al día: 16 horas
- Aislamiento
 - o Paredes y techo
 - Cámaras refrigeración: Panel poliuretano expandido de 80 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Cámaras congelación: Panel poliuretano expandido de 150 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,16 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Obradores: Panel poliuretano expandido de 60 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - o Suelo
 - Cámaras refrigeración: Placas poliuretano expandido de 50 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,48 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Cámaras congelación: Placas poliuretano expandido de 100 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 - Obradores: Placas poliuretano expandido de 50 mm
Coeficiente transmisión $U = 0,48 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Altura interior
 - o Cámaras: 2,40 m
 - o Obradores: 3,00 m

1.2.2. CAPACIDAD DE UNA CÁMARA

La capacidad de la cámara se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q = q \cdot V$$

Q = capacidad de la cámara en kg

V = volumen de la misma en m^3

q = capacidad específica del producto a conservar en kg/m^3

El valor de “q” lo deducimos de las tablas de Graff, teniendo en cuenta la necesidad de renovación de aire, las características del producto almacenado y el tipo de almacenamiento empleado.

Los valores que se suelen coger de q son:

REFRIGERACIÓN $q = 250 \text{ kg/m}^3$

CONGELACIÓN $q = 300 \text{ kg/m}^3$

1.2.3. ROTACIÓN DE PRODUCTOS

Por norma general se suele considerar una rotación de 1/5 o 1/6 al día de la capacidad de la cámara.

Nosotros tomaremos como rotación 1/5.



1.2.4. CÁLCULOS

1.2.4.1. Cámara frutas y verduras

- Temperatura: 5°C
- Humedad relativa: 91%
- Volumen: 32,93 m³
- Superficie exterior a suelo: 14,91 m²
Coeficiente transmisión U = 0,48 W/m²·K (50 mm)
- Superficie exterior a pasillo: 51,48 m²
Coeficiente transmisión U = 0,30 W/m²·K (80 mm)
- Superficie exterior a cámara refrigeración: No tiene
Coeficiente transmisión U = 0,30 W/m²·K (80 mm)
- Superficie exterior a cámara congelación: No tiene
Coeficiente transmisión U = 0,20 W/m²·K (120 mm)
- Capacidad de la cámara
 $C = \rho \cdot V = 250 \text{ kg/m}^3 \cdot 32,93 \text{ m}^3 = 8232,50 \text{ kg}$
- Cantidad de género diario kg/día (Rotación)
 $\text{Rotación} = \dot{m} = \frac{1}{5} \cdot C = \frac{1}{5} \cdot 8232,50 = 1646,50 \text{ kg / día}$
- Temperatura entrada género: 25°C
- Calor específico del producto: 3,65 kJ/kg·K
- Calor de respiración: 4,3 kJ/ kg·K
- Calor del aire que entra: 50,5 kJ/m³
- N° renovaciones aire/día: 16,52
- Potencia liberada por persona: 240 W
- N° de personas: 1 persona
- Horas al día estancia personas: 3 horas/día
- Potencia eléctrica maquinaria: No hay
- Potencia iluminación: $P_{\text{ilum}} = 5 \text{ W/m}^2 \cdot 13,72 \text{ m}^2 = 68,60 \text{ W}$
- Horas al día iluminación: 3 horas/día
- Pot. eléctrica ventiladores evaporadores: 160 W
- Horas al día funcionamiento: 16 horas/día
- Potencia desescarche eléctrico: No hay
- Horas al día desescarche: 2 horas/día

- Calor refrigeración alimentos

$$\dot{Q}_r = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_e - T_i)}{86,4} \cdot 24 = \frac{1646,5 \cdot 3,65 \cdot (25 - 5)}{86,4} \cdot 24 = 33387,36 \text{ W} \cdot \text{día}$$

- Calor respiración alimentos

$$\dot{Q}_s = \frac{c_s \cdot \dot{m}}{86,4} \cdot 24 = \frac{4,3 \cdot 8232,50}{86,4} \cdot 24 = 9833,23 \text{ W} \cdot \text{día}$$

- Calor embalajes

$$\dot{Q}_e = \frac{0,1 \cdot \dot{m} \cdot 2,0934 \cdot (T_e - T_i)}{86,4} \cdot 24 \text{ NO HAY}$$



- Pérdidas a través de cerramientos

$$\dot{Q}_t = 24 \cdot \sum_i \dot{Q}_{t_i} = 24 \cdot \sum_i U \cdot A \cdot \Delta t = 24 \cdot (14,91 \cdot 0,48 \cdot (20 - 5) + 51,48 \cdot 0,30 \cdot (25 - 5)) = 9989,59 \text{ W} \cdot \text{día}$$

- Pérdidas por infiltraciones de aire

$$\dot{Q}_a = \frac{V \cdot n \cdot q}{86,4} \cdot 24 = \frac{32,93 \cdot 16,52 \cdot 50,5}{86,4} \cdot 24 = 7631,16 \text{ W} \cdot \text{día}$$

- Calor iluminación

$$\dot{Q}_i = 1,25 \cdot P \cdot t = 1,25 \cdot 68,6 \cdot 3 = 257,25 \text{ W} \cdot \text{día}$$

- Calor desprendido por las personas

$$\dot{Q}_p = q \cdot n \cdot t = 240 \cdot 1 \cdot 3 = 720 \text{ W} \cdot \text{día}$$

- Calor desprendido por los motores eléctricos de máquinas

$$\dot{Q}_m = 0,86 \cdot \sum_i P_i \cdot t \quad \text{NO HAY}$$

- Calor desprendido por los ventiladores de los evaporadores

$$\dot{Q}_m = 0,86 \cdot \sum_i P_i \cdot t = 0,86 \cdot 160 \cdot 16 = 2201,60 \text{ W} \cdot \text{día}$$

- Calor por desescarche

$$\dot{Q}_d = 860 \cdot P \cdot t \quad \text{NO HAY}$$

TOTAL = 68249,87 W·día

Como el funcionamiento es de 16 horas al día, la potencia es:

$68249,87 / 16 = 4265,61 \text{ W}$

Aplicando un 10% de coeficiente de seguridad, la potencia total es:

$4265,61 \cdot 1,10 = 4292,17 \text{ W}$

$$\dot{Q}_{TOTAL} = 4292,17 \text{ W}$$



1.2.4.2. Cámara pescado

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	0
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	95
Superficie interior cámara m ²	9,01
Altura interior cámara m	2,4
Volumen cámara m ³	21,62
Superficie exterior suelo m ²	10,12
Superficie exterior a pasillo m ²	44,04
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	0,00
Superficie exterior a cámara cong. m ²	0,00
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	5406,00
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	1081,20
T ^a entrada género °C	8
Calor específico producto kJ/kg·K	3,18
Calor de respiración kJ/kg·día	0
Calor del aire que entra kJ/m ³	62,9
Nº renovaciones aire/día	20,78
Potencia liberada por persona W	270
Nº personas	1
Horas al día estancia personas	3
Potencia eléctrica motores cámara W	0
Potencia iluminación W	45,05
Horas al día de iluminación	3
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	72
Potencia desescarche kW	4,40
Duración desescarche al día (h)	2
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	7640,48
- Por respiración	0,00
- Embalajes	502,97
- A través de cerramientos	10258,85
- Por renovación aire e infiltración	7851,09
- Por iluminación	168,94
- Por personas	810,00
- Por motores	0,00
- Por ventiladores evaporador	990,72
- Por desescarche	7568,00
Total W·día	35791,05
Potencia en W (16 h al día)	2236,94
Potencia en W, 10% coef. seguridad	223,69
POTENCIA TOTAL W	2460,63



1.2.4.3. Cámara basuras

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	0
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	91
Superficie interior cámara m ²	4,60
Altura interior cámara m	2,4
Volumen cámara m ³	11,04
Superficie exterior suelo m ²	5,32
Superficie exterior a pasillo m ²	27,53
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	0,00
Superficie exterior a cámara cong. m ²	0,00
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	2760,00
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	552,00
Tª entrada género °C	25
Calor específico producto kJ/kg·K	3,42
Calor de respiración kJ/kg·día	0
Calor del aire que entra kJ/m ³	62,9
Nº renovaciones aire/día	30,23
Potencia liberada por persona W	270
Nº personas	1
Horas al día estancia personas	3
Potencia eléctrica motores cámara W	0
Potencia iluminación W	23,00
Horas al día de iluminación	3
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	73
Potencia desescarche kW	2,20
Duración desescarche al día (h)	2
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	13110,00
- Por respiración	0,00
- Embalajes	802,47
- A través de cerramientos	6181,13
- Por renovación aire e infiltración	5831,17
- Por iluminación	86,25
- Por personas	810,00
- Por motores	0,00
- Por ventiladores evaporador	1004,48
- Por desescarche	3784,00
Total W·día	31609,49
Potencia en W (16 h al día)	1975,59
Potencia en W, 10% coef. seguridad	197,56
POTENCIA TOTAL W	2173,15



1.2.4.4. Cámara carnes

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	0
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	91
Superficie interior cámara m²	10,95
Altura interior cámara m	2,4
Volumen cámara m³	26,28
Superficie exterior suelo m²	12,03
Superficie exterior a pasillo m²	38,01
Superficie exterior a cámara refriger. m²	7,50
Superficie exterior a cámara cong. m²	0,00
Superficie exterior a obrador m²	0,00
Capacidad cámara kg	6570,00
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	1314,00
Tª entrada género °C	8,00
Calor específico producto kJ/kg·K	3,00
Calor de respiración kJ/kg·día	0,00
Calor del aire que entra kJ/m ³	62,9
Nº renovaciones aire/día	18,52
Potencia liberada por persona W	270
Nº personas	1
Horas al día estancia personas	3
Potencia eléctrica motores cámara W	0
Potencia iluminación W	54,75
Horas al día de iluminación	3
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	146
Potencia desescarche kW	4,40
Duración desescarche al día (h)	2
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	8760,00
- Por respiración	0,00
- Embalajes	611,27
- A través de cerramientos	9883,51
- Por renovación aire e infiltración	8503,83
- Por iluminación	205,31
- Por personas	810,00
- Por motores	0,00
- Por ventiladores evaporador	2008,96
- Por desescarche	7568,00
Total W·día	38350,89
Potencia en W (16 h al día)	2396,93
Potencia en W, 10% coef. seguridad	239,69
POTENCIA TOTAL W	2636,62



1.2.4.5. Cámara curados

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	5
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	85
Superficie interior cámara m ²	11,01
Altura interior cámara m	2,4
Volumen cámara m ³	26,42
Superficie exterior suelo m ²	12,11
Superficie exterior a pasillo m ²	26,33
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	3,13
Superficie exterior a cámara cong. m ²	0,00
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	6606,00
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	1321,20
Tª entrada género °C	25
Calor específico producto kJ/kg·K	2,14
Calor de respiración kJ/kg·día	0
Calor del aire que entra kJ/m ³	50,5
Nº renovaciones aire/día	18,48
Potencia liberada por persona W	240
Nº personas	1
Horas al día estancia personas	3
Potencia eléctrica motores cámara W	0
Potencia iluminación W	55,05
Horas al día de iluminación	3
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	160
Potencia desescarche kW	0
Duración desescarche al día (h)	0
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	15707,60
- Por respiración	0,00
- Embalajes	1536,56
- A través de cerramientos	5771,45
- Por renovación aire e infiltración	6849,98
- Por iluminación	206,44
- Por personas	720,00
- Por motores	0,00
- Por ventiladores evaporador	2201,60
- Por desescarche	0,00
Total W·día	32993,62
Potencia en W (16 h al día)	2062,10
Potencia en W, 10% coef. seguridad	206,21
POTENCIA TOTAL W	2268,31



1.2.4.6. Cámara quesos

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	5
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	65
Superficie interior cámara m ²	7,78
Altura interior cámara m	2,4
Volumen cámara m ³	18,67
Superficie exterior suelo m ²	8,81
Superficie exterior a pasillo m ²	21,74
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	0,00
Superficie exterior a cámara cong. m ²	6,79
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	4668,00
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	933,60
Tª entrada género °C	10
Calor específico producto kJ/kg·K	1,87
Calor de respiración kJ/kg·día	0
Calor del aire que entra kJ/m ³	50,5
Nº renovaciones aire/día	22,19
Potencia liberada por persona W	240
Nº personas	1
Horas al día estancia personas	3
Potencia eléctrica motores cámara W	0
Potencia iluminación W	38,90
Horas al día de iluminación	3
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	73
Potencia desescarche kW	0
Duración desescarche al día (h)	0
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	2424,77
- Por respiración	0,00
- Embalajes	271,44
- A través de cerramientos	3870,72
- Por renovación aire e infiltración	5812,15
- Por iluminación	145,88
- Por personas	720,00
- Por motores	0,00
- Por ventiladores evaporador	1004,48
- Por desescarche	0,00
Total W·día	14249,44
Potencia en W (16 h al día)	890,59
Potencia en W, 10% coef. seguridad	89,06
POTENCIA TOTAL W	979,65



1.2.4.7. Cámara lácteos

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	5
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	75
Superficie interior cámara m ²	23,97
Altura interior cámara m	2,4
Volumen cámara m ³	57,53
Superficie exterior suelo m ²	26,13
Superficie exterior a pasillo m ²	49,39
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	0,00
Superficie exterior a cámara cong. m ²	8,37
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	14382,00
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	2876,40
Tª entrada género °C	10
Calor específico producto kJ/kg·K	3,75
Calor de respiración kJ/kg·día	0,00
Calor del aire que entra kJ/m ³	50,5
Nº renovaciones aire/día	11,92
Potencia liberada por persona W	240
Nº personas	1
Horas al día estancia personas	3
Potencia eléctrica motores cámara W	0
Potencia iluminación W	119,85
Horas al día de iluminación	3
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	146
Potencia desescarche kW	0
Duración desescarche al día (h)	0
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	14981,25
- Por respiración	0,00
- Embalajes	836,31
- A través de cerramientos	10663,20
- Por renovación aire e infiltración	9619,32
- Por iluminación	449,44
- Por personas	720,00
- Por motores	0,00
- Por ventiladores evaporador	2008,96
- Por desescarche	0,00
Total W·día	39278,48
Potencia en W (16 h al día)	2454,91
Potencia en W, 10% coef. seguridad	245,49
POTENCIA TOTAL W	2700,40



1.2.4.8. Obrador fruta

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	12
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	68
Superficie interior cámara m ²	11,83
Altura interior cámara m	3
Volumen cámara m ³	35,49
Superficie exterior suelo m ²	12,85
Superficie exterior a pasillo m ²	29,59
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	6,16
Superficie exterior a cámara cong. m ²	0,00
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	-
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	-
Tª entrada género °C	-
Calor específico producto kJ/kg·K	-
Calor de respiración kJ/kg·día	-
Calor del aire que entra kJ/m ³	28,98
Nº renovaciones aire/día	15,67
Potencia liberada por persona W	198
Nº personas	4
Horas al día estancia personas	14
Potencia eléctrica motores cámara W	2500
Potencia iluminación W	177,45
Horas al día de iluminación	14
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	73
Potencia desescarche kW	0,00
Duración desescarche al día (h)	2
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	-
- Por respiración	-
- Embalajes	-
- A través de cerramientos	4566,62
- Por renovación aire e infiltración	4476,83
- Por iluminación	3105,38
- Por personas	11088,00
- Por motores	30100,00
- Por ventiladores evaporador	1004,48
- Por desescarche	0,00
Total W·día	54341,31
Potencia en W (16 h al día)	3396,33
Potencia en W, 10% coef. seguridad	339,63
POTENCIA TOTAL W	3735,97



1.2.4.9. Obrador pescado

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	12
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	68
Superficie interior cámara m ²	10,14
Altura interior cámara m	3
Volumen cámara m ³	30,42
Superficie exterior suelo m ²	11,02
Superficie exterior a pasillo m ²	38,52
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	6,44
Superficie exterior a cámara cong. m ²	0,00
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	-
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	-
Tª entrada género °C	-
Calor específico producto kJ/kg·K	-
Calor de respiración kJ/kg·día	-
Calor del aire que entra kJ/m ³	28,98
Nº renovaciones aire/día	17,36
Potencia liberada por persona W	198
Nº personas	4
Horas al día estancia personas	14
Potencia eléctrica motores cámara W	2500
Potencia iluminación W	152,10
Horas al día de iluminación	14
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	73
Potencia desescarche kW	2,00
Duración desescarche al día (h)	2
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	-
- Por respiración	-
- Embalajes	-
- A través de cerramientos	5266,48
- Por renovación aire e infiltración	4251,13
- Por iluminación	2661,75
- Por personas	11088,00
- Por motores	30100,00
- Por ventiladores evaporador	1004,48
- Por desescarche	215,00
Total W·día	54586,85
Potencia en W (16 h al día)	3411,68
Potencia en W, 10% coef. seguridad	341,17
POTENCIA TOTAL W	3752,85



1.2.4.10. Obrador carnes

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	12
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	68
Superficie interior cámara m ²	11,10
Altura interior cámara m	3
Volumen cámara m ³	33,30
Superficie exterior suelo m ²	12,02
Superficie exterior a pasillo m ²	33,48
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	7,66
Superficie exterior a cámara cong. m ²	0,00
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	-
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	-
Tª entrada género °C	-
Calor específico producto kJ/kg·K	-
Calor de respiración kJ/kg·día	-
Calor del aire que entra kJ/m ³	28,98
Nº renovaciones aire/día	16,4
Potencia liberada por persona W	198
Nº personas	4
Horas al día estancia personas	14
Potencia eléctrica motores cámara W	5500
Potencia iluminación W	166,50
Horas al día de iluminación	14
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	146
Potencia desescarche kW	2
Duración desescarche al día (h)	2
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	-
- Por respiración	-
- Embalajes	-
- A través de cerramientos	4624,24
- Por renovación aire e infiltración	4396,27
- Por iluminación	2913,75
- Por personas	11088,00
- Por motores	66220,00
- Por ventiladores evaporador	2008,96
- Por desescarche	215,00
Total W·día	91466,22
Potencia en W (16 h al día)	5716,64
Potencia en W, 10% coef. seguridad	571,66
POTENCIA TOTAL W	6288,30



1.2.4.11. Obrador charcutería

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	12
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	68
Superficie interior cámara m ²	10,04
Altura interior cámara m	3
Volumen cámara m ³	30,12
Superficie exterior suelo m ²	10,74
Superficie exterior a pasillo m ²	21,88
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	17,47
Superficie exterior a cámara cong. m ²	0,00
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	-
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	-
Tª entrada género °C	-
Calor específico producto kJ/kg·K	-
Calor de respiración kJ/kg·día	-
Calor del aire que entra kJ/m ³	28,98
Nº renovaciones aire/día	17,46
Potencia liberada por persona W	198
Nº personas	4
Horas al día estancia personas	14
Potencia eléctrica motores cámara W	3800
Potencia iluminación W	150,60
Horas al día de iluminación	14
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	146
Potencia desescarche kW	4,40
Duración desescarche al día (h)	2
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	-
- Por respiración	-
- Embalajes	-
- A través de cerramientos	2839,93
- Por renovación aire e infiltración	4233,46
- Por iluminación	2635,50
- Por personas	11088,00
- Por motores	45752,00
- Por ventiladores evaporador	2008,96
- Por desescarche	473,00
Total W·día	69030,85
Potencia en W (16 h al día)	4314,43
Potencia en W, 10% coef. seguridad	431,44
POTENCIA TOTAL W	4745,87



1.2.4.12. Cámara congelación pescado

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	-20
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	91
Superficie interior cámara m ²	13,6
Altura interior cámara m	2,4
Volumen cámara m ³	32,64
Superficie exterior suelo m ²	16,57
Superficie exterior a pasillo m ²	47,28
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	0,00
Superficie exterior a cámara cong. m ²	0,00
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	9792,00
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	1958,40
Tª entrada género °C	-12
Calor específico producto kJ/kg·K	1,81
Calor de respiración kJ/kg·día	0
Calor del aire que entra kJ/m ³	104
Nº renovaciones aire/día	12,51
Potencia liberada por persona W	390
Nº personas	1
Horas al día estancia personas	2
Potencia eléctrica motores cámara W	0
Potencia iluminación W	68,00
Horas al día de iluminación	2
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	160
Potencia desescarche kW	3,30
Duración desescarche al día (h)	2
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	7877,12
- Por respiración	-
- Embalajes	911,05
- A través de cerramientos	11987,71
- Por renovación aire e infiltración	11796,10
- Por iluminación	170,00
- Por personas	780,00
- Por motores	0,00
- Por ventiladores evaporador	2201,60
- Por desescarche	5676,00
Total W·día	41399,58
Potencia en W (16 h al día)	2587,47
Potencia en W, 10% coef. seguridad	258,75
POTENCIA TOTAL W	2846,22



1.2.4.13. Cámara congelación general

Condiciones interiores:	
- Temperatura °C	-25
- H.R. % (con Frimetal K-Slect)	91
Superficie interior cámara m ²	12,84
Altura interior cámara m	2,4
Volumen cámara m ³	30,82
Superficie exterior suelo m ²	12,84
Superficie exterior a pasillo m ²	26,00
Superficie exterior a cámara refriger. m ²	15,26
Superficie exterior a cámara cong. m ²	0,00
Superficie exterior a obrador m ²	0,00
Capacidad cámara kg	9244,80
Cantidad de género diario kg/día (Rotación)	1848,96
T ^a entrada género °C	-12
Calor específico producto kJ/kg·K	1,85
Calor de respiración kJ/kg·día	0
Calor del aire que entra kJ/m ³	114
Nº renovaciones aire/día	12,84
Potencia liberada por persona W	420
Nº personas	1
Horas al día estancia personas	2
Potencia eléctrica motores cámara W	0
Potencia iluminación W	64,20
Horas al día de iluminación	2
Potencia eléctrica ventiladores cámara W	320
Potencia desescarche kW	5,60
Duración desescarche al día (h)	2
Pérdidas W·día:	
- Debido al género	12352,08
- Por respiración	-
- Embalajes	1397,72
- A través de cerramientos	11616,29
- Por renovación aire e infiltración	12529,79
- Por iluminación	160,50
- Por personas	840,00
- Por motores	0,00
- Por ventiladores evaporador	4403,20
- Por desescarche	9632,00
Total W·día	52931,57
Potencia en W (16 h al día)	3308,22
Potencia en W, 10% coef. seguridad	330,82
POTENCIA TOTAL W	3639,05



2. CÁLCULO DE TUBERÍAS

2.1. TUBERÍAS NORMALIZADAS Y COMERCIALES

Dimensiones normalizadas en tuberías comerciales de cobre para refrigerantes								
Medida	Dext (pulgada)	Dext (mm)	Rollo de tubo		Presiones admisibles (bar)	Barra de tubo		Presiones admisibles (bar)
			esp (mm)	Dint (mm)		esp (mm)	Dint (mm)	
1/8"	0,1250	3,175	0,8	1,575	222			
5/32"	0,15625	3,969	0,8	2,369	177			
			1	1,969	222			
3/16"	0,1875	4,763	0,8	3,163	148			
1/4"	0,2500	6,350	0,8	4,750	111			
			1	4,350	139			
5/16"	0,3125	7,938	0,8	6,338	89			
			1	5,938	111			
3/8"	0,3750	9,525	0,8	7,925	74	0,8	7,925	97
			1	7,525	92	1	7,525	122
1/2"	0,5000	12,700	0,8	11,100	55	0,8	11,100	73
			1	10,700	69	1	10,700	91
5/8"	0,6250	15,875	0,8	14,275	44	0,8	14,275	58
			1	13,875	55	1	13,875	73
3/4"	0,7500	19,050	1	17,050	46	1	17,050	61
						1,25	16,550	76
7/8"	0,8750	22,225	1	20,225	40	1	20,225	52
						1,25	19,725	65
1"	1,0000	25,400				1	23,400	46
1 1/8"	1,1250	28,575				1	26,575	41
						1,25	26,075	51
1 3/8"	1,3750	34,925				1,25	32,425	42
1 5/8"	1,6250	41,275				1,25	38,775	35
2 1/8"	2,1250	53,975				1,25	51,475	27
						1,65	50,675	35
2 5/8"	2,6250	66,675				1,25	64,175	22
						1,65	63,375	29
						2	62,675	35
3 1/8"	3,1250	79,375				1,65	76,075	24
						2,5	74,375	37
3 1/2"	3,5000	88,900				2	84,900	26
3 5/8"	3,6250	92,075				1,65	88,775	21
						2,5	87,075	31
4 1/8"	4,1250	104,775				1,65	101,475	18
						2,5	99,775	28

FUENTE: Norma UNE-EN 12735-1 + Catálogos DINAGAS, TUB-E, DISCO y HALCOR ACR-TALOS

Diámetros de tuberías normalizados

Nota: En rojo aquellas tuberías no normalizadas pero comerciales

Las presiones admisibles dependen del fabricante.



2.2. PÉRDIDAS DE CARGA Y VELOCIDADES RECOMENDADAS

2.2.1. LÍNEA DE ASPIRACIÓN

Tramo horizontal \rightarrow 2,5 – 10 m/s (14 m/s)

Inferior a 2,5 m/s no asegura arrastre de aceite

Es recomendable que la tubería tenga una pendiente de 1-2%.

Tramo vertical \rightarrow 5 – 14 m/s

Inferior a 5 m/s no asegura arrastre de aceite

DT máximo \rightarrow 1°C

Las pérdidas de presión para un cambio de 1 K en saturación con R-404A son:

R-404A	$T_{\text{evap}} = -10^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,147 \text{ bar}$
R-404A	$T_{\text{evap}} = -35^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,071 \text{ bar}$
R-404A	$T_{\text{evap}} = 0^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,189 \text{ bar}$

2.2.2. LÍNEA DE DESCARGA

Tramo horizontal y vertical descendente \rightarrow 2,5 – 10 m/s (14 m/s)

Inferior a 2,5 m/s no asegura arrastre de aceite

Es recomendable que la tubería tenga una pendiente de 1-2%.

Tramo vertical ascendente \rightarrow 5 – 14 m/s

Inferior a 5 m/s no asegura arrastre de aceite

DT máximo \rightarrow 1°C

Las pérdidas de presión para un cambio de 1 K en saturación con R-404A son:

R-404A	$T_{\text{cond}} = 45^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,475 \text{ bar}$
--------	--	--------------------------	--------------------------------

2.2.3. LÍNEA DE LÍQUIDO

Tramo recipiente de líquido-evaporadores \rightarrow Máximo 1 m/s

DT máximo \rightarrow 0,5-1°C

Las pérdidas de presión para un cambio de 1 K en saturación para una temperatura de condensación de 45°C con R-404A son:

R-404A	$T_{\text{cond}} = 45^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 1 \text{ K}$	$\Delta p = 0,475 \text{ bar}$
--------	--	--------------------------	--------------------------------

Tramo condensador-recipiente de líquido \rightarrow Máximo 0,5 m/s



2.3. TABLA DE CAPACIDAD DE TUBERÍAS

Capacidad en kilovatios de las líneas de aspiración, descarga y líquido con refrigerante 404A. Tuberías horizontales de cobre																
Diámetro nominal exterior de la línea de cobre "	Líneas de aspiración Dt = 0,04 K/m								Líneas de descarga Dt = 0,02 K/m, Dp = 0,11 PSI/m						Líneas de líquido	
	Temperatura de saturación en aspiración, °C								Temperatura de saturación en aspiración, °C						Velocidad = 0,5 m/s (a)	Dt=0,02 K/m Dp=0,11 PSI/m (b)
	-40	-35	-30	-25	-10	-5	0	+5	-40	-35	-25	-10	0	+5		
	Dp correspondiente, PSI/m															
	0,028	0,034	0,040	0,047	0,077	0,083	0,095	0,107								
1/4"					0,21	0,25	0,33	0,42	0,31	0,33	0,38	0,49	0,56	0,60	0,63	1,62
3/8"			0,17	0,24	0,48	0,59	0,76	0,93	1,40	1,45	1,55	1,80	2,01	2,11	3,51	6,21
1/2"	0,27	0,34	0,42	0,50	0,88	1,08	1,28	1,48	2,31	2,34	2,41	2,51	2,57	2,61	6,37	10,1
5/8"	0,52	0,66	0,80	0,95	1,68	2,06	2,45	2,84	4,38	4,45	4,59	4,78	4,90	4,96	10,3	19,4
(3/4")	0,89	1,14	1,39	1,65	2,93	3,58	4,25	4,92	7,61	7,73	7,97	8,29	8,50	8,61	15,7	33,7
7/8"	1,58	2,02	2,46	2,92	5,17	6,31	7,49	8,66	13,4	13,6	13,9	14,6	14,9	15,1	24,0	59,6
1 1/8"	3,13	4,01	4,89	5,80	10,2	12,5	14,8	17,1	26,4	26,8	27,5	28,7	29,4	29,8	40,1	118
1 3/8"	5,78	7,39	9,00	10,7	18,7	22,9	27,1	31,3	48,1	48,9	50,4	52,5	53,9	54,5	63,5	217
1 5/8"	9,65	12,3	15,0	17,7	31,1	37,9	44,9	52,0	79,7	80,9	83,5	86,9	89,1	90,2	93,1	359
2 1/8"	19,2	24,5	29,8	35,2	61,8	75,3	89,2	103	157	160	165	172	176	178	157	715
2 5/8"	34,3	43,7	53,2	62,8	110	134	159	183	280	284	293	305	313	317	243	1274
3 1/8"	53,2	67,9	82,5	97,4	170	208	246	284	433	439	453	472	484	490	339	1972
3 5/8"	77,4	101	124	148	243	290	354	418	633	642	661	689	706	715	449	2790
4 1/8"	115	146	177	208	364	443	525	606	922	936	965	1005	1031	1043	605	4227

(a) Este dimensionado se recomienda cuando el gas generado en el recipiente deba retornar por la línea de condensado al condensador, sin restringir el flujo de condensado que sale del condensador, tal como ocurre en los condensadores de agua cuando la temperatura ambiente en el recipiente puede ser más alta que la temperatura de condensación del refrigerante.

(b) La caída de presión en la línea Dp es conservadora; si el subenfriamiento es importante o la línea es corta, puede utilizarse un diámetro más pequeño. Las aplicaciones con muy poco subenfriamiento o con líneas muy largas pueden necesitar una tubería mayor.

**NOTAS**

1. Basado en una longitud de tubería equivalente de 25 metros en aspiración y líquido, 50 metros en descarga, y una temperatura de condensación de 45°C.

ASPIRACIÓN --> Dt máximo = 1°C --> Leq=25m

DESCARGA --> Dt máximo = 1°C --> Leq = 50m

LÍQUIDO --> Dt máximo = 0,5-1°C --> Leq=25-50m

4. Para calcular el tamaño de la tubería para otros kW y longitudes equivalentes, usar las siguientes fórmulas.

$$\text{Capacidad de la línea} = \text{Capacidad en la tabla} \cdot \left(\frac{L_e \text{ de tabla}}{L_e \text{ real}} \times \frac{\text{Pérdida } \Delta t \text{ real}}{\text{Pérdida } \Delta t \text{ en tabla}} \right)^{0,55}$$

Temperatura de saturación Dt para otras capacidades y longitudes equivalentes L_e

$$\Delta t = \Delta t \text{ de tabla} \cdot \frac{L_e \text{ real}}{L_e \text{ de tabla}} \cdot \left(\frac{\text{Capacidad real}}{\text{Capacidad de tabla}} \right)^{1,8}$$

Fuente: ASHRAE Refrigeration 2000



2.4. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL REFRIGERANTE

En primer lugar calculamos el caudal másico de refrigerante, teniendo en cuenta que la potencia frigorífica es igual al caudal por la diferencia de entalpía:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta h \rightarrow \boxed{\frac{\dot{Q}}{\Delta h} = \dot{m}}$$

Con el caudal másico calculamos el caudal volumétrico:

$$\boxed{C = \frac{\dot{m}}{\rho}}$$

La velocidad es:

$$\boxed{v = \frac{C}{A} = \frac{C}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}}}$$

2.5. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA

El tipo de flujo, laminar o turbulento, depende del valor de la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas, es decir del número de Reynolds Re:

$$\boxed{Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}}$$

donde v = velocidad media del fluido (m/s)

D = diámetro interior de la tubería

ρ = densidad del fluido (kg/m^3)

μ = viscosidad dinámica o absoluta del fluido ($\text{kg/m}\cdot\text{s}$)

Ecuación de **Darcy-Weisbach**:

$$\boxed{\Delta p_l = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \left(\frac{\rho \cdot v^2}{2}\right)} \quad [\text{Pa}]$$

Siendo f un parámetro adimensional, denominado coeficiente de fricción o coeficiente de Darcy, que en general es función del número de Reynolds y de la rugosidad relativa de la tubería: $f = f(Re, \varepsilon_r)$.

$$Re < 2300 \rightarrow \text{Régimen laminar} \rightarrow f = \frac{64}{Re}$$

$$2300 < Re < 4000 \rightarrow \text{Régimen de transición} \rightarrow f = 0,01 + \frac{64}{Re}$$

$$4000 < Re \rightarrow \text{Régimen turbulento} \rightarrow \text{Ecuación de Colebrook:}$$

$$\boxed{\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)}$$

ε es la rugosidad del material

Cobre: $\varepsilon = 0,000015$

Acero comercial: $\varepsilon = 0,00005$

Acero estirado: $\varepsilon = 0,000015$



2.6. DATOS PARA EL CÁLCULO

		P bar	T °C	Densidad kg/m ³	Viscosidad kg/m·s	h kJ/kg	Evaporador		
							h1 kJ/kg	h2 kJ/kg	Dh kJ/kg
POSITIVA	ASPIRACION	4,333	0,089	20,583	1,161215596E-05	371,23	263,248	371,225	107,977
	DESCARGA	20,449	59,804	100,150	1,408061392E-05	404,02			
	LÍQUIDO	20,449	39,722	1023,1	1,131516837E-04	263,25			
NEGATIVA	ASPIRACION	1,658	-24,930	8,218	1,061677455E-05	354,94	263,248	354,937	91,689
	DESCARGA	20,449	63,728	97,059	1,424972174E-05	408,62			
	LÍQUIDO	20,449	39,722	1023,1	1,131516837E-04	263,25			
OBRADORES	ASPIRACION	6,028	10,083	28,461	1,201400433E-05	377,32	263,248	377,318	114,070
	DESCARGA	20,449	58,912	100,898	1,404231103E-05	402,97			
	LÍQUIDO	20,449	39,722	1023,1	1,131516837E-04	263,25			

FUENTE: DuPont SUVA HP62

2.7. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Líneas de aspiración y de líquido recipiente-evaporador

La red de tuberías es la que se muestran en los planos adjuntos.

Como la pérdida de carga entre cualquier evaporador y la central debe ser como máximo 1°C, para cada tramo calculamos la pérdida de carga en ese tramo así como la pérdida de carga acumulada hasta la central a partir de la pérdida de carga en los tramos anteriores para comprobar que la pérdida total es inferior a 1°C.

A su vez iremos comprobando que la velocidad es la adecuada para el arrastre de aceite.

De esta forma iremos iterando hasta obtener los diámetros adecuados para tener una pérdida de carga no excesiva y que el arrastre de aceite sea el adecuado.

En una primera aproximación, partiremos de la tabla de capacidades suponiendo que en cada tramo el diámetro de tubería es aquel que si toda la tubería desde ese tramo hasta la central (es decir, ese tramo y los siguientes) tuviera el diámetro de ese tramo para esa potencia la pérdida de carga sería 1°C.

Con esta aproximación iremos afinando la elección de tuberías a partir de las pérdidas de carga calculadas.

Líneas de descarga

El procedimiento es similar al expuesto en el caso anterior, solo que ahora hay un único tramo.

Líneas de líquido condensador-recipiente

El diámetro de estas tuberías se elige para que la velocidad sea como máximo 0,5 m/s. Elegimos los diámetros a través de la tabla de capacidades y verificamos la velocidad calculándola de forma exacta.

En todos los casos el valor de f (coeficiente de fricción) lo calcularemos por iteración.



2.8. CÁLCULO

2.8.1. POTENCIAS Y TENDIDO FRIGORÍFICO

La red de tuberías es la expuesta en los planos de Tendidos Frigoríficos, en donde se ve la distribución de tuberías y se puede medir la longitud de cada tramo.

La potencia de cada servicio es:

CENTRAL POSITIVA		
Nº	SERVICIO	W punto de frío
1	Mural frutas y verduras I	3519,000
2	Mural frutas y verduras II	3079,130
3	Mural pescado A.S.	9280,500
4	Mostrador pescado fresco y marisco	2570,850
5	Mural carne A.S.	11600,630
6	Mural charcutería	10051,000
7	Vitrina carne tradicional	15519,930
8	Vitrina charcutería tradicional	2072,880
9	Vitrina quesos tradicional	592,250
10	Mural lácteos I	8794,630
11	Mural lácteos II	10819,930
12	Mural pastel A.S.	6960,380
13	Cámara frutas y verduras	3299,290
14	Cámara pescado	2116,150
15	Cámara basuras	1934,110
16	Cámara carnes	2267,500
17	Cámara curados	1701,230
18	Cámara quesos	715,140
19	Cámara lácteos	2025,300
20	Obrador fruta	2465,740
21	Obrador pescado	2476,880
22	Obrador carne	4150,280
23	Obrador charcutería	3132,270



CENTRAL POSITIVA		
Nº	SERVICIO	W punto de frío
24	Isla doble Hel./Cong. I	4714,889
25	Isla doble Hel./Cong. II	4714,889
26	Isla doble Hel./Cong. III	3633,889
27	Isla doble Hel./Cong. IV	3633,889
28	Cámara congelado pescado	2444,970
29	Cámara congelados	3150,000

Los resultados de los diámetros de tuberías seleccionados se expresan en las siguientes tablas:



2.8.2. LÍNEAS DE ASPIRACIÓN

LÍNEA 1 - Central positiva

Potencia (W)	Caudal másico (kg/s)	Longitud tramo (m)	Longitud equivalente a central (m)	Aspiración	Diámetro interior (mm)	Potencia tabla (W)	Dt en el tramo (°C) Con tabla	Dt total hasta central (°C) Con tabla	Velocidad (m/s)	Re	f	DP en el tramo (Pa)	Dt en el tramo (°C)	Dt total hasta central (°C)
3299,2900	0,0306	2,9800	38,2800	7/8"	20,225	5170	0,053	0,8480	4,621	165652	0,0167535	542,42	0,037	0,6415
3519,0000	0,0326	3,5400	38,8400	7/8"	20,225	5170	0,071	0,8658	4,928	176684	0,0165666	724,85	0,049	0,6539
6818,2900	0,0631	3,3200	35,3000	1 1/8"	26,575	10200	0,064	0,7949	5,531	260536	0,0153795	604,90	0,041	0,6046
2465,7400	0,0228	0,9300	32,9100	7/8"	20,225	5170	0,010	0,7404	3,453	123801	0,0176562	99,64	0,007	0,5702
9284,0300	0,0860	0,9800	31,9800	1 1/8"	26,575	10200	0,033	0,7306	7,531	354756	0,0146401	315,14	0,021	0,5634
3079,1300	0,0285	3,3100	34,3100	7/8"	20,225	5170	0,052	0,7496	4,312	154599	0,0169588	531,20	0,036	0,5781
12363,1600	0,1145	9,8500	31,0000	1 3/8"	32,425	18700	0,187	0,6975	6,737	387182	0,0143343	2033,72	0,138	0,5420
9280,5000	0,0859	3,1100	24,2600	1 1/8"	26,575	10200	0,105	0,6154	7,528	354621	0,0146410	999,37	0,068	0,4716
21643,6600	0,2004	9,3600	21,1500	1 5/8"	38,775	31100	0,195	0,5104	8,247	566820	0,0134401	2270,90	0,154	0,4036
2570,8500	0,0238	5,3600	17,1500	7/8"	20,225	5170	0,061	0,3764	3,601	129079	0,0175207	619,51	0,042	0,2913
24214,5100	0,2243	3,0000	11,7900	1 5/8"	38,775	31100	0,076	0,3155	9,227	634147	0,0132240	896,38	0,061	0,2492
2476,8800	0,0229	7,4200	16,2100	7/8"	20,225	5170	0,079	0,3179	3,469	124360	0,0176414	801,54	0,055	0,2427
26691,3900	0,2472	6,7100	8,7900	1 5/8"	38,775	31100	0,204	0,2390	10,170	699013	0,0130443	2402,95	0,163	0,1882
11600,6300	0,1074	3,4300	5,5100	1 3/8"	32,425	18700	0,058	0,0932	6,321	363302	0,0144782	629,79	0,043	0,0676
38292,0200	0,3546	2,0800	2,0800	2 1/8"	51,475	61800	0,035	0,0352	8,279	755402	0,0127490	363,41	0,025	0,0247

LÍNEA 2 - Central positiva

Potencia (W)	Caudal másico (kg/s)	Longitud tramo (m)	Longitud equivalente a central (m)	Aspiración	Diámetro interior (mm)	Potencia tabla (W)	Dt en el tramo (°C) Con tabla	Dt total hasta central (°C) Con tabla	Velocidad (m/s)	Re	f	DP en el tramo (Pa)	Dt en el tramo (°C)	Dt total hasta central (°C)
592,2500	0,0055	13,7800	50,6000	1/2"	11,100	880	0,270	0,9989	2,754	54181	0,0210222	2036,77	0,139	1,0226
715,1400	0,0066	1,7000	38,5200	1/2"	11,100	880	0,047	0,7755	3,325	65424	0,0245993	428,70	0,029	0,9132



1307,3900	0,0121	1,2600	36,8200	5/8"	13,875	1680	0,032	0,7287	3,891	95684	0,0226887	320,96	0,022	0,8840
3132,2700	0,0290	2,0000	35,5600	7/8"	20,225	5170	0,032	0,6966	4,387	157267	0,0246002	481,80	0,033	0,8622
4439,6600	0,0411	1,4000	34,9600	7/8"	20,225	5170	0,043	0,7067	6,218	222909	0,0210597	580,04	0,039	0,8688
2072,8800	0,0192	7,2200	33,5600	7/8"	20,225	5170	0,056	0,6641	2,903	104076	0,0243519	754,04	0,051	0,8294
6512,5400	0,0603	4,3000	30,6400	1 1/8"	26,575	10200	0,077	0,6851	5,283	248853	0,0201541	936,67	0,064	0,8418
1701,2300	0,0158	2,0000	26,3400	7/8"	20,225	5170	0,011	0,6084	2,383	85416	0,0240485	138,94	0,009	0,7781
8213,7700	0,0761	1,9000	26,2400	1 1/8"	26,575	10200	0,051	0,6491	6,663	313859	0,0208326	680,51	0,046	0,8149
2267,5000	0,0210	2,1500	24,3400	7/8"	20,225	5170	0,020	0,5976	3,176	113848	0,0243117	268,24	0,018	0,7686
10481,2700	0,0971	1,8100	24,0000	1 3/8"	32,425	18700	0,026	0,6036	5,711	328246	0,0202821	380,05	0,026	0,7762
4150,2800	0,0384	2,8300	22,1900	7/8"	20,225	5170	0,076	0,5781	5,813	208379	0,0258752	1258,93	0,086	0,7504
14631,5500	0,1355	1,0800	20,4400	1 3/8"	32,425	18700	0,028	0,5296	7,973	458222	0,0199614	434,93	0,030	0,6943
888,3800	0,0082	5,4800	19,3600	5/8"	13,875	1680	0,070	0,5019	2,644	65018	0,0238625	677,87	0,046	0,6648
15519,9300	0,1437	14,0200	24,9700	1 3/8"	32,425	18700	0,401	0,7191	8,457	486044	0,0244854	7792,09	0,530	1,0334
10051,0000	0,0931	2,9300	13,8800	1 1/8"	26,575	10200	0,114	0,4322	8,153	384063	0,0224627	1694,34	0,115	0,6186
25570,9300	0,2368	9,2100	10,9500	1 5/8"	38,775	31100	0,259	0,3181	9,743	669670	0,0269055	6243,87	0,425	0,5034
2116,1500	0,0196	1,9300	3,6700	7/8"	20,225	5170	0,015	0,0746	2,964	106249	0,0218822	188,76	0,013	0,0915
27687,0800	0,2564	1,1100	1,7400	1 5/8"	38,775	31100	0,036	0,0591	10,550	725089	0,0199628	654,57	0,045	0,0786
1934,1100	0,0179	21,5800	22,2100	7/8"	20,225	5170	0,147	0,1701	2,709	97109	0,0262430	2114,48	0,144	0,1779
29621,1900	0,2743	0,6300	0,6300	1 5/8"	38,775	31100	0,023	0,0231	11,287	775741	0,0235281	501,18	0,034	0,0341

LÍNEA 3 - Central positiva

Potencia (W)	Caudal másico (kg/s)	Longitud tramo (m)	Longitud equivalente a central (m)	Aspiración	Diámetro interior (mm)	Potencia tabla (W)	Dt en el tramo (°C) Con tabla	Dt total hasta central (°C) Con tabla	Velocidad (m/s)	Re	f	DP en el tramo (Pa)	Dt en el tramo (°C)	Dt total hasta central (°C)
2025,300	0,0188	12,8300	65,4100	7/8"	20,225	5170	0,095	1,3736	2,836	101687	0,0183229	962,44	0,065	0,7306
8794,630	0,0814	2,2300	54,8100	1 1/8"	26,575	10200	0,068	1,3469	7,134	336055	0,0147635	648,90	0,044	0,7092
10819,930	0,1002	9,9800	52,5800	1 3/8"	32,425	18700	0,149	1,2786	5,896	338852	0,0146398	1611,89	0,110	0,6651
8166,440	0,0756	2,2340	44,8340	1 1/8"	26,575	10200	0,060	1,1894	6,625	312051	0,0149366	567,09	0,039	0,5940
18986,370	0,1758	8,0800	42,6000	1 5/8"	38,775	31100	0,133	1,1295	7,234	497229	0,0137048	1538,26	0,105	0,5554
6960,380	0,0008	2,2570	36,7770	1 1/8"	26,575	10200	0,045	1,0420	0,069	3265	0,0424605	0,18	0,000	0,4508



25946,750	0,1766	34,5200	34,5200	1 5/8"	38,775	31100	0,997	0,9966	7,267	499467	0,0136955	6626,66	0,451	0,4508
-----------	--------	---------	---------	--------	--------	-------	-------	--------	-------	--------	-----------	---------	-------	--------

LÍNEA 1 - Central negativa

Potencia (W)	Caudal másico (kg/s)	Longitud tramo (m)	Longitud equivalente a central (m)	Aspiración	Diámetro interior (mm)	Potencia tabla (W)	Dt en el tramo (°C) Con tabla	Dt total hasta central (°C) Con tabla	Velocidad (m/s)	Re	f	DP en el tramo (Pa)	Dt en el tramo (°C)	Dt total hasta central (°C)
2444,9700	0,0267	14,6500	14,6500	1 1/8"	26,575	4010	0,241	0,241	5,850	120337	0,0176476	1368,03	0,193	0,193

LÍNEA 2 - Central negativa

Potencia (W)	Caudal másico (kg/s)	Longitud tramo (m)	Longitud equivalente a central (m)	Aspiración	Diámetro interior (mm)	Potencia tabla (W)	Dt en el tramo (°C) Con tabla	Dt total hasta central (°C) Con tabla	Velocidad (m/s)	Re	f	DP en el tramo (Pa)	Dt en el tramo (°C)	Dt total hasta central (°C)
3150,0000	0,0344	10,0100	42,1900	1 1/8"	26,575	4010	0,259	1,183	7,537	155038	0,0168334	1479,96	0,208	1,106
3633,8896	0,0396	6,5000	38,6800	1 1/8"	26,575	4010	0,218	1,142	8,695	178854	0,0164054	1246,42	0,176	1,073
6783,8896	0,0740	6,5000	32,1800	1 3/8"	32,425	7390	0,223	0,924	10,903	273652	0,0151627	1484,69	0,209	0,898
3633,8896	0,0396	6,5000	32,1800	1 1/8"	26,575	4010	0,218	0,919	8,695	178854	0,0164054	1246,42	0,176	0,689
10417,7792	0,1136	9,0600	25,6800	1 5/8"	38,775	12300	0,269	0,701	11,708	351418	0,0144740	1905,02	0,268	0,654
4714,8896	0,0514	7,7800	24,4000	1 3/8"	32,425	7930	0,122	0,554	7,578	190192	0,0161516	914,38	0,129	0,515
15132,6688	0,1650	2,1500	16,6200	2 1/8"	51,475	24500	0,036	0,432	9,650	384520	0,0141558	226,26	0,032	0,386
4714,8896	0,0514	9,6000	24,0700	1 3/8"	32,425	7930	0,151	0,547	7,578	190192	0,0161516	1128,29	0,159	0,513
19847,5584	0,2165	14,4700	14,4700	2 1/8"	51,475	24500	0,396	0,396	12,657	504326	0,0135858	2514,07	0,354	0,354



2.8.3. LÍNEAS DE LÍQUIDO RECIPIENTE-EVAPORADORES

LÍNEA 1 - Central positiva															
Potencia (W)	Caudal másico (kg/s)	Longitud tramo (m)	Longitud equivalente a central (m)	Líquido	Diámetro interior (mm)	Potencia tabla (W)	Dt en el tramo (°C) Con tabla	Dt total hasta central (°C) Con tabla	Velocidad (m/s)	Re	f	DP en el tramo (Pa)	Dt en el tramo (°C)	Dt total hasta central (°C)	
3299,2900	0,0306	2,9800	38,2800	3/8"	7,925	6210	0,019	0,2487	0,605	43385	0,0221844	1564,29	0,033	0,255	
3519,0000	0,0326	3,5400	38,8400	3/8"	7,925	6210	0,025	0,2551	0,646	46274	0,0218946	2086,38	0,044	0,266	
6818,2900	0,0631	3,3200	35,3000	1/2"	11,100	10100	0,033	0,2296	0,638	64013	0,0203322	1265,52	0,027	0,222	
2465,7400	0,0228	0,9300	32,9100	1/2"	11,100	10100	0,001	0,1983	0,231	23150	0,0252959	57,68	0,001	0,196	
9284,0300	0,0860	0,9800	31,9800	1/2"	11,100	10100	0,017	0,1968	0,868	87163	0,0191657	652,86	0,014	0,195	
3079,1300	0,0285	3,3100	34,3100	3/8"	7,925	6210	0,019	0,1987	0,565	40490	0,0225030	1535,11	0,032	0,214	
12363,1600	0,1145	9,8500	31,0000	5/8"	13,875	19400	0,088	0,1800	0,740	92857	0,0188133	3742,88	0,079	0,181	
9280,5000	0,0859	3,1100	24,2600	1/2"	11,100	10100	0,053	0,1459	0,868	87130	0,0191671	2070,40	0,044	0,146	
21643,6600	0,2004	9,3600	21,1500	7/8"	20,225	59600	0,030	0,0925	0,610	111522	0,0180042	1585,18	0,033	0,102	
2570,8500	0,0238	5,3600	17,1500	3/8"	7,925	6210	0,022	0,0841	0,472	33806	0,0233769	1800,19	0,038	0,107	
24214,5100	0,2243	3,0000	11,7900	7/8"	20,225	59600	0,012	0,0622	0,682	124769	0,0176307	622,74	0,013	0,069	
2476,8800	0,0229	7,4200	16,2100	3/8"	7,925	6210	0,028	0,0787	0,455	32570	0,0235650	2331,81	0,049	0,105	
26691,3900	0,2472	6,7100	8,7900	7/8"	20,225	59600	0,032	0,0504	0,752	137531	0,0173189	1662,46	0,035	0,056	
11600,6300	0,1074	3,4300	5,5100	5/8"	13,875	19400	0,027	0,0459	0,695	87130	0,0190412	1161,44	0,024	0,045	
38292,0200	0,3546	2,0800	2,0800	7/8"	20,225	59600	0,019	0,0188	1,079	197305	0,0162570	995,61	0,021	0,021	

LÍNEA 2 - Central positiva



Potencia (W)	Caudal másico (kg/s)	Longitud tramo (m)	Longitud equivalente a central (m)	Líquido	Diámetro interior (mm)	Potencia tabla (W)	Dt en el tramo (°C) Con tabla	Dt total hasta central (°C) Con tabla	Velocidad (m/s)	Re	f	DP en el tramo (Pa)	Dt en el tramo (°C)	Dt total hasta central (°C)
592,2500	0,0055	13,7800	50,6000	1/4"	4,750	1620	0,045	0,2768	0,303	12994	0,0293919	3992,35	0,084	0,4069
715,1400	0,0066	1,7000	38,5200	1/4"	4,750	1620	0,008	0,2395	0,365	15690	0,0280943	686,42	0,014	0,3373
1307,3900	0,0121	1,2600	36,8200	1/4"	4,750	1620	0,017	0,2317	0,668	28683	0,0245487	1485,77	0,031	0,3228
3132,2700	0,0290	2,0000	35,5600	3/8"	7,925	6210	0,012	0,2146	0,575	41189	0,0224233	956,45	0,020	0,2916
4439,6600	0,0411	1,4000	34,9600	3/8"	7,925	6210	0,015	0,2182	0,815	58381	0,0209091	1254,23	0,026	0,2978
2072,8800	0,0192	7,2200	33,5600	3/8"	7,925	6210	0,020	0,2029	0,380	27258	0,0245026	1652,39	0,035	0,2714
6512,5400	0,0603	4,3000	30,6400	1/2"	11,100	10100	0,039	0,2219	0,609	61143	0,0205177	1509,01	0,032	0,2684
1701,2300	0,0158	2,0000	26,3400	3/8"	7,925	6210	0,004	0,1829	0,312	22371	0,0256211	322,38	0,007	0,2366
8213,7700	0,0761	1,9000	26,2400	1/2"	11,100	10100	0,026	0,2052	0,768	77115	0,0196120	1013,81	0,021	0,2512
2267,5000	0,0210	2,1500	24,3400	3/8"	7,925	6210	0,007	0,1790	0,416	29817	0,0240220	577,24	0,012	0,2298
10481,2700	0,0971	1,8100	24,0000	5/8"	13,875	19400	0,012	0,1839	0,627	78722	0,0194160	510,16	0,011	0,2284
4150,2800	0,0384	2,8300	22,1900	3/8"	7,925	6210	0,027	0,1720	0,762	54575	0,0211857	2244,90	0,047	0,2177
14631,5500	0,1355	1,0800	20,4400	5/8"	13,875	19400	0,013	0,1576	0,876	109894	0,0182362	557,17	0,012	0,1822
888,3800	0,0082	5,4800	19,3600	1/4"	4,750	1620	0,037	0,1446	0,454	19491	0,0267186	3247,38	0,068	0,1704
15519,9300	0,1437	14,0200	24,9700	5/8"	13,875	19400	0,188	0,2370	0,929	116567	0,0180430	8051,57	0,170	0,2241
10051,0000	0,0931	2,9300	13,8800	1/2"	11,100	10100	0,058	0,1074	0,940	94364	0,0188877	2254,55	0,047	0,1021
25570,9300	0,2368	9,2100	10,9500	7/8"	20,225	59600	0,040	0,0493	0,720	131758	0,0174548	2110,74	0,044	0,0546
2116,1500	0,0196	1,9300	3,6700	3/8"	7,925	6210	0,006	0,0147	0,388	27827	0,0243905	458,23	0,010	0,0198
27687,0800	0,2564	1,1100	1,7400	7/8"	20,225	59600	0,006	0,0092	0,780	142661	0,0172045	293,96	0,006	0,0102
1934,1100	0,0179	21,5800	22,2100	3/8"	7,925	6210	0,053	0,0564	0,355	25433	0,0248852	4366,85	0,092	0,0959
29621,1900	0,2743	0,6300	0,6300	7/8"	20,225	59600	0,004	0,0036	0,835	152627	0,0169975	188,67	0,004	0,0040
LÍNEA 3 - Central positiva														



Potencia (W)	Caudal másico (kg/s)	Longitud tramo (m)	Longitud equivalente a central (m)	Líquido	Diámetro interior (mm)	Potencia tabla (W)	Dt en el tramo (°C) Con tabla	Dt total hasta central (°C) Con tabla	Velocidad (m/s)	Re	f	DP en el tramo (Pa)	Dt en el tramo (°C)	Dt total hasta central (°C)
2025,300	0,0188	12,8300	65,4100	3/8"	7,925	6210	0,034	0,4139	0,372	26632	0,0246297	2817,59	0,059	0,3610
8794,630	0,0814	2,2300	54,8100	1/2"	11,100	10100	0,035	0,4145	0,823	82568	0,0193604	1346,63	0,028	0,3301
10819,930	0,1002	9,9800	52,5800	5/8"	13,875	19400	0,070	0,3798	0,648	81266	0,0192970	2979,30	0,063	0,3017
8166,440	0,0756	2,2340	44,8340	1/2"	11,100	10100	0,030	0,3405	0,764	76670	0,0196336	1179,62	0,025	0,2638
18986,370	0,1758	8,0800	42,6000	5/8"	13,875	19400	0,155	0,3100	1,137	142602	0,0174147	6702,81	0,141	0,2390
6960,380	0,0008	2,2570	36,7770	1/2"	11,100	10100	0,023	0,1776	0,008	802	0,0797698	0,53	0,000	0,0979
25946,750	0,1766	34,5200	34,5200	7/8"	20,225	59600	0,155	0,1545	0,537	98270	0,0184436	4650,16	0,098	0,0979

LÍNEA 1 - Central negativa

Potencia (W)	Caudal másico (kg/s)	Longitud tramo (m)	Longitud equivalente a central (m)	Líquido	Diámetro interior (mm)	Potencia tabla (W)	Dt en el tramo (°C) Con tabla	Dt total hasta central (°C) Con tabla	Velocidad (m/s)	Re	f	DP en el tramo (Pa)	Dt en el tramo (°C)	Dt total hasta central (°C)
2444,9700	0,0267	14,6500	14,6500	1/4"	4,750	1620	0,615	0,615	1,471	63170	0,0210676	71906,77	1,514	1,514

LÍNEA 2 - Central negativa

Potencia (W)	Caudal másico (kg/s)	Longitud tramo (m)	Longitud equivalente a central (m)	Líquido	Diámetro interior (mm)	Potencia tabla (W)	Dt en el tramo (°C) Con tabla	Dt total hasta central (°C) Con tabla	Velocidad (m/s)	Re	f	DP en el tramo (Pa)	Dt en el tramo (°C)	Dt total hasta central (°C)
3150,0000	0,0344	10,0100	42,1900	3/8"	7,925	6210	0,059	0,418	0,681	48780	0,0216630	6486,56	0,137	0,939
3633,8896	0,0396	6,5000	38,6800	3/8"	7,925	6210	0,050	0,408	0,785	56274	0,0210590	5449,24	0,115	0,917
6783,8896	0,0740	6,5000	32,1800	3/8"	7,925	6210	0,152	0,359	1,466	105054	0,0187962	16950,49	0,357	0,803
3633,8896	0,0396	6,5000	32,1800	3/8"	7,925	6210	0,050	0,206	0,785	56274	0,0210590	5449,24	0,115	0,446
10417,779 2	0,1136	9,0600	25,6800	5/8"	13,875	19400	0,059	0,127	0,734	92145	0,0188406	3395,04	0,071	0,164



Amaia Mutilva Zabalegui

Universidad Pública de Navarra

4714,8896	0,0514	7,7800	24,4000	3/8"	7,925	6210	0,095	0,162	1,019	73014	0,0200435	10450,54	0,220	0,313
15132,668 8	0,1650	2,1500	16,6200	5/8"	13,875	19400	0,027	0,067	1,067	133849	0,0176068	1588,63	0,033	0,093
4714,8896	0,0514	9,6000	24,0700	3/8"	7,925	6210	0,117	0,157	1,019	73014	0,0200435	12895,26	0,271	0,331
19847,558 4	0,2165	14,4700	14,4700	7/8"	20,225	59600	0,040	0,040	0,659	120434	0,0177947	2824,68	0,059	0,059

Documento N°2 Cálculos



2.8.4. LÍNEAS DE DESCARGA

Utilizaremos montante único con separador de aceite a la salida del compresor (no haremos montante doble).

La potencia que debe pasar por estas tuberías es la potencia a disipar en los condensadores, obtenida de los datos de los compresores. Es decir, es la capacidad de los compresores más el calor que aportan los compresores.

LÍNEA DE DESCARGA TENDIDO POSITIVO	
POTENCIA (W)	183500
Tª SATURACIÓN EN ASPIRACIÓN	-10°C
LONGITUD (m)	8,0
Dh (kJ/kg)	107,977
Caudal másico (kg/s)	1,699
DIÁMETRO (pulgadas)	2 5/8"
Diámetro interior (mm)	63,375
Potencia tabla (W)	305000
Dt tubería (°C)	0,064
Densidad (kg/m³)	100,150
Viscosidad (kg/m·s)	1,40806E-05
Caudal volumétrico (m³/s)	0,01697
Velocidad (m/s)	5,379
Re	2424797
Régimen	Turbulento
f	0,0109070
DP tubería (Pa)	1995,06
Dt tubería (°C)	0,042
DP por altura (Pa) - Caída de P	7859,77
DP por altura (°C) - Caída de P	0,165
TOTAL	0,207



LÍNEA DE DESCARGA TENDIDO NEGATIVO	
POTENCIA (W)	76800
Tª SATURACIÓN EN ASPIRACIÓN	-35°C
LONGITUD (m)	8,0
Dh (kJ/kg)	91,689
Caudal másico (kg/s)	0,838
DIÁMETRO (pulgadas)	1 5/8"
Diámetro interior (mm)	38,775
Potencia tabla (W)	86900
Dt tubería (°C)	0,128
Densidad (kg/m³)	97,059
Viscosidad (kg/m·s)	1,42497E-05
Caudal volumétrico (m³/s)	0,00863
Velocidad (m/s)	7,308
Re	1930172
Régimen	Turbulento
f	0,0115769
DP tubería (Pa)	6191,05
Dt tubería (°C)	0,130
DP por altura (Pa) - Caída de P	7617,19
DP por altura (°C) - Caída de P	0,160
TOTAL	0,291



2.8.5. LÍNEAS DE LÍQUIDO CONDENSADOR-RECIPIENTE

En esta línea de líquido la velocidad del refrigerante debe ser muy baja: 0,5 m/s debido al recipiente de líquido.

El dimensionado de esta tubería se hace por velocidad máxima y no por pérdidas como en el resto de las tuberías.

La potencia que debe pasar por estas tuberías es la potencia de la instalación, es decir, la potencia frigorífica que dan los compresores.

No existe variación de presión por diferencia de alturas ya que en la tubería hay un equilibrio de presiones líquido-gas.

LÍNEA DE LÍQUIDO TENDIDO POSITIVO	
POTENCIA (W)	148000
LONGITUD (m)	8,0
Dh (kJ/kg)	107,977
Caudal másico (kg/s)	1,371
DIÁMETRO (pulgadas)	2 1/8"
Diámetro interior (mm)	51,475
Potencia tabla (W)	157000
Densidad (kg/m³)	1023,1
Viscosidad (kg/m·s)	1,13152E-04
Caudal volumétrico (m³/s)	0,00134
Velocidad (m/s)	0,644
Re	299629
Régimen	Turbulento
f inicial	0,0147669
f iteración	0,0147669
f	0,0147669
DP tubería (Pa)	486,55
Dt tubería (°C)	0,010
DP por altura (Pa) - Ganancia de P	



LÍNEA DE LÍQUIDO TENDIDO NEGATIVO	
POTENCIA (W)	41200
LONGITUD (m)	8,0
Dh (kJ/kg)	91,689
Caudal másico (kg/s)	0,449
DIÁMETRO (pulgadas)	1 3/8"
Diámetro interior (mm)	32,425
Potencia tabla (W)	63500
Densidad (kg/m³)	1023,1
Viscosidad (kg/m·s)	1,13152E-04
Caudal volumétrico (m³/s)	0,00044
Velocidad (m/s)	0,532
Re	155937
Régimen	Turbulento
f inicial	0,0167473
f iteración	0,0167473
f	0,0167473
DP tubería (Pa)	597,95
Dt tubería (°C)	0,013
DP por altura (Pa) - Ganancia de P	

3. CÁLCULO DE LOS RECIPIENTES DE LÍQUIDO

3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El recipiente de líquido es un depósito situado en la línea de líquido cuyo volumen debe ser capaz de contener todo el refrigerante de la instalación.

Para el cálculo de su volumen, se debe calcular la cantidad de refrigerante que hay en toda la instalación cuando ésta está funcionando al 100% (caso más desfavorable, ya que es el caso en el que más refrigerante circula en la instalación).

A esta cantidad se le suma un 20%, ya que siempre debe haber algo más de refrigerante del máximo que se puede usar y además el recipiente debe ser algo más grande para que no se llene completamente.

Se calcula la masa de refrigerante que hay en todas las tuberías a través del volumen y la densidad. A ella hay que sumar la masa que hay en los evaporadores y condensadores, la cual se aproxima como un tercio de la masa calculada con la densidad de líquido saturado para el volumen del evaporador o condensador.



3.2. CÁLCULO DE VOLÚMENES

3.2.1. TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN

3.2.1.1. Central positiva

Diámetro ext. (pulgadas)	Diámetro int. (mm)	Longitud (m)	Volumen (dm ³)
1/2"	11,100	15,480	1,4980
5/8"	13,875	6,740	1,0191
7/8"	20,225	77,480	24,8918
1 1/8"	26,575	23,261	12,9022
1 3/8"	32,425	40,170	33,1705
1 5/8"	38,775	30,020	35,4490
2 1/8"	51,475	2,080	4,3286
TOTAL			113,2592

3.2.1.2. Central negativa

Diámetro ext. (pulgadas)	Diámetro int. (mm)	Longitud (m)	Volumen (dm ³)
1 1/8"	26,575	37,66	20,8890
1 3/8"	32,425	23,88	19,7190
1 5/8"	38,775	9,06	10,6985
2 1/8"	51,475	16,62	34,5871
TOTAL			85,8935

3.2.2. TUBERÍAS DE DESCARGA

3.2.2.1. Central positiva

Diámetro ext. (pulgadas)	Diámetro int. (mm)	Longitud (m)	Volumen (dm ³)
2 5/8"	63,375	8	25,2357



3.2.2.2. Central negativa

Diámetro ext. (pulgadas)	Diámetro int. (mm)	Longitud (m)	Volumen (dm ³)
1 5/8"	38,775	8	9,4468

3.2.3. TUBERÍAS DE LÍQUIDO

3.2.3.1. Central positiva

Diámetro ext. (pulgadas)	Diámetro int. (mm)	Longitud (m)	Volumen (dm ³)
1/4"	4,750	22,22	0,3938
3/8"	7,925	76,55	3,7760
1/2"	11,100	24,191	2,3409
5/8"	13,875	48,25	7,2955
7/8"	20,225	66,62	21,4028
2 1/8"	51,475	8,00	16,6484
TOTAL			51,8574

3.2.3.2. Central negativa

Diámetro ext. (pulgadas)	Diámetro int. (mm)	Longitud (m)	Volumen (dm ³)
1/4"	4,750	14,65	0,2596
3/8"	7,925	46,89	2,3130
5/8"	13,875	11,21	1,6950
7/8"	20,225	14,47	4,6487
1 1/8"	26,575	8,00	4,4374
TOTAL			13,3537



3.2.4. EVAPORADORES

3.2.4.1. Central positiva

Modelo evaporador	Cantidad	Volumen/ud. (dm ³)	Volumen total (dm ³)
FRA 375	1	8,8	8,8000
PIAN 29	3	3,8	11,4000
PIAN 57	5	4,7	23,5000
PIMN 18	1	2,6	2,6000
PIMS 40	1	4,7	4,7000
VLNB_-3	4	9,199	36,7960
VLNB_-4	7	12,737	89,1590
VLNB_-6	9	19,813	178,3170
H_SC1-4	3	6,368	19,1040
H_SC1-6	2	9,906	19,8120
TOTAL			394,1880

3.2.4.2. Central negativa

Modelo evaporador	Cantidad	Volumen /ud. (dm ³)	Volumen total (dm ³)
FRB 200	1	4,7	4,7000
FRL 380	1	8,8	8,8000
GAS5-4	6	11,888	71,3280
GAS5-6	4	18,492	73,9680
GAS5-C	4	9,246	36,9840
TOTAL			195,7800



3.2.5. CONDENSADORES

3.2.5.1. Central positiva

Modelo evaporador	Cantidad	Volumen/ud. (dm ³)	Volumen total (dm ³)
VCS 487	1	182	182,0000

3.2.5.2. Central negativa

Modelo evaporador	Cantidad	Volumen/ud. (dm ³)	Volumen total (dm ³)
CBS 58	1	22	22,0000

3.3. CÁLCULO DE LOS RECIPIENTES

3.3.1. CENTRAL POSITIVA

Una vez calculados los volúmenes de la instalación, ahora calcularemos la masa de refrigerante contenida en ellos.

En tuberías, donde el estado del refrigerante es constante (líquido o gas) y la densidad apenas varía, se multiplica el volumen por la densidad de ese punto.

Sin embargo en evaporadores y condensadores hay cambio de estado y varía mucho la densidad entre el inicio y el fin. En este caso la masa se puede aproximar como un tercio de la masa que tendría el volumen del evaporador o condensador si estuviese lleno de líquido saturado.

Esta masa hay que incrementarla un 20% y con ello calcular el volumen necesario del recipiente para que la pueda contener. Para ello se divide la masa total por la densidad en el punto en el que está el recipiente (en la tubería de líquido).

Tuberías de aspiración

$$\text{Volumen} = 113,2592 \text{ dm}^3$$

$$\text{Densidad} = 20,583 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masa} = \text{Volumen} \cdot \text{Densidad} = \frac{113,2592}{1000} \cdot 20,583 = 2,3312 \text{ kg}$$

Tubería de descarga

$$\text{Volumen} = 25,2357 \text{ dm}^3$$

$$\text{Densidad} = 100,150 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masa} = \text{Volumen} \cdot \text{Densidad} = \frac{25,2357}{1000} \cdot 100,150 = 2,5274 \text{ kg}$$

Tuberías de líquido

$$\text{Volumen} = 51,8574 \text{ dm}^3$$

$$\text{Densidad} = 1023,1 \text{ kg/m}^3$$



$$\text{Masa} = \text{Volumen} \cdot \text{Densidad} = \frac{51,8574}{1000} \cdot 1023,1 = 53,0553 \text{ kg}$$

Evaporadores

$$\text{Volumen} = 394,1880 \text{ dm}^3$$

$$\text{Densidad líquido saturado } (-10^\circ\text{C}) = 1186,4 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masa} = \frac{1}{3} \cdot \text{Volumen} \cdot \text{Densidad} = \frac{1}{3} \cdot \frac{394,1880}{1000} \cdot 1186,4 = 155,8882 \text{ kg}$$

Condensadores

$$\text{Volumen} = 182 \text{ dm}^3$$

$$\text{Densidad líquido saturado } (+45^\circ\text{C}) = 930,4 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masa} = \frac{1}{3} \cdot \text{Volumen} \cdot \text{Densidad} = \frac{1}{3} \cdot \frac{182}{1000} \cdot 930,4 = 56,4443 \text{ kg}$$

Por tanto la masa total es:

$$\text{Masa total} = 270,2464 \text{ kg}$$

Si la incrementamos un 20% nos da:

$$\text{Masa recipiente} = 270,2464 \cdot 1,2 = 324,2957 \text{ kg}$$

Esta es la masa que debe contener el recipiente.

Calculamos el volumen del recipiente:

$$\text{Densidad en el recipiente} = 1023,1 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumen recipiente} = \frac{\text{Masa}}{\text{Densidad}} = \frac{324,2957}{1023,1} \cdot 1000 = 316,9736 \text{ litros}$$

	Volumen (dm ³)	Densidad kg/m ³	Masa R-404A kg
Tuberías aspiración	113,2592	20,5830	2,3312
Tubería descarga	25,2357	100,1500	2,5274
Tuberías líquido	51,8574	1023,1000	53,0553
Evaporadores	394,1880	1186,4000	155,8882
Condensadores	182,0000	930,4000	56,4443
		TOTAL (kg)	270,2464
		TOTAL + 20% (kg)	324,2957

	Masa R-404A kg	Densidad kg/m ³	Volumen (dm ³)
RECIPIENTE DE LÍQUIDO	324,2957	1023,1	316,9736



Para este volumen mínimo, elegimos el siguiente recipiente de líquido:

RECIPIENTE DE LÍQUIDO	
Modelo	RLV-350
Precio (€)	3420
Volumen (dm ³)	350
Válvula entrada	3"
Válvula salida	2 1/2"
Válvula seguridad	1/2"
Ø (mm)	610
Longitud (mm)	1252
Peso (kg)	185

3.3.2. CENTRAL NEGATIVA

	Volumen (dm ³)	Densidad kg/m ³	Masa R-404A kg
Tuberías aspiración	85,8935	8,218	0,7059
Tubería descarga	9,4468	97,059	0,9169
Tuberías líquido	13,3537	1023,100	13,6621
Evaporadores	195,7800	1267,500	82,7171
Condensadores	22,0000	930,400	6,8229
		TOTAL (kg)	104,8249
		TOTAL + 20% (kg)	125,7899

	Masa R-404A kg	Densidad kg/m ³	Volumen (dm ³)
RECIPIENTE DE LÍQUIDO	125,7899	1023,1	122,9497



Para este volumen mínimo, elegimos el siguiente recipiente de líquido:

RECIPIENTE DE LÍQUIDO	
Modelo	RLV-120
Precio (€)	1240
Volumen (dm³)	120
Válvula entrada	2 1/8"
Válvula salida	1 5/8"
Válvula seguridad	1/2"
Ø (mm)	323,9
Longitud (mm)	1700
Peso (kg)	78



Tudela, Septiembre de 2013

Firmado:

AMAIA MUTILVA ZABALEGUI
Ingeniero Técnico Industrial Mecánico con Intensificación en Diseño Industrial



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO CON
INTENSIFICACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO

DOCUMENTO 3: PLANOS

Alumno: Amaia Mutilva Zabalegui

Tutor: José Ramón Alfaro López

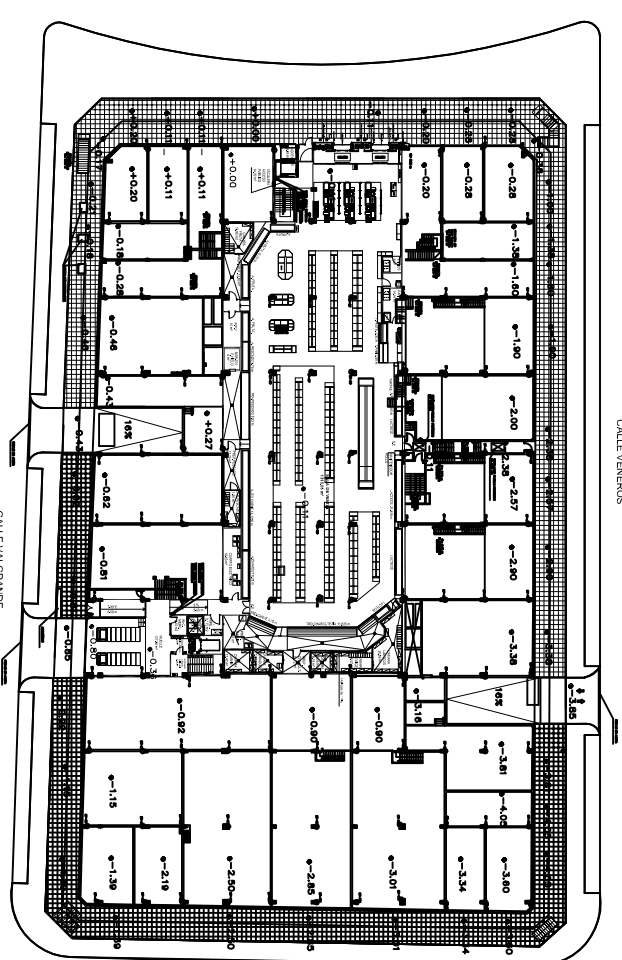
Tudela, Septiembre de 2013




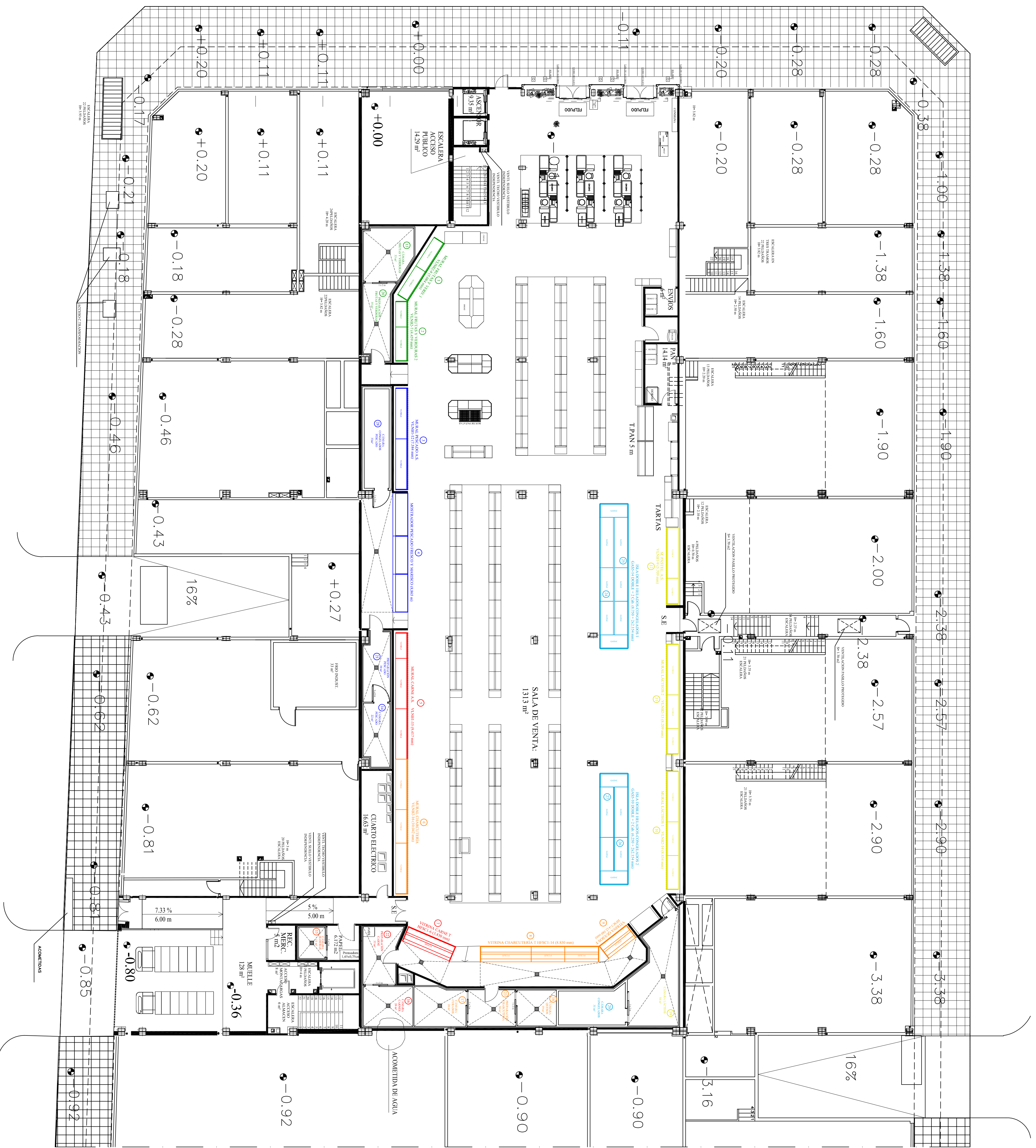
DOCUMENTO N° 3 PLANOS

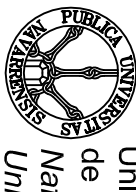
ÍNDICE

- **P01- SIT: Situación y emplazamiento**
- **P02- IMP: Implantación general**
- **P03- TENPOS: Tendido frigorífico central positiva**
- **P04- TENNEG: Tendido frigorífico central negativa**
- **P05- SEC: Sección longitudinal del edificio**
- **P06- CONDEN: Situación y detalles de condensadores**
- **P07- DIAPOS: Diagrama frigorífico central positiva**
- **P08- DIANEG: Diagrama frigorífico central negativa**

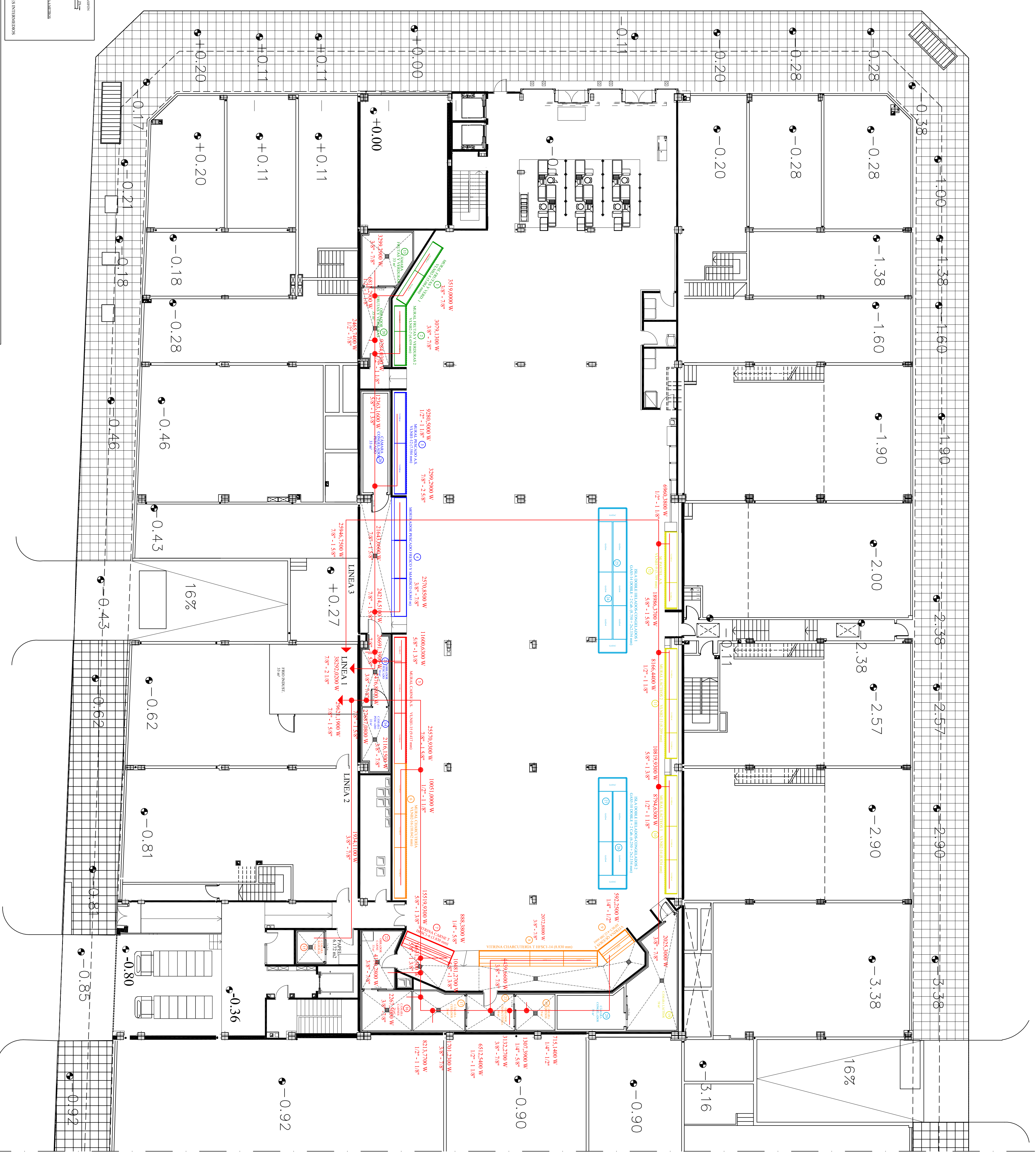


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	
PROYECTO: INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
REALIZADO: MUTILVA ZABALEGUI, AMAIA		FIRMA:	
PLANO: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	FECHA: Sep 2013	ESCALA: -----	Nº PLANO POT- SIT

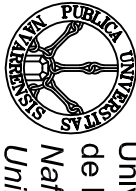


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:	INSTALACION FRIGORIFICA DE UN HIPERMERCADO	REALIZADO: MUTILVA ZABALEGUI, AMAILA
PLANO:	IMPLANTACION GENERAL	FECHA: 1/1/10 ESCALA: Nº PL. NO P02-100

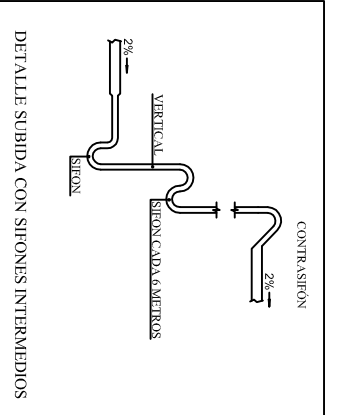
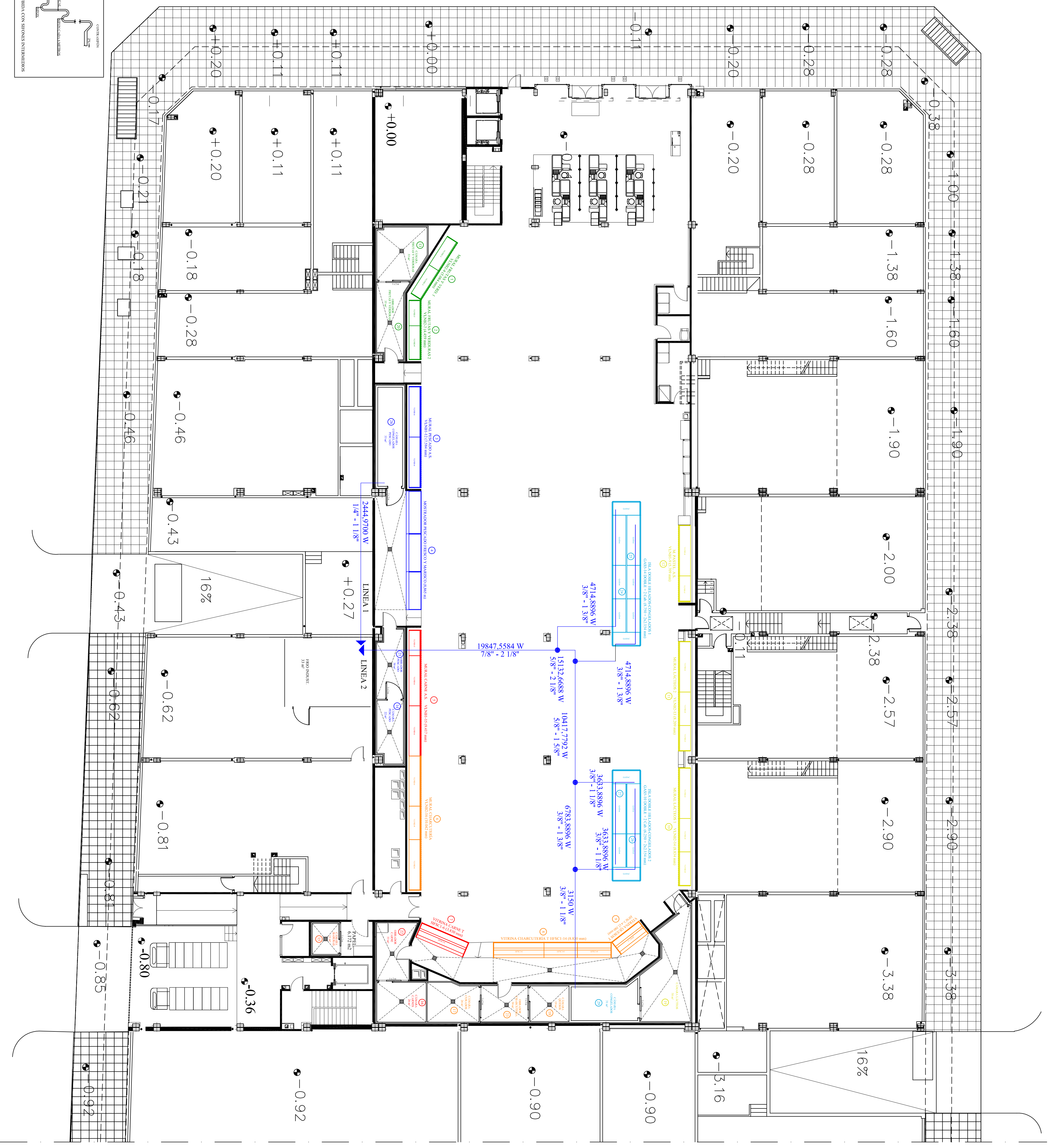
LEYENDA DIÁMETROS
Líquido - Aspiración
7/8" - 1 5/8"



DESCARGA: 183.500 W 2 5/8"
LÍQUIDO CONDENSADOR-RECIPIENTE: 148.000 W 2 1/8"

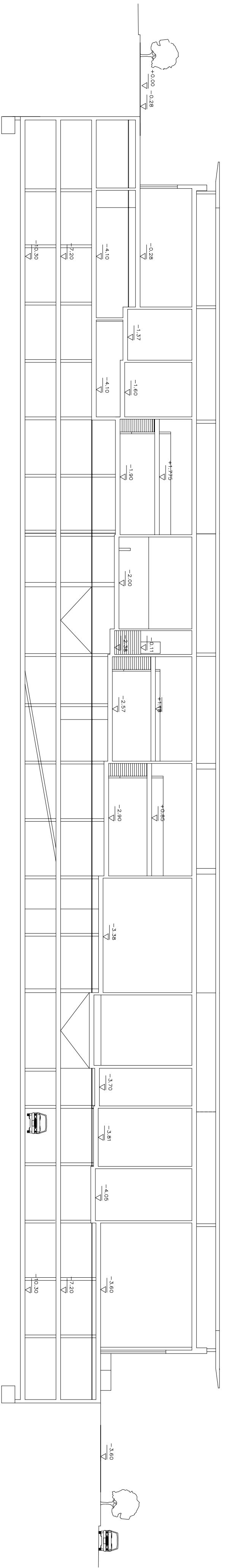
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E. T. S. I. I. T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:	INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO	REALIZADO: MUTITIVA ZABALEGUI, AMAILA
PLANO:	TENDIDO FRIGORÍFICO CENTRAL POSITIVA	FRMA:
FECHA:	Sep 2013	ESCALA:
	1/150	Nº PL./NO. PÓS-TENDIDOS

LEYENDA DIÁMETROS
Líquido - Aspiración
7/8" - 1 5/8"

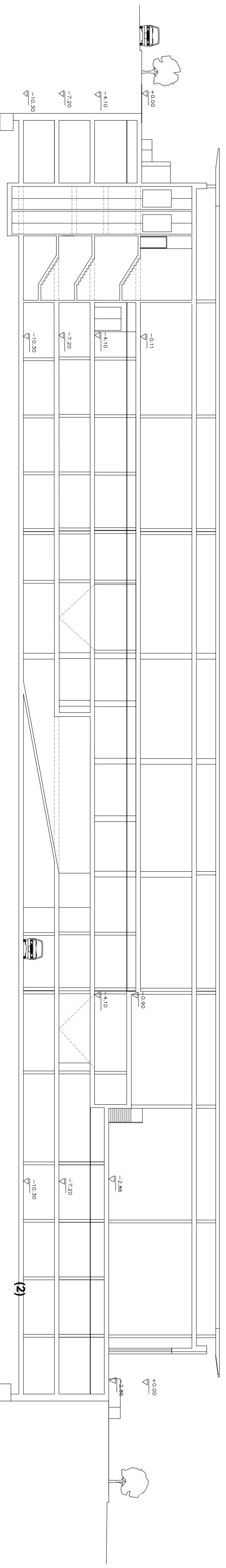


DESCARGA: 76.800 W 1 5/8"
LÍQUIDO CONDENSADOR-RECIPIENTE: 41.200 W 1 3/8"


<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	E. T. S. I. I. T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:	INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO	REALIZADO:
		MUTILVA ZABALEGUI, AMAIA
PLANO:	TENDIDO FRIGORÍFICO CENTRAL NEGATIVA	FRMA:
FECHA:	Sep 2013	ESCALA:
		Nº PL./NO. Ptd./NO. TERNED.




SECCION A-A'

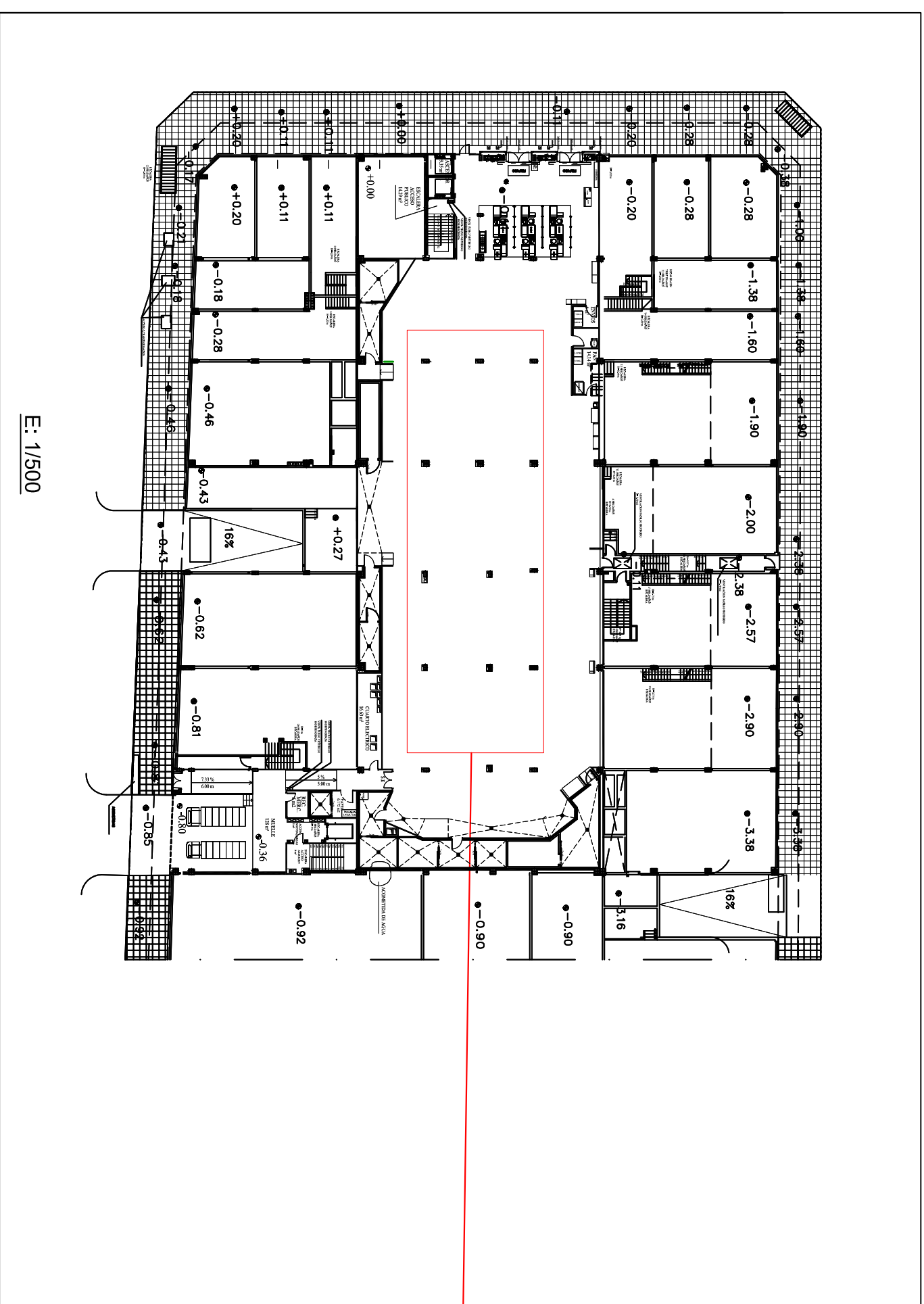


SECCION B-B'

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO	REALIZADO: MUTILVA ZABALEGUI, AMAIA

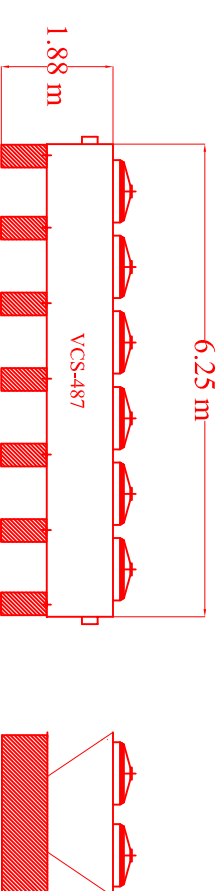
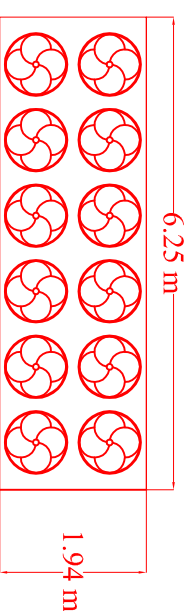
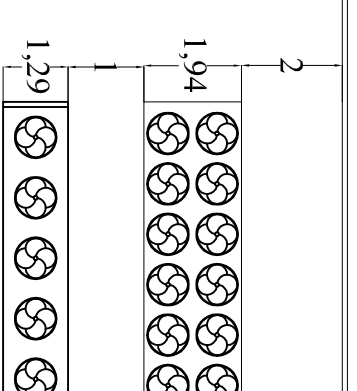
PLANO: SECCIÓN LONGITUDINAL DEL EDIFICIO	FIRMA:
FECHA: Sep 2013	ESCALA: 1/250
Nº PLANO: P05-SITD	

PLANTA CUBIERTAS



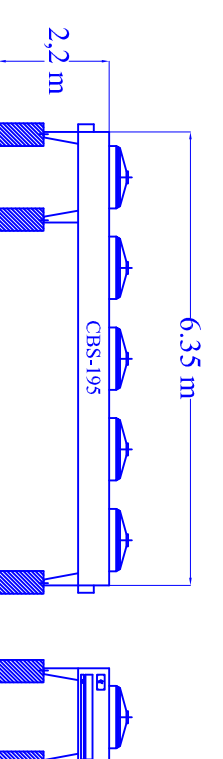
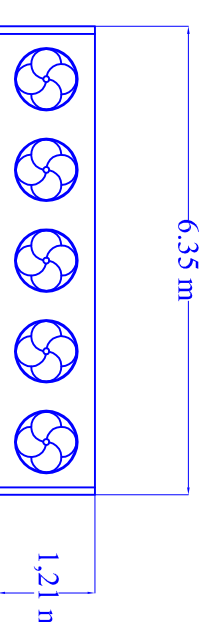
E: 1/500

NOTA:
Prever un pasillo perimetral de 1 mt. alrededor de los CONDENSADORES para mantenimiento.



CONDENSACION POSITIVA: 1 Ud.

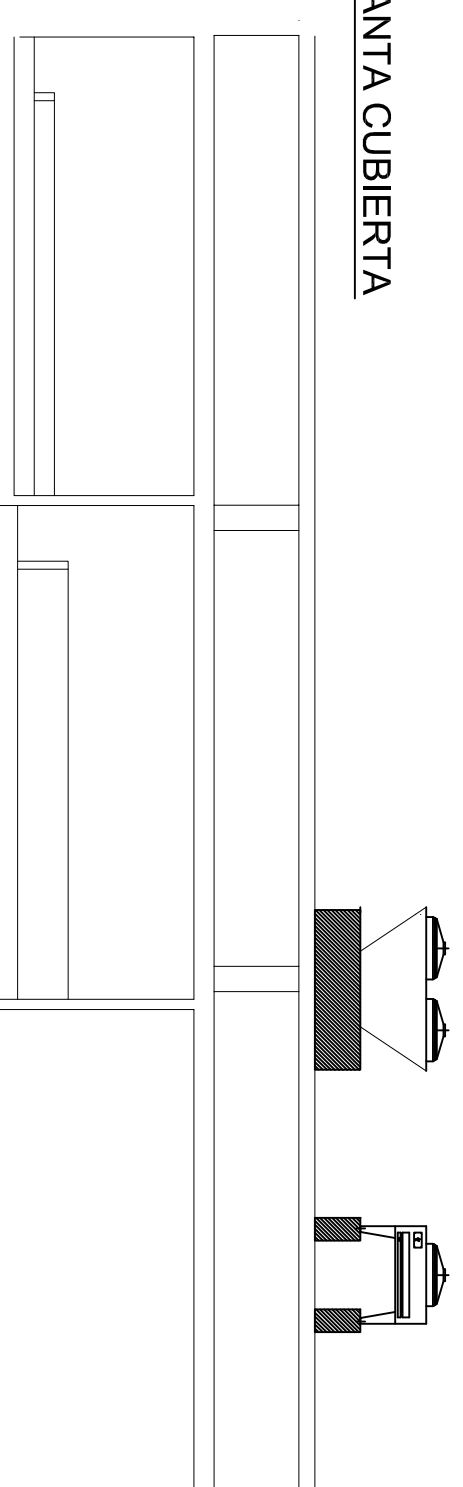
MODELO	VCS-487
CAPACIDAD	227.000 W
Nº VENTILADORES	12
DIÁMETRO VENT.	800 mm
CAUDAL DE AIRE	117.600 m3/h
PESO EN SERVICIO	1.870 kg
NIVEL SONORO	47 dB




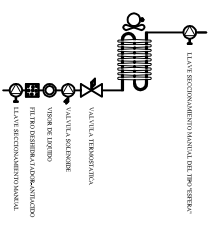
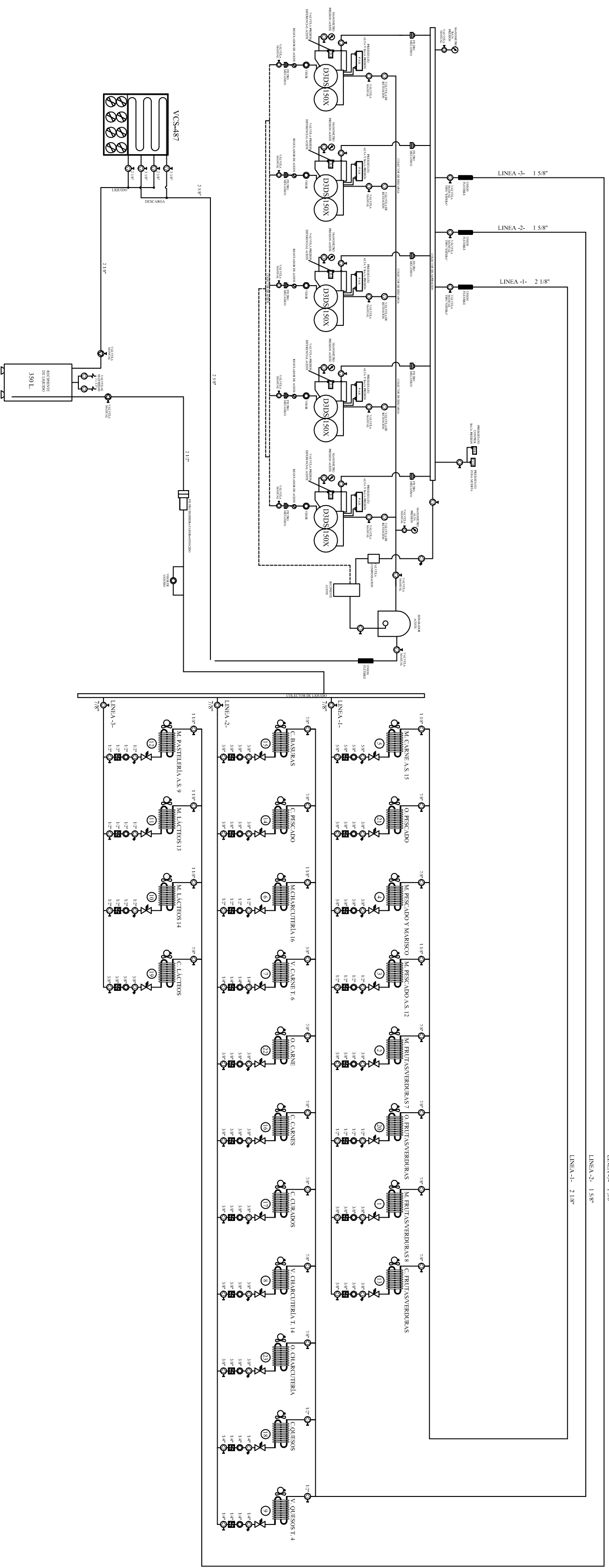
CONDENSACION NEGATIVA: 1 Ud.

MODELO	CBS-195
CAPACIDAD	26.900 W
Nº VENTILADORES	5
DIÁMETRO VENT.	800 mm
CAUDAL DE AIRE	13.100 m3/h
PESO EN SERVICIO	726 kg
NIVEL SONORO	40 dB

PLANTA CUBIERTA



 Universidad Pública de Navarra Ministerio Universidades Públicas	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M	
PROYECTO:	INSTALACION FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO	REALIZADO:
		MOTILVA ZABALEGUI AMAIA
PLANO:	SITUACION Y DETALLES DE CONDENSADORES	FECHA:
		Sep 2013
		ESCALA:
		1/100
		Nº PLANO:
		106-59
		CONDEN




 Universidad Pública
 de Navarra
 Nafarroako
 Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
 INGENIERO
 TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
 DEPARTAMENTO DE
 PROYECTOS E ING. RURAL

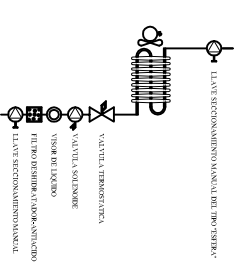
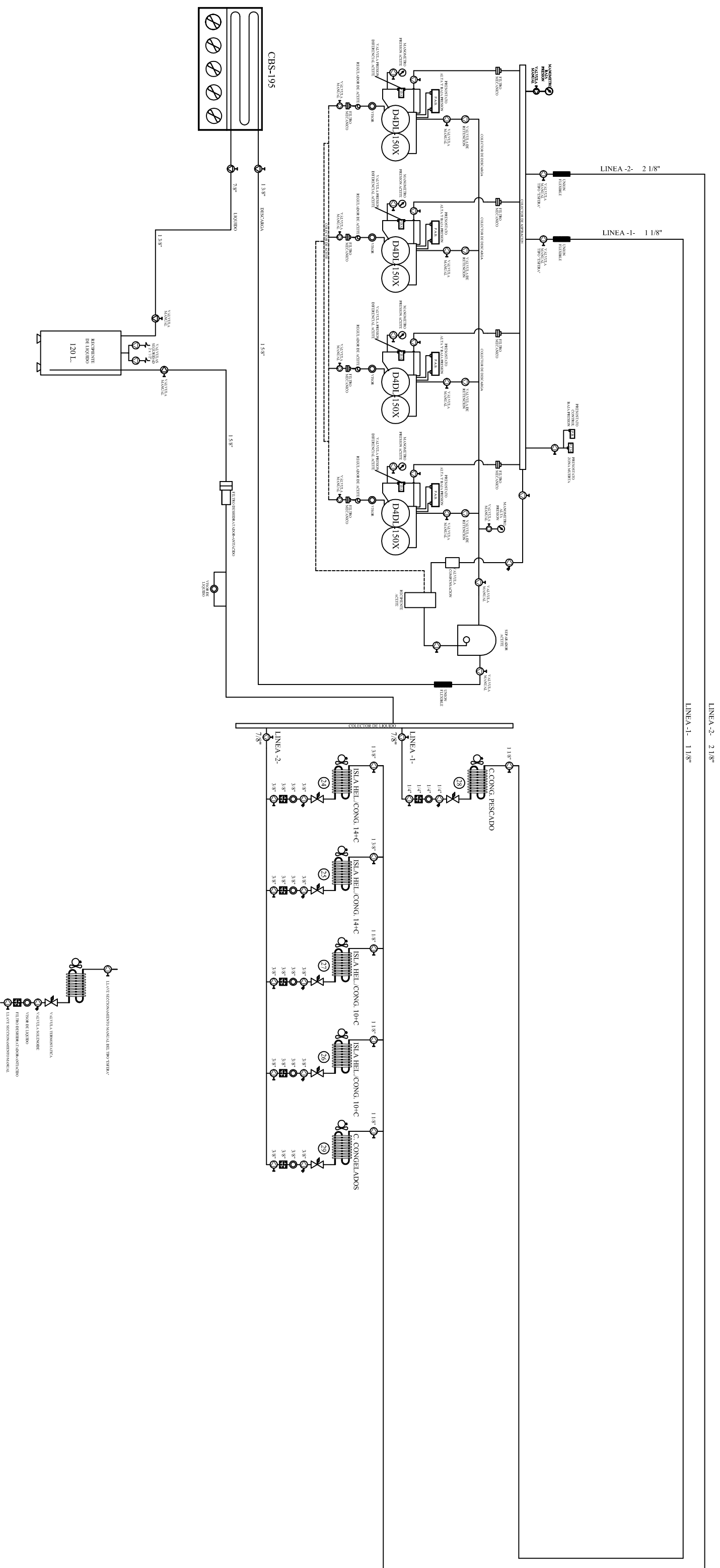
PROYECTO:
 INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN
 HIPERMERCADO


REALIZADO:
 MUTILVA ZABALGUEI
 AMAIA
 FIRMA:

PLANO:
 DIAGRAMA FRIGORÍFICO CENTRAL POSITIVA

FECHA: Stp 2013
 ESCALA:
 Nº PLANO: P0
 DIAPOSITIVAS: 9





 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO	REALIZADO: MUTILVA ZABALGUI AMAIA FIRMA:

PLANO: DIAGRAMA FRIGORÍFICO CENTRAL NEGATIVA	FECHA: Sep 2013	ESCALA:	Nº PLANO: P08- DIAN-03
--	--------------------	------------------	------------------------------



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO CON
INTENSIFICACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO

DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Amaia Mutilva Zabalegui

Tutor: José Ramón Alfaro López

Tudela, Septiembre de 2013



DOCUMENTO Nº 4 PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. CONDICIONES ECONÓMICO LEGALES.....	4
1.1. DEFINICIÓN DE LA OPERACIÓN	4
1.2. IMPORTE DEL CONTRATO	4
1.3. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO.....	4
1.4. CESIÓN DEL CONTRATO	5
1.5. CONTENIDO DE LOS PRECIOS UNITARIOS	5
1.6. CONDICIONES DE PAGO	7
1.7. TRABAJOS NO PREVISTOS	7
1.8. OBRAS DEFECTUOSAS.....	8
1.9. LIQUIDACIÓN	8
1.10. PROPIEDAD DE LAS OBRAS.....	8
1.11. SEGUROS	8
1.12. LITIGIOS.....	9
1.13. RUPTURA DEL CONTRATO	9
1.14. DAÑOS Y PERJUICIOS	9
1.15. CAPACIDAD DE LA EMPRESA.....	10
1.16. PARO DE OBRA	10
2. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN.....	11
2.1. PERIODO DE PREPARACIÓN	11
2.2. REPRESENTANTES	11
2.3. REUNIONES DE OBRA	11
2.4. LOCALES PROVISIONALES	12
2.5. CONDICIONES GENERALES DE PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	12
2.6. PERSONAL DEL CONTRATISTA	12



2.7. CALIDAD DE LOS TRABAJOS	13
2.8. MUESTRAS	13
2.9. HIGIENE, SEGURIDAD Y LIMPIEZA	14
2.10. PLAZOS DE EJECUCIÓN	14
2.11. PENALIZACIÓN POR RETRASO	14
2.12. HITOS DE FINALIZACIÓN DE LAS OBRAS	15
2.13. RECEPCIÓN PROVISIONAL	15
2.14. RECEPCIÓN DEFINITIVA	16
2.15. LIQUIDACIÓN FINAL	17
2.16. PLAZO DE GARANTÍA	17
2.17. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE OBRA CIVIL	17
2.18. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE ELECTRICIDAD	18
2.19. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE FONTANERÍA	18
2.20. TRABAJOS A CARGO DE TODOS LOS CONTRATISTAS	18
2.21. DOCUMENTACIÓN PARA OFERTAR	19
2.22. CUENTA DE GASTOS A PRORRATEO	19
3. ANEXO: MODELO DE CARTA DE COMPROMISO	22
4. CONDICIONES TÉCNICAS	23
4.1. DISPOSICIONES GENERALES	23
4.1.1. ALCANCE DEL SUMINISTRO	23
4.1.2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS	23
4.1.3. ALCANCE DE LAS ESPECIFICACIONES	23
4.1.3.1. Generalidades	23
4.1.3.2. Materiales y equipos	24
4.1.3.3. Varios	24
4.2. MATERIALES	25
4.2.1. ESPECIFICACIONES DE CARÁCTER GENERAL	25
4.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES	25
4.2.2.1. Tuberías de refrigerante (R-404 A)	25
4.2.2.2. Aislamiento de las tuberías	27
4.2.2.3. Válvulas de seguridad	27
4.2.2.4. Válvulas general	27
4.2.2.5. Manómetros	28



4.2.2.6.	Motocompresores.....	28
4.2.2.7.	Sistema de control de aceite.....	28
4.2.2.8.	Condensadores	29
4.2.2.9.	Evaporadores.....	29
4.2.2.10.	Electricidad	29
4.2.2.11.	Cuadros eléctricos	32
4.2.2.12.	Instalación de cables	33
4.2.2.13.	Sistema de regulación de centrales frigoríficas y condensadores	33
4.2.2.14.	Gestión centralizada.....	34
4.2.2.15.	Mobiliario frigorífico	37



1. CONDICIONES ECONÓMICO LEGALES

1.1. DEFINICIÓN DE LA OPERACIÓN

Los contratos establecidos tienen por objeto la realización de los trabajos necesarios para el Acondicionamiento del Hipermercado en el Centro Comercial situado en Calle Valgrande nº 1 en Majadahonda de acuerdo con el PROYECTO y el presente PLIEGO DE CONDICIONES.

1.2. IMPORTE DEL CONTRATO

Los contratos para cada capítulo se cerrarán a un PRECIO ALZADO TOTAL que será el resultado de sumar los productos de los PRECIOS UNITARIOS de cada partida por la medición correspondiente expresada en el estado de mediciones del proyecto y comprobada por el contratista en los planos de estudio de presupuesto antes de la adjudicación. Este PRECIO ALZADO TOTAL no cambiará si no se hacen modificaciones de proyecto ni de modificación de partidas.

En el caso de no ejecución de ciertas partidas o disminución de la cantidad ejecutada, su valor se calculará en base a mediciones sobre plano de lo no ejecutado y precios contractuales.

Al PRECIO ALZADO TOTAL se le añadirá el IVA.

El PRECIO ALZADO TOTAL irá expresado en Euros con dos decimales.

1.3. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO

El conjunto de documentos que se enumeran a continuación, constituirá, una vez aceptados y firmados por cada una de las partes, el contrato de adjudicación:

- i. Carta de compromiso escrita por el CONTRATISTA, con el precio alzado total, haciendo referencia al resto de documentos
- ii. Programa de obra
- iii. Descripción de los trabajos de cada capítulo
- iv. Planos del proyecto
- v. El presente pliego de condiciones

NOTA: el estado de mediciones comprobado y los precios unitarios alzados que justifican el IMPORTE ALZADO TOTAL incluido en la carta de compromiso, no constituyen partes del contrato, pero serán utilizados para el cálculo de las certificaciones y para la valoración de los trabajos que resulten de modificaciones del proyecto hechas por la propiedad

El CONTRATISTA no tendrá derecho a reclamación alguna, una vez formalizado el CONTRATO, si hay errores de medición, ni se harán comprobaciones en obra,

Sólo se realizarán mediciones de las partes modificadas en las partidas en las que se introduzcan cambios después de formalizar el CONTRATO.

En su oferta, en anexo, indicará las diferencias de medición que haya encontrado.



Tendrá que incluir en su oferta todos los trabajos y materiales que juzgue necesarios para un perfecto acabado de los trabajos y que hayan sido olvidados en el Proyecto.

Después de la firma del CONTRATO no se admitirán reclamaciones por olvidos o errores en el proyecto y se verá obligado a incorporar los elementos necesarios para un perfecto acabado de los trabajos.

1.4. CESIÓN DEL CONTRATO

El CONTRATISTA no puede ceder en su totalidad su contrato a otra empresa.

En caso de ceder parte del mismo a otra empresa, debe contar con la autorización previa del COORDINADOR.

Esta actuación no eximirá al CONTRATISTA de ninguna de sus obligaciones contratadas. Será responsable de todas las acciones, deficiencias o negligencias de las empresas que subcontrate.

El COORDINADOR podrá controlar que todo el personal de la obra esté dado de alta en la S.S. para ello el CONTRATISTA entregará la documentación que se exija.

1.5. CONTENIDO DE LOS PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios irán expresados en Euros con tres decimales.

Los precios unitarios comprenden todos los gastos necesarios propios de la empresa CONTRATISTA. Los principales, aunque la lista no es limitativa, son:

1. Gastos de mano de obra, comprendiendo las cargas sobre salarios, desplazamiento, primas, indemnizaciones, plusvalías por trabajos en horas suplementarias, días festivos, o noche.
2. Los gastos de elevación a escritura pública del contrato de adjudicación, incluidos los tributos o gastos notariales y de cualquier otro tipo, si así fuese requerido por alguna de las partes
3. Los tributos, impuestos, tasas, aranceles, derechos y cuantos gastos de cualquier clase que puedan gravar la contrata o la obra ejecutada, excepto el impuesto sobre el valor añadido (IVA), que será repercutido como partida independiente.
4. Gastos de materiales, utillaje, herramientas, máquinas, etc., impuestos manutención, desperfectos o pérdidas y su transporte, carga y descarga.
5. Gastos de estudios, cálculos y dibujos de ejecución de la empresa.
6. Gastos producidos por la redacción de Proyectos para la legalización de las diferentes instalaciones (tanto provisionales como definitivas) por la Delegación o Consejería de Industria, así como los producidos por la Dirección de Obra oficial y por las gestiones ante organismos oficiales para la aprobación de los mismos. Incluyendo los gastos de tasas y derechos de visado de los Colegios Profesionales Oficiales del técnico competente. Este apartado es de aplicación para todos los Contratistas que deban legalizar sus instalaciones en Industria (electricidad alta y baja tensión, climatización y ventilación, fontanería, protección contra incendios, frío industrial, neón, montacargas, etc.)



7. Gastos para ejecución de planos y documentación una vez finalizada la obra, documentación compuesta por dossier cuadruplicado:
 - Planos completos y acotados, planos de distribución y de todas las instalaciones realizadas, con el fin de que quede la debida constancia de la totalidad de la obra e incluyendo todas las modificaciones que durante el transcurso de la misma hayan tenido lugar, facilitando de este modo cualquier trabajo de reparación o modificación que resultase necesario llevar a cabo con posterioridad (en medio magnético CD-ROM y en papel)
 - Protocolos de todas las pruebas realizadas por el contratista para la recepción provisional
 - Manuales de mantenimiento de todas las instalaciones efectuadas
 - Dossier de certificaciones de calidad y garantía de todos los materiales empleados
 - Reportaje fotográfico de la obra una vez acabada
 - Permisos oficiales de funcionamiento de las instalaciones
 - Lista valoradas de repuestos
 - Relación de todas las unidades y equipos montados, indicando marca, modelo, características y fabricante (domicilio, teléfono y fax)
 - Esquemas generales de funcionamiento con identificación numerada de todos los elementos (válvulas, elementos de control, elementos de seguridad, etc.) debidamente enmarcados y protegidos con cristal no reflectante.
8. Gastos para la vigilancia de sus materiales y herramientas, conservación y reparaciones, por deterioro o destrucción de materiales, incluso puesto en obra, cualquiera que fuese el responsable.
9. Gastos de vallas y andamios, incluso permisos y licencias para la colocación de éstos, si fueran necesarios.
10. Los gastos por daños y perjuicios ocasionados así mismo o a otros.
11. Los gastos de análisis, ensayos y muestras de materiales, indicado en el capítulo correspondiente de las condiciones Generales de Ejecución.
12. Los gastos generales de Empresa y el Beneficio Industrial.
13. Los gastos de sus instalaciones de Seguridad y salud
14. Los gastos de instalaciones provisionales, almacenes, etc., montaje, desmontaje, mantenimiento y limpieza
15. Los gastos de limpieza y evacuación cotidiana de sus escombros, desechos, material inutilizado, etc., y su transporte a vertedero.
16. Los gastos previstos en el presente Pliego de Condiciones.
17. El CONTRATISTA tendrá en cuenta en la elaboración de los precios de cada partida, aquellos elementos necesarios para su total acabado, tales como materiales, elementos de fijación, de remate, etc. Si los remates de sus trabajos no están previstos en partida distinta, el precio de los mismos se incorporará al de la partida correspondiente.
18. Los gastos de la cuenta a prorratio y de control de calidad, que serán retenidos en cada certificación según se expresa a continuación.



1.6. CONDICIONES DE PAGO

El CONTRATISTA al final de su oferta, establecerá el precio alzado total, teniendo en cuenta que la modalidad de pago será la siguiente:

- El CONTRATISTA entregará al COORDINADOR original y tres copias de la certificación mensual, con fecha último día de cada mes presentándola antes del día 15 del mes posterior al facturado.
- Esta certificación vendrá expresada en todos los conceptos en Euros con dos decimales.
- Esta certificación incluirá sólo los trabajos o unidades ejecutadas en el mes de referencia, haciendo una anotación de certificaciones totales a origen.
- De dicho importe de certificaciones se retendrá, indicándolo en la factura lo siguiente:
 - 10% (diez por ciento) en concepto de garantía.
- De dicho importe de certificaciones se deducirá, indicándolo en la factura lo siguiente:
 - 3% (tres por ciento) en concepto de cuenta de prorrateo
 - 1% (uno por ciento) en concepto de control de calidad
- En el plazo máximo de 15 días laborables, el COORDINADOR visará la factura, o la devolverá al CONTRATISTA exponiendo las objeciones para su rechazo. La factura conformada por el COORDINADOR será entregada por éste a la PROPIEDAD, que efectuará el pago de la forma siguiente:
 - mediante letra domiciliada sin aceptar a 180 días, siendo los timbres por cuenta del CONTRATISTA
- La conformidad o aceptación de la certificación, no representa la aceptación de las obras realizadas, sino que se considera un pago a buena cuenta, hasta la recepción definitiva
- El periodo de garantía será de un año a partir de la fecha de la recepción provisional, la devolución del 10% en concepto de garantía se realizará según lo especificado en el apartado “Recepción Definitiva”.
- Este importe no será canjeable por aval durante el periodo de garantía.

1.7. TRABAJOS NO PREVISTOS

El PRECIO ALZADO TOTAL no cambiará sino se cambian las especificaciones ni los planos del proyecto.

En caso de cambios en el proyecto, se verificarán las partidas y las cantidades de las mismas que resulten afectadas. La suma de los productos de las cantidades por el precio de las mismas expresados en el Contrato, aumentará o disminuirá el PRECIO ALZADO TOTAL, mediante comprobación con lo previsto en el contrato.

Si aparecen nuevas partidas no previstas o cambios en las especificaciones de las mismas, se elaborarán por parte del CONTRATISTA, precios contradictorios, que multiplicados por la cantidades de dichas partidas configurarán presupuestos adicionales.

En caso de desacuerdo con los precios contradictorios por el CONTRATISTA, el COORDINADOR podrá hacer ejecutar dichos trabajos por otra empresa.



Ninguna partida no prevista se ejecutará sin la previa aprobación del COORDINADOR.

Para ello se aplicarán lo precios de mano de obra y de materiales presentados por el CONTRATISTA en la oferta, a las cantidades que se deriven de la ejecución de dichos trabajos.

Para dar comienzo a cualquier trabajo por administración, el COORDINADOR tiene que dar una ORDEN DE TRABAJO, por escrito, especificando el mismo, y con su conformidad.

1.8. OBRAS DEFECTUOSAS

El COORDINADOR puede retener una certificación, si se han observado por su parte obras defectuosas, reclamaciones o evidencias razonables de su probabilidad de que surjan reclamaciones. Dicha retención dejará de ser efectiva cuando estas causas desaparezcan.

Si el COORDINADOR, durante la ejecución de las obras o al finalizar las mismas, encuentra defectos por mala o deficiente calidad de los materiales de ejecución de alguna partida, y determine no obligar a rehacer las mismas al CONTRATISTA, podrá anular el precio contratado y pactar otro precio por las mismas, ajustado a la importancia del defecto observado a juicio del COORDINADOR.

1.9. LIQUIDACIÓN

El CONTRATISTA presentará, una vez finalizada la obra, una liquidación final cuyo importe será el del contrato con las modificaciones, si las hubiese.

1.10. PROPIEDAD DE LAS OBRAS

Todas las obras realizadas o materiales puestos en la obra por el CONTRATISTA serán, una vez pagados por certificación, propiedad de la PROPIEDAD, pero a efectos de reposiciones, reparaciones, etc., por robo o degradación, el responsable será el CONTRATISTA hasta la recepción provisional.

La PROPIEDAD puede ocupar para su actividad los locales, antes de que haya pronunciado la recepción provisional de la obra. El hecho de ocupar estos locales no invalida la responsabilidad del CONTRATISTA.

1.11. SEGUROS

Serán de cuenta del CONTRATISTA, la suscripción de pólizas de seguros que cubran los accidentes, daños o averías que su personal. Equipo o trabajos puedan sufrir y ocasionar al personal, equipo o instalaciones del resto de las empresas que trabajen en la obra. Asimismo, contratará pólizas de seguros que sean necesarias para cubrir la total responsabilidad civil o fianzas penales en los trabajos a realizar, daños a terceros, así como para los riesgos de incendio, y/o robos de material y/o maquinaria.

En el caso de que se produzcan daños entre el CONTRATISTA y otros constructores o instaladores participantes en la obra el CONTRATISTA se compromete



a resolver estos daños directamente con el constructor o instalador interesado, evitando cualquier reclamación que pudiera surgir hacia la PROPIEDAD.

1.12. LITIGIOS

Ambas partes, con renuncia expresa de su propio fuero, caso de que lo tuviesen, se someten expresamente a los Juzgados y Tribunales de Madrid, para cualquier diferencia, duda y/o discrepancia en la intervención del presente documento.

1.13. RUPTURA DEL CONTRATO

La PROPIEDAD puede decidir la ruptura de contrato, por los siguientes motivos:

- En caso de quiebra, suspensión de pagos o liquidación judicial del CONTRATISTA
- En caso de abandono de la instalación por el CONTRATISTA, si no hay incorporación al trabajo en un plazo de dos días, después del aviso del COORDINADOR.
- En caso de interrupciones reiteradas, sin abandono de la obra.
- En caso de retraso en la ejecución de los trabajos superior al 20% del tiempo total previsto para los mismos, siempre que sean por causa del CONTRATISTA
- En caso de fraude en cuanto a la calidad de los materiales de ejecución
- En caso de incumplimiento grave de las cláusulas del presente documento.

La ruptura de contrato obliga al CONTRATISTA a abandonar la obra y liberar el emplazamiento que ocupan sus instalaciones en el plazo de 2 días desde la fecha de la comunicación.

En este caso el CONTRATISTA no tiene derecho a percibir cantidad alguna hasta la terminación de la obra.

Si el saldo impagado del precio del contrato fuese mayor que los gastos de terminación de la obra contratada, la PROPIEDAD pagará el sobrante al CONTRATISTA.

En caso contrario, éste resultará deudor de la diferencia, que deberá abonar a la PROPIEDAD en la misma forma en que estén pactadas las condiciones generales de pago, y a partir de la fecha en que esté realizada la liquidación definitiva.

La PROPIEDAD podrá en caso de ruptura del contrato, contratar con otra empresa la continuidad de los trabajos comprendidos en el mismo, en la forma que estime conveniente para su mejor realización y acabado.

1.14. DAÑOS Y PERJUICIOS

La PROPIEDAD podrá reclamar al CONTRATISTA los daños y perjuicios que le ocasione por razón de las causas o de los efectos de la ruptura del contrato.

La valoración de los mismos podrá ser disponible por la PROPIEDAD, con el fondo de las retenciones de garantía o el valor de las obras realizadas, pendientes de cobro por parte del CONTRATISTA.



En este caso, la valoración de los daños y perjuicios se descontarán de la liquidación de obra presentada por el CONTRATISTA.

1.15. CAPACIDAD DE LA EMPRESA

El CONTRATISTA declara y garantiza que tiene la capacidad económica y humana para llevar a cabo la realización de la obra. Que conoce perfectamente y que se le ha suministrado toda la información requerida con respecto a las condiciones de ejecución de la misma, y que los planos, suministros y trabajos que ha de realizar son los necesarios para el correcto y fiel cumplimiento de este contrato en todos sus aspectos.

El CONTRATISTA mantendrá siempre los medios económicos y humanos para llevar a buen fin la obra objeto del contrato, informando fehacientemente al COORDINADOR sobre cualquier embargo o procedimiento ejecutivo o concursal que contra él se dicte, respondiendo en todo caso del buen fin de la obra descrita.

1.16. PARO DE OBRA

Si por cualquier causa, tiene lugar un paro en la ejecución de la obra, el CONTRATISTA no podrá reclamar aumentos de precios ni indemnización alguna, manteniéndose en todos sus términos las cláusulas del contrato.

El programa de obra se retrasará tantos días como dure el paro de la obra, debiendo el CONTRATISTA, a la reanudación de la obra, continuar los trabajos en un plazo máximo de cinco días a partir de la fecha de la misma comunicada por el COORDINADOR, y con los tiempos de ejecución marcados en el programa de la obra.

Todo lo expresado se aplicará hasta un paro máximo de cinco meses.

Pasado este tiempo, el CONTRATISTA podrá pedir revisión de los precios, aplicando los índices oficiales de revisión de precios.



2. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN

2.1. PERIODO DE PREPARACIÓN

Antes de la ejecución de los trabajos, o durante la ejecución de los mismos, el CONTRATISTA presentará, para su aprobación, los planos generales y de detalle de sus trabajos que sean necesarios a juicio de del COORDINADOR.

Asimismo, hará las provisiones de materiales, personal, etc., con antelación suficiente para la realización de los trabajos. No se admitirán por parte del COORDINADOR retraso por este concepto.

A petición del COORDINADOR el CONTRATISTA le entregará copias de los pedidos a sus proveedores en los que figure fecha de pedido, plazo de entrega y detalle de los materiales a suministrar.

2.2. REPRESENTANTES

El CONTRATISTA tendrá en permanencia en la obra, un técnico que pueda representarle, apto para tomar cualquier decisión. Éste no podrá ser cambiado sin previa comunicación por escrito por parte del CONTRATISTA, y aprobación por el COORDINADOR. Su misión consistirá en vigilar y ordenar los trabajos y recibir las órdenes del COORDINADOR. Éste podrá pedir al CONTRATISTA el cambio de su representante, si no lo considera apto para el desarrollo de sus funciones.

El representante del CONTRATISTA permanecerá en obra hasta que la recepción haya sido pronunciada.

El COORDINADOR notificará al CONTRATISTA, el técnico que le represente, quien ejercerá las funciones de coordinación y dirección de la obras, la de control en los trabajos y de vigilancia de la aplicación de los términos del contrato. Las instrucciones dadas por su representante tendrán carácter ejecutivo, y serán cumplidas por el CONTRATISTA, sin perjuicio de las demandas posteriores si las mismas no se ajustan a los términos del contrato.

2.3. REUNIONES DE OBRA

El COORDINADOR convocará al CONTRATISTA a cuantas reuniones de obra crea necesarias para el buen desarrollo de los trabajos y la coordinación con el resto de oficios.

El CONTRATISTA, por medio de su representante, tiene la obligación de asistir a las mismas. Presentará a petición del COORDINADOR o su representante, listados periódicos del personal y maquinaria que tengan en obra, distinguiendo categorías y oficios.

En caso de ausencia el COORDINADOR aplicará al CONTRATISTA una penalización de 250,00 €. En caso de retraso superior a 10 minutos, se aplicará una penalización de 100,00€. El importe de las penalizaciones se deducirá de las certificaciones mensuales.

El CONTRATISTA tiene la obligación de llevar a efecto las órdenes dadas por el COORDINADOR, O los acuerdos adoptados con otros CONTRATISTAS.



EL incumplimiento reiterado de las órdenes del COORDINADOR, a través de las personas que en obra le represente, será en último caso, motivo de rescisión de contrato. A este último, se podrá llegar a través de sanciones sucesivas que se fijan según el orden de gravedad.

- a) Orden verbal incumplida
- b) Orden escrita incumplida
- c) Multa de 100,00 €
- d) Multa de 500,00 €
- e) Multa de 1200,00 €

De lo acordado o establecido en cada reunión se levantará un acta que será firmada por todos los asistentes.

2.4. LOCALES PROVISIONALES

El PROMOTOR, indicará al CONTRATISTA el lugar y la superficie de terreno que podrá ocupar provisionalmente para la instalación de su oficina, taller o almacén en función de sus necesidades y del terreno disponible.

Este espacio reservado al CONTRATISTA para montar su almacén u oficina, tendrá que liberarse dentro de un plazo de quince días después de la fecha de terminación de la obra, señalada en el programa de obra.

En el mismo plazo se procederá a la limpieza del terreno ocupado, a la evacuación de sus deshechos y a la reparación de los daños causados.

En caso de retraso en el desmontaje de sus instalaciones o en limpieza del terreno ocupado, se aplicará una penalización de 500,00 € por día de retraso.

2.5. CONDICIONES GENERALES DE PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS

El CONTRATISTA habrá tenido en cuenta en la elaboración de su oferta, lo siguiente:

- Haber apreciado exactamente todas las necesidades para el perfecto desarrollo y ejecución de los trabajos, haber previsto todos los materiales y elementos, remates, sujeciones, etc., y en fin todo lo necesario para la correcta entrega de la obra, en todas sus cantidades y calidades.
- Haber procedido a una visita detallada del terreno, estudiando la configuración del mismo, accesos, dificultades, condiciones climatológicas, etc.

De la no observación de todo lo anterior será responsable el CONTRATISTA. No se aceptará por parte del COORDINADOR ninguna reclamación por dichas causas.

2.6. PERSONAL DEL CONTRATISTA

Todo el personal que emplee u ocupe el CONTRATISTA para la ejecución de la obra estará bajo la única dirección y responsabilidad del mismo, siendo cuenta de éste los pagos de salarios y/o jornales, así como la seguridad social del mismo y cualquiera otra responsabilidad derivada de esta relación. Dicho personal estará empleado de acuerdo con la legislación vigente.



La PROPIEDAD bajo ningún supuesto tendrá responsabilidad alguna, laboral o de seguridad social, sobre el personal que emplee u ocupe el CONTRATISTA.

El CONTRATISTA empleará en la obra únicamente personal competente y cualificado para la realización de los distintos trabajos, el COORDINADOR podrá exigir la retirada inmediata de todo el personal que a su juicio tenga un comportamiento defectuoso, negligente o sea incompetente para la realización de los trabajos del contrato, a juicio del COORDINADOR.

El CONTRATISTA presentará, mensualmente los boletines de cotizaciones a la seguridad social TC-1 y TC-2, tanto de su personal directo, como del personal de las empresas que tenga a su vez subcontratadas.

2.7. CALIDAD DE LOS TRABAJOS

El CONTRATISTA realizará las obras con los materiales y las calidades de ejecución indicados en LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS o, en su defecto, según las órdenes dadas por el COORDINADOR.

Cuando se adviertan por parte del COORDINADOR vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos instalados no reúne las condiciones perpetuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos, y antes de la recepción de la obra, el COORDINADOR podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas del CONTRATISTA.

SI el COORDINADOR tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos en las construcciones o instalaciones realizadas por el CONTRATISTA, ordenará efectuar en cualquier momento y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuoso.

Los gastos de demolición y reconstrucción serán por cuenta del CONTRATISTA.

Los controles de calidad de los materiales y su ejecución se realizarán según lo perpetuado en las normas explicativas indicadas en las Especificaciones Técnicas, adoptándose los criterios de no aceptación que señalen dichas normas.

El CONTRATISTA debe comunicar cuantos defectos crea observar, tanto de la documentación técnica como en las órdenes de ejecución recibidas, por escrito, cuando estos puedan influir en la calidad e idoneidad de los trabajos a realizar. En caso de no hacerlo, será responsable de los defectos y perjuicios que se puedan derivar de la ejecución de dichos trabajos.

2.8. MUESTRAS

El CONTRATISTA deberá someter a la aprobación del COORDINADOR muestras de todos los materiales y elementos de instalaciones que tengan que utilizarse.

Así mismo, el COORDINADOR podrá exigir los ensayos de materiales que crea necesario que sobre ellos fijan las Normas Técnicas correspondientes. El costo de los mismos correrá a cargo del CONTRATISTA.



2.9. HIGIENE, SEGURIDAD Y LIMPIEZA

El CONTRATISTA debe, durante el transcurso de la obra, asegurar la higiene y la seguridad de sus trabajadores, según lo ordenado en las vigentes normas de Seguridad y Salud en el Trabajo.

El mantenimiento en perfecto estado de los vestuarios y sanitarios provisionales corre a cargo de la Cuenta de Prorratio.

Los deshechos, escombros, etc., que se origine por su trabajo, se evacuarán directamente por su personal, manteniendo limpia la obra. Se organizarán días de limpieza general estando obligado el CONTRATISTA a disponer del personal necesario para la realización de este trabajo.

El incumplimiento de lo antedicho será penalizado por el COORDINADOR con una multa de 500,00 Euros.

El no cumplimiento de la limpieza cotidiana, será penalizado con la misma cantidad.

Además el COORDINADOR podrán hacer ejecutar la limpieza a otra empresa, con cargo al CONTRATISTA.

Las penalizaciones se descontarán al CONTRATISTA de la certificación mensual o de la liquidación de obra.

El CONTRATISTA será responsable de la seguridad de su personal, de su riesgo de accidentes y de los daños que produzcan a terceros. Antes de comenzar sus trabajos redactará y tramitará el Plan de Seguridad según R.D. 1627/97 de 24.10.97.

2.10. PLAZOS DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución de los trabajos quedan fijados en el programa de obra

Todo retraso de la fecha de terminación de una fase del programa o fin de obra, da lugar a penalizaciones por retraso impuestas al CONTRATISTA, pudiendo ser deducidas por parte del COORDINADOR de las certificaciones mensuales de obra.

Ningún trabajo puede ser comenzado si los planos elaborados por el contratista, no ha sido aprobados por el COORDINADOR.

Los retrasos producidos por la intemperie deberán recuperarse.

Caso de que se apreciaran retrasos durante la ejecución de las obras imputables al CONTRATISTA, éste tendrá la obligación de reforzar el personal y medios, hacer horas extraordinarias y aumentar el número de turnos, incluso con trabajos nocturnos y en festivos, sin que por ello aumenten los precios unitarios.

2.11. PENALIZACIÓN POR RETRASO

Las penalizaciones se aplicarán sin que sea necesario prevenir al CONTRATISTA.

El retraso se calculará con la simple comparación de la fecha de terminación del programa de obra con la fecha de terminación real.

El importe de la penalización se calculará sobre la base del 1% del valor inicial del contrato por día de calendario de retraso (UNO POR CIENTO).



Esta penalización se aplicará, tanto por retrasos de una fase del programa, como del conjunto de los trabajos.

En el caso de un retraso o mala calidad de ejecución, y después de haberlo señalado por escrito al CONTRATISTA, el COORDINADOR pueden, si su carta queda sin respuesta al cabo de 48 horas, hacer ejecutar los trabajos en retraso o rehacer los trabajos mal ejecutados por otra empresa y con cargo al CONTRATISTA.

2.12. HITOS DE FINALIZACIÓN DE LAS OBRAS

Los hitos de finalización de todos los trabajos de todas las especialidades, en cada zona, sujetos al cumplimiento del presente Pliego de Condiciones Generales a efectos de Penalización por Retrasos, se definen en la planificación contractual.

2.13. RECEPCIÓN PROVISIONAL

Con una antelación de veinte días, el CONTRATISTA comunicará al COORDINADOR la fecha en que prevé terminar totalmente la obra en base a los documentos contractuales y a las órdenes de cambio, a fin de que se fije día y hora en que se ha de efectuar la Recepción provisional.

Durante este periodo de tiempo, el COORDINADOR conjuntamente con el CONTRATISTA, revisarán exhaustivamente las obras, elaborando una relación, si procede, de defectos a subsanar y pruebas no superadas, relación que se adjuntará al Acta de Recepción Provisional.

En el día fijado por el COORDINADOR para la Recepción Provisional, se procederá en presencia del CONTRATISTA y de la PROPIEDAD a examinar exhaustivamente el estado de las obras y a comprobar si éstas cumplen las normas técnicas y cláusulas contractuales en cuanto a su ejecución.

La recepción provisional se realizará una vez que hayan sido llevadas a cabo satisfactoriamente, a juicio de la PROPIEDAD y del COORDINADOR todas las pruebas especificadas.

Si el estado de las obras fuera satisfactorio y las pruebas se hubieran superado, se extenderá por duplicado, y finalmente firmada por la PROPIEDAD. El CONTRATISTA y el COORDINADOR, el Acta de Recepción Provisional positiva, entregando un ejemplar al CONTRATISTA, que en plazo de seis días deberá retirar de la obra la totalidad de sus pertenencias.

En el supuesto de que el examen de la obra no fuera satisfactorio o de que no se hubieran superado las pruebas establecidas, el COORDINADOR extenderá un acta de Recepción negativa, por duplicado, en el que dejará constancia de los defectos observados y del plazo de quince días hábiles en que éstos deberán ser rectificadas y subsanados por el CONTRATISTA. Transcurrido dicho plazo, se llevará a cabo el examen y las pruebas a que se refieren los párrafos anteriores.

Si resultasen satisfactorios, se extenderá el Acta de Recepción Provisional positiva.

Los indicados exámenes, reconocimiento y pruebas se repetirán con idéntica reserva de derechos de la PROPIEDAD cuantas veces sea necesario hasta conseguir un resultado satisfactorio a criterio de la PROPIEDAD y del COORDINADOR.



Los nuevos plazos que se concedan al CONTRATISTA para subsanar las deficiencias halladas al efectuar la Recepción Provisional en ningún caso significarán prórroga de los plazos contractuales y, en consecuencia, el CONTRATISTA será responsable de las penalizaciones y/o indemnizaciones de daños y perjuicios en que incurra por tal motivo.

A los efectos contractuales sólo tendrá validez el Acta de Recepción Positiva.

En aquellos casos en que la PROPIEDAD o el CONTRATISTA declare resuelto el contrato, se procederá a efectuar la recepción provisional de aquellas obras que hasta entonces hubiese ejecutado o construido el CONTRATISTA. De dicha Recepción Provisional se levantará el correspondiente Acta, positiva o negativa, que deje constancia del estado en que se encontraba la obra o servicio en el momento de la resolución.

Antes de pronunciarse la recepción provisional el CONTRATISTA del Pavimento de la Galería Comercial entregará la póliza de seguro de coberturas, y prima abonada, por 10 años.

Para que sea pronunciada la recepción provisional, el CONTRATISTA deberá entregar la documentación final de obra descrita en le apartado “Contenido de los precios unitarios” y haber llegado a un acuerdo en la liquidación económica de la obra.

2.14. RECEPCIÓN DEFINITIVA

Una vez transcurrido un año desde la recepción provisional, se organizará una visita previa con el CONTRATISTA, y se establecerá un acta con los defectos a corregir.

La recepción no será efectiva, y por tanto, no se devolverán las retenciones por garantía hasta que las correcciones necesarias sean ejecutadas y aceptadas por el COORDINADOR.

Veinte días antes de que finalice el periodo de garantía establecido, el CONTRATISTA notificará a la PROPIEDAD el vencimiento de dicho periodo, solicitando la Recepción Definitiva de la obra. A la vista de tal solicitud, el COORDINADOR comunicará al CONTRATISTA la fecha fijada para la Recepción Definitiva.

En el día fijado por el COORDINADOR para la Recepción Definitiva, se procederá en presencia del CONTRATISTA a comprobar el estado de la obra y a verificar si cumple las condiciones exigidas, efectuando las pruebas que el COORDINADOR estime necesario en base a los Documentos contractuales. En caso afirmativo se extenderá por duplicado la correspondiente Acta de Recepción Definitiva, entregando un ejemplar al CONTRATISTA. El acta de recepción definitiva hará constar el total cumplimiento de sus obligaciones contractuales.

En el caso de que, a juicio de la PROPIEDAD no procediera la Recepción Definitiva, el CONTRATISTA dispondrá de 20 días naturales para subsanar los defectos observados. Transcurrido el plazo sin haber sido subsanados, la PROPIEDAD queda facultada para obtener la oportuna indemnización por daños y perjuicios.

Aquellas obras o elementos que el CONTRATISTA haya tenido que reconstruir, reparar, o sustituir durante el periodo que media entre la Recepción Provisional y la Definitiva, prorrogarán su período de garantía y por tanto, su plazo de recepción



Definitiva por el periodo de duración establecido, de la garantía después de su reconstrucción, reparación o sustitución.

En caso de resolución del contrato a instancia de la PROPIEDAD o del CONTRATISTA, se procederá a extender el Acta de Recepción Definitiva con los mismos requisitos y condiciones que los establecidos para la recepción provisional.

Si el CONTRATISTA, pese a haber sido citado, no asistiese a la Recepción Definitiva, el Acta unilateral levantada por la PROPIEDAD surtirá los mismos efectos que si la hubiera suscrito el CONTRATISTA.

2.15. LIQUIDACIÓN FINAL

La liquidación definitiva de las obras deberá llevarse a cabo previamente a la firma Acta de Recepción Provisional Positiva.

2.16. PLAZO DE GARANTÍA

El plazo de garantía es el comprendido entre la recepción provisional y la definitiva.

Durante este plazo, el CONTRATISTA, tendrá que corregir a su cargo cuantos defectos se produzcan.

En caso de no ejecución, el COORDINADOR podrá hacerlos realizar a otra empresa, con cargo al CONTRATISTA.

En el caso de que durante el plazo de garantía de un año, se observen defectos en las obras realizadas que requieran una corrección importante, a juicio de COORDINADOR, el Plazo de Garantía sobre los elementos a que se refiere este defecto, continuará durante otro año, a partir de la corrección de los mismos.

2.17. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE OBRA CIVIL

El contratista de obra civil realizará las vías provisionales de acceso a la obra a su cargo y los conservará con cargos a su cuenta de prorrateo.

El CONTRATISTA, a su cargo, señalará y mantendrá limpios los accesos.

Huecos y forros

El CONTRATISTA a petición del COORDINADOR, dejará cuantos huecos sean necesarios para el paso de instalaciones, o colocaciones diversas, en los elementos que construya o instale, susceptibles de paso de instalaciones.

Los huecos irán provistos de forros a suministrar por el instalador correspondiente, pero recibido y rematado totalmente por el CONTRATISTA, a su cargo, siempre que antes de la ejecución facilite los datos y materiales necesarios para su ejecución, en caso contrario, el CONTRATISTA hará los huecos y colocará los forros, pero con cargo al instalador correspondiente.

Niveles y replanteos

Para la realización de las obras objeto del presente contrato, el CONTRATISTA de obra civil, deberá tener en obra, personal especializado para el trazado de todo tipo de niveles, alineaciones, etc., realizados con aparatos taquimétricos adecuados.

Asimismo, colocarán referencias estables fijas para el origen de replanteos y los conservará. Todos los replanteos necesarios para la ejecución de las obras los hará a su



cargo. A petición del COORDINADOR señalará referencias de niveles cuando sean necesarios para las diferentes empresas presentes en la obra.

Los errores de nivelación que produzcan errores de ejecución a otros o a sí mismo, se corregirán con cargo al CONTRATISTA de obra civil

Señalización

El CONTRATISTA de obra civil deberá instalar carteles prohibiendo el paso a la obra y obligando al uso del caso y demás medidas de seguridad.

Limpieza de obra

El CONTRATISTA de obra civil realizará a petición del COORDINADOR 4 limpiezas totales de toda la obra.

2.18. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE ELECTRICIDAD

Acometida provisional

El CONTRATISTA deberá realizar a su cargo cuantas gestiones sean necesarias para la obtención de una acometida provisional de obra, con la potencia necesaria para la ejecución del conjunto de las obras

Acometida definitiva

Se consideran incluidos en el alcance de los trabajos del CONTRATISTA de electricidad los gastos producidos por la redacción de Proyecto de Legalización, dirección de obra y gestiones, según lo indicado en el punto 6º del capítulo “CONTENIDO DE LOS PRECIOS UNITARIOS”.

El CONTRATISTA deberá realizar, a su cargo cuantas gestiones y trabajos sean necesarios para la obtención y legalización de la acometida definitiva de electricidad.

No correrán a su cargo las Tasas y Derechos de acometidas.

2.19. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE FONTANERÍA

Acometida provisional

El CONTRATISTA deberá realizar, a su cargo, las gestiones necesarias para la obtención de una acometida provisional de agua de la conducción más cercana.

Acometida definitiva

El CONTRATISTA deberá realizar, a su cargo cuantas gestiones y trabajos sean necesarios para la obtención de la acometida definitiva de agua según se indica en el punto 6º del capítulo “CONTENIDO DE LOS PRECIOS UNITARIOS”. No correrán a su cargo los gastos, tasas, etc., de dicha acometida.

2.20. TRABAJOS A CARGO DE TODOS LOS CONTRATISTAS

Huecos y forros

Cada CONTRATISTA deberá comunicar todos los huecos que se deban dejar en los elementos que se construyan por las diversas empresas presentes en obra, para el paso de sus instalaciones, con todos los datos necesarios, así como suministrar los forros necesarios. Estos trabajos correrán a su cargo si no da las informaciones o entrega los materiales antes de la ejecución de los elementos antedichos.

Reportaje fotográfico



Cada contratista facilitará a la PROPIEDAD mensualmente dos colecciones de fotografías en tamaño 13 x 18 cm, en número mínimo de 20, que recojan la evolución de los trabajos en este periodo. Al menos 6 de ellas mostrarán una vista general de la obra, siempre desde el mismo ángulo.

2.21. DOCUMENTACIÓN PARA OFERTAR

El conjunto de documentos que el CONTRATISTA debe presentar en su oferta, son los siguientes:

1. Carta de compromiso, según modelo anexo
2. Carta de compromiso de independencia económica y funcional con las empresas que gestionan el proyecto.
3. Presupuesto detallado según el estado de mediciones del proyecto.
4. Anexo con las correcciones del proyecto
5. Lista de precios de los diferentes materiales y maquinaria a emplear, a pie de obra, incluido gastos generales, medios auxiliares y beneficio industrial
6. Relación de precios horarios de la mano de obra a emplear, incluidos gastos generales, medios auxiliares y beneficio industrial
7. Fotocopia de los contratos de seguro (solo en caso de adjudicación)
8. Lista de medios humanos y maquinaria a emplear en cada fase de obra
9. Una nota indicando sus necesidades de electricidad
10. Porcentaje de gastos indirectos y beneficio industrial a aplicar en los precios contradictorios y administración

2.22. CUENTA DE GASTOS A PRORRATEO

Gastos

Los gastos siguientes se repartirán entre todas las empresas sin excepción, proporcionalmente al importe de sus presupuestos:

- A. Cartel de obra con los nombre y direcciones de la Propiedad y la Ingeniería, el número y fecha de la licencia de los trabajos, el anagrama y rotulo del Centro Comercial e Hipermercado y los nombres de las empresas adjudicatarias, así como la lista de capítulos.
- B. Oficina para Propiedad, Ingeniería y Salas de reuniones de Coordinación, totalmente equipada, con climatización, telefonía, fax y fotocopiadora, incluido en la cuenta de prorrateo.
- C. La Seguridad de la Obra se resolverá según lo dispuesto por el R.D. 1627/97 de 24.40.97 y conforme:
 1. Estudio de seguridad y salud de la totalidad de la obra será elaborado por un Técnico Competente de la Ingeniería, visándolo en el Colegio Profesional.
 2. Cada CONTRATISTA a su cargo, redactará y tramitará el Plan de Seguridad específico de sus trabajos, siguiendo las directrices del Estudio de Seguridad.



3. La coordinación en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de las obras, será desarrollada por un Técnico Competente designado por la PROPIEDAD.
 4. Las medidas de Seguridad Generales (no específicas de los trabajos y trabajadores de cada CONTRATISTA)
- D. La instalación provisional eléctrica (montaje y desmontaje) así como su mantenimiento. La instalación constará de doce cuadros repartidos en el interior del edificio, equipados cada uno con seis salidas de 230 V y dos a 400 V, con sus protecciones magnetotérmicas y diferenciales correspondientes
- Caso de no obtener a tiempo la acometida provisional, se resolverá con grupos electrógenos, hasta tanto no quede resuelto el suministro por la Compañía Eléctrica.
- Todos los cables a utilizar en las derivaciones por los contratistas, deberán tener una protección mecánica adecuada según el uso y nivel de aislamiento mínimo de 0,6/1 kV.
- La Contrata de Estructura metálica, cerrajería o cualquier otra que utilice equipos de soldadura u otros, con potencia superior a 10 kW, deberá resolver a su costa esta necesidad, bien sea con grupos electrógenos o acometida eléctrica particular.
- E. La instalación provisional de agua (montaje y desmontaje), así como su mantenimiento. La instalación constará de tomas repartidas en el perímetro exterior del edificio, equipada cada una de ellas con válvula y racor de 3/4".
- F. Vestuarios y sanitarios provisional generales para todo el conjunto de la obra, incluido en la cuenta de prorrateo
- G. Consumos de agua y electricidad de las instalaciones provisionales
- H. Mantenimiento y limpieza en perfecto estado de los vestuarios y sanitarios provisionales
- I. Consumo de agua, electricidad, teléfono y consumibles de la caseta de COORDINACIÓN.
- J. Reparaciones y reposiciones en las redes provisionales de agua, electricidad, teléfono y alumbrado.
- K. Combustibles y mantenimiento de grupo electrógeno en caso de no tener acometida de Compañía
- L. Los gastos de interés general decididos por el COORDINADOR.
- M. Vigilancia de accesos
- N. Vallado de obra

Alimentación de la cuenta de prorrateo

Una deducción provisional del 3% (tres por ciento) se efectuará en las certificaciones de cada empresa para el pago de los gastos de la cuenta de prorrateo.

Esta deducción es provisional, pues en el caso de que los gastos superen esta cantidad, se efectuará una deducción en las liquidaciones proporcional al importe de los presupuestos finales de liquidación.

Justificantes

Cada trabajo o gasto deberá acompañarse de una factura y justificante de horarios, alquileres, compras de materiales, etc.

Las facturas se presentarán en dos ejemplares.



Las facturas comprenderán:

- Los gastos de mano de obra
- Los gastos de materiales suministrados a precio de costo

Pagos

Las facturas se presentarán al COORDINADOR el día 15 de cada de mes, para su verificación y aprobación.

Las facturas que no se presenten en un plazo máximo de 30 días después de la realización del trabajo, no se pagarán.



3. ANEXO: MODELO DE CARTA DE COMPROMISO

(MEMBRETE DE LA EMPRESA)

D. _____, apoderado de la Empresa _____, cuyo domicilio social está situado en _____, actuando en nombre y por cuenta de dicha empresa, después de haber tomado perfecto conocimiento de todos los documentos del proyecto concerniente a los trabajos de _____, constituyendo el capítulo nº _____, para el acondicionamiento de un Hipermercado situado en la Calle Valgrande nº 1 en Majadahonda me someto y comprometo con HIPERCOR, S.A., promotor, a ejecutar dichos trabajos por un precio total alzado de _____ (en número y letra, en euros).

Este precio se justifica y se descompone en el estado de mediciones valoradas con los precios unitarios alzados, adjuntados a la presente. El precio está actualizado a las condiciones económicas presentes y no será revisado.

Me comprometo a ejecutar los trabajos correspondientes, de acuerdo con las Especificaciones y los Planos del proyecto, en los plazos que se indican en el Programa de Obra, y según las prescripciones señaladas en el Pliego de Condiciones.

Certifico que la Empresa está en regla en los pagos de impuestos y cuotas previstos por la ley.

La forma de pago será prevista en el Pliego de Condiciones.

Y para que conste, lo firmo en _____ a _____ de _____ de dos mil _____

(SELLO Y FIRMA)



4. CONDICIONES TÉCNICAS

4.1. DISPOSICIONES GENERALES

4.1.1. ALCANCE DEL SUMINISTRO

Comprende el suministro de equipos, materiales, servicios, mano de obra y las ejecuciones necesarias para dotar a este edificio de las instalaciones frigoríficas que se describen en los planos y demás documentos de este proyecto de acuerdo con los reglamentos y prescripciones vigentes y en concreto los trabajos que se relacionan a continuación:

- a) Centrales de producción de frío industrial.
- b) Sistema de condensación de central positiva incluso recuperación de calor.
- c) Sistema de condensación de central negativa.
- d) Evaporadores de cámaras frigoríficas positivas y negativas.
- e) Desagüe de evaporadores.
- f) Tuberías frigoríficas y accesorios.
- g) Aislamiento de tuberías y accesorios.
- h) Cuadro general centralizado de fuerza y maniobra de las instalaciones.
- i) Cuadro de alumbrado de muebles frigoríficos.
- j) Instalación eléctrica de fuerza, control, mando, y regulación.
- k) Conjunto de elementos de regulación y automatismo.
- l) Elementos de medidas correctoras y seguridad.
- m) Instrucciones de uso, mantenimiento y legalizaciones.

4.1.2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

Otros trabajos correspondientes al proyecto del instalador frigorista serán:

- a) Obtención y abono de los permisos, certificaciones y proyectos de aprobación necesarios en los organismos oficiales con jurisdicción al respecto.
- b) Prueba de puesta en marcha de la forma que más adelante se especifica en este documento.
- c) Planos finales de obra acabada según se especifica más adelante.
- d) Coordinación y colaboración con los instaladores de las restantes especialidades técnicas, eléctricas, mecánicas, decoración etc., bajo control de la Dirección de Obra.

4.1.3. ALCANCE DE LAS ESPECIFICACIONES

4.1.3.1. Generalidades

Estas especificaciones fijan el nivel de calidad mínimo de características técnicas.

El hecho de que en mediciones se indique marca y modelo de algún material, se hace como simple orientación de una calidad y tamaño, por tanto, en el caso de ofertarse otros materiales, han de ser como mínimo de la misma calidad y cantidad debiéndose presentar estas soluciones como variantes y quedando a juicio de la Dirección de Obra su aceptación o rechazo.



Todos los accesorios que sean necesarios para la perfecta terminación de las instalaciones, se consideran que serán suministrados y montados por el instalador sin coste adicional, por tanto, se interpreta que están incluidos como parte proporcional en los precios unitarios de los materiales descritos en las mediciones.

4.1.3.2. Materiales y equipos

En el caso de que así lo solicite la Dirección, el instalador presentará cuantas muestras y/o catálogos, especificaciones o planos que se le indiquen, así como el plan de obra y suministro con indicación de los puntos críticos para la terminación de la obra con el fin de evitar problemas posteriores.

4.1.3.3. Varios

- a) Es responsabilidad del Instalador el uso de piezas, accesorios y demás materiales, su instalación y montaje de acuerdo con los Reglamentos, normas y prescripciones descritas anteriormente.

- b) Documentación :

b.1. Al concurso

El concursante deberá entregar, en apoyo de su oferta, por duplicado los siguientes documentos:

- Marcas, modelo, rendimiento y características técnicas de los aparatos ofertados (caudales, potencia eléctrica y térmica, etc.).
- Calidades de acabados.

b.2. De ejecución

El adjudicatario facilitará antes de comenzar la instalación, tres juegos de planos de montaje, incluido esquemas a la Dirección Facultativa, sin que esto sea objeto de modificación en los plazos de ejecución y/o responsabilidad de las condiciones a mantener en las instalaciones.

Los planos de ejecución y de montaje son a cargo del adjudicatario y deberán tener todas las precisiones necesarias para la comprensión de la instalación. Dispondrán como mínimo de la siguiente información:

- Esquema de principio general.
- Plano de situación de desagües, saneamiento, bancadas, apoyo de máquinas y puntos de cruce de forjados, techos, etc.
- Recorrido de tubería y conducciones, indicando dimensiones y tipo de material a utilizar.
- Marca y modelo del material a instalar.
- Potencia eléctrica y térmica.
- Caudales.
- Velocidad de motores.
- Regulación.
- Equipo eléctrico.
- Instalaciones anexas necesarias.
- Soportes de anclaje de tubería.

b.3. A la recepción de los trabajos

El adjudicatario, deberá entregar:



- 1 esquema general de funcionamiento bajo cuadro de cristal.
- 3 ejemplares de todos los planos y esquemas conformes a la instalación realizada.
- 1 juego de vegetales o reproducibles de lo citado anteriormente.
- 3 ejemplares del documento de la instalación, comprendiendo:
 - Ficha técnica de los materiales instalados indicando su procedencia.
 - Comportamiento de la instalación como resultado de los ensayos realizados (temperaturas, presiones, caudales, potencias, puntos de consigna, etc.).
 - Normas de uso y mantenimiento de la instalación.

b.4. Gastos

Los instaladores cuyas instalaciones requieran una legalización (adicional al permiso de construcción del Ayuntamiento) ante Organismos Oficiales, deberán incluir en sus precios el importe correspondiente al proyecto y visado respectivo.

4.2. MATERIALES

La Propiedad se reserva el derecho de poder quitar del Contrato alguna de las partes o equipos de las instalaciones que se detallan en él.

4.2.1. ESPECIFICACIONES DE CARACTER GENERAL

Todos los equipos y materiales que se empleen en la instalación, cumplirán lo siguiente:

- Estarán fabricados de acuerdo con las normas vigentes.
- Serán de la mejor calidad.
- Serán de fabricación normalizada y comercializados en el mercado nacional.
- Tendrán las capacidades que se especifican.
- Se montarán siguiendo las especificaciones y recomendaciones de cada fabricante siempre que no contradigan las de estos documentos.
- Estarán instalados donde se indica de forma que se pueda realizar el mantenimiento o reparación sin emplear tiempos y medios especiales. Todos los elementos tienen que ser fácilmente accesibles y desmontables, previendo el instalador el espacio necesario para ello aunque no esté especificado.

4.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES

4.2.2.1. Tuberías de Refrigerante (R-404 A)

De cada una de las centrales de refrigeración partirán varias líneas de tuberías de refrigerante, que se irán ramificando en función de los servicios que deban atender. En cualquier caso la tubería utilizada deberá ser de cobre, especial para refrigeración, decapada y deshidratada, con los espesores adecuados a la norma UNE-EN-12735-1 de 2001.



Los accesorios de cobre serán de las Marcas NIBCO, MUELLER BRASS o similares, con calidad contrastada.

Como regla general el cálculo y tendido de tubería, deberá ejecutarse de acuerdo con las condiciones técnicas que a continuación enumeramos:

TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN

Pérdidas de Carga admisibles (dinámicas y estáticas):

- Con valores de aspiración de -7 °C a -13 °C → 0.20 a 0.17 bares
- Con valores de aspiración de -28 °C a -35 °C → 0.75 a 0.06 bares

Velocidades del gas (mínimas/máximas):

TRAMOS ASCENDENTES:

- Con valor de aspiración de -7 °C → de 6 a 11 m/s (*)
- Con valor de aspiración de -13 °C → de 7 a 11 m/s (*)
- Con valor de aspiración de -28 °C → de 9 a 12 m/s (*)
- Con valor de aspiración de -35 °C → de 10 a 13 m/s (*)

(*) según diámetros de tubería

TRAMOS HORIZONTALES O DESCENDENTES:

- Con valor de aspiración de -7 °C a -13 °C → 4 m/s
- Con valor de aspiración de -28 °C a -35 °C → 5/6 m/s

Ejecución del tendido de tubería:

TRAMOS HORIZONTALES: deberán disponer de una ligera pendiente de caída hacia la Sala de Máquinas.

TRAMOS ASCENDENTES: deberán incorporar sus correspondientes trampas para el aceite (sifón y contrasifón), que faciliten el retorno de aceite al sistema de compresión. Los tramos que atiendan dos o más servicios frigoríficos independientes, deberán ejecutarse en forma de doble columna o de aspiraciones independientes para cada servicio.

ACOMETIDAS A LINEAS GENERALES O PARCIALES: las acometidas de las tuberías de aspiración de los servicios frigoríficos deberán efectuarse, siempre, en la parte superior de las tuberías.

TUBERÍAS DE DESCARGA

Como pérdida de carga admisible se considerará la equivalente a 1 °C, o un máximo de 0.35 bares.

La velocidad en tramos horizontales será de 3.5 m/s, y en tramos ascendentes estará comprendida entre 7 y 9 m/s.

Ejecución:

TRAMOS HORIZONTALES: deberán disponer de una ligera pendiente en el sentido de la circulación del gas.

TRAMOS ASCENDENTES: los correspondientes a cada central, deberán ser realizados en forma de doble columna y válvula de purga para incondensables en la parte más alta de la tubería.

(*) En general se debe aplicar el mismo concepto que a los de aspiración.

TUBERÍAS DE LÍQUIDO

La pérdida de carga admisible no deberá ser mayor a la equivalente de 0.35 a 0.4 bares.

Velocidad:

- Condensador a recipiente de líquido de 0.4 m/s
- Resto entre 0.5 y 0.8 m/s

**Ejecución:**

- Deberán discurrir paralelas a las de aspiración.
- Todas las derivaciones se deberán efectuar por la parte inferior de las tuberías.

Soportes de tuberías:

- Se efectuarán por medio de canal aéreo ciego. La sujeción se realizará mediante soportes transversales al canal, varilla roscada de M-8 y perrillos metálicos de sujeción.
- El canal deberá estar suficientemente dimensionado para servir de "cama" a las líneas que por él discurran, no aceptándose en ningún caso el soporte de unas sobre otras (discurrirán en una sola capa).

4.2.2.2. Aislamiento de las tuberías

El aislamiento térmico de los circuitos frigoríficos y de los aparatos, se realizará (o completará) con posterioridad a los controles y pruebas de estanqueidad (RSF IF-010).

El material utilizado será espuma elastomérica de estructura celular cerrada, flexible, con las siguientes características técnicas:

- Conductividad térmica a 0°C 0,035 W/m°C
- Permeabilidad al vapor de agua 0,038 g.cm/m² día m.m.Hg.
- Tipo de marca Comercial AF/ARMAFLEX
- Espesor nominal 13 mm en refrigeración y 19 mm en congelación.

4.2.2.3. Válvulas de seguridad

Las válvulas de seguridad, de igual que el resto de dispositivos de protección (disco de rotura, etc.) serán de primera marca reconocida en el mercado (Danfoss, Alco, Castel) timbradas y taradas a una presión inferior a la de timbre y/o 1,2 veces la presión de estanqueidad.

La descarga, deberá hacerse obligatoriamente al exterior del edificio y en un lugar debidamente ventilado.

4.2.2.4. Válvulas general

Todas las válvulas a emplear en las instalaciones serán de primera marca reconocida en el mercado (Danfoss, Alco, Castel) y, salvo casos de excepción, con conexión para soldar.

La totalidad de estos elementos instalados en tubería de cobre deberán tener apoyos independientes de las tuberías, de resistencia y seguridad elevada.

Las válvulas de seccionamiento deberán estar rotuladas y/o numeradas debidamente.



4.2.2.5. Manómetros

Los manómetros estarán graduados en unidades de presión, siendo adecuados para los fluidos frigoríficos que se utilicen, debiendo encontrarse el elemento indicador (aguja) sumergida en baño de glicerina.

Los manómetros instalados en el sector de alta presión, deberán tener una escala de 1,5 veces la presión de servicio.

La presión de servicio máxima de la instalación estará indicada claramente con una fuerte señal roja.

Todos los manómetros serán tipo esfera de diámetro mínimo de 80 mm. en caja cromada o de acero inoxidable.

4.2.2.6. Motocompresores

Serán alternativos semiherméticos de simple etapa y aptos para refrigerantes R-404 A (centrales positiva y negativa).

El engrase será a presión con bomba autorreversible con sistema de separación de aceite aspirado y retorno al cárter mediante inyección forzada.

El sistema de protección del motor incluirá protección electrónica mediante termistores embebidos en el devanado, y un modulo protector externo con funciones complementarias tales como: Fallo de fases, retardo de arranque (evitar ciclos cortos) control de más de 2 sondas.

Los compresores dispondrán además de:

- Sistema de arranque sin carga completo.
- Calefactor de carter.
- Presostato diferencial de aceite.
- Rotor con devanado partido (Part Winding).
- Válvula interna de seguridad por sobrepresión.
- Ventiladores de culata en los de central negativa.

4.2.2.7. Sistema de control de aceite

Cada una de las centrales frigoríficas, dispondrá de los correspondientes "sistemas de control de aceite" marca AC y R integrado por los siguientes elementos básicos:

- a) SEPARADOR DE ACEITE
- b) RECIPIENTE DE ACEITE
- c) REGULADOR NIVEL DE ACEITE
- d) FILTROS DE ACEITE

El separador de aceite se instalará en posición vertical en la zona próxima al grupo de compresores y será de la serie S-1900.

El recipiente de aceite dispondrá de 2 visores de nivel, línea de descarga en la parte superior con conexión a la línea de aspiración. Además dispondrá de válvula de presión modelo S-9104 en el recipiente, para asegurar un adecuado suministro de aceite de los reguladores de nivel.



Los reguladores de nivel de aceite con válvula de flotador se instalarán en cada cárter de compresor mediante el kit correspondiente.

Los reguladores serán modelo S-9130. En la línea que alimenta el regulador de nivel se instalarán los correspondientes filtros de aceite de tamiz, con baja caída de presión modelo S-9105.

4.2.2.8. Condensadores

Serán condensadores por aire remotos, y de tipo helicoidal.

Todos sus componentes y aparellaje, estarán preparados para funcionamiento a intemperie, con envolvente en aluminio y acero galvanizado.

Todas las partes móviles tendrán suspensión elástica, y amortiguadores antivibratorios en la vinculación de patas de apoyo - estructura de bancada.

Los condensadores de aire serán seleccionados con una diferencia máxima de 10 K, entre el medio refrigerante y la temperatura de condensación; con baterías de cobre-aluminio.

4.2.2.9. Evaporadores

Estarán contruidos con batería de tubo de cobre y aleta de aluminio, la envolvente será metálica construida en chapa de aluminio lacada ó acero inoxidable.

Estarán seleccionados en función del DT de diferencia de temperatura entre el refrigerante y la temperatura de consigna de la cámara.

Serán capaces de mantener una humedad relativa de 85% en las cámaras de conservación.

Los dotados de desescarche eléctrico, dispondrán de resistencias blindadas de acero inoxidable.

Todos los sistemas de desescarche serán automáticos, estarán dotados de los mecanismos necesarios para evitar que la aportación de calor se transmita a la cámara y el calor sea el justo para quitar el hielo de los serpentines; como termostatos fin de desescarche y retraso de funcionamiento de ventiladores.

Los evaporadores de techo, estarán dotados de doble bandeja de condensación, o estar ésta aislada, o cualquier otro sistema que impida las condensaciones en el exterior de la envolvente.

4.2.2.10. Electricidad

El adjudicatario partirá de una alimentación de 380 V III+T+N, que dispondrá en las proximidades del cuadro general y con longitud suficiente para llegar hasta éste.

La conexión de la alimentación eléctrica al cuadro, es parte de los trabajos de esta partida.

El mando o maniobra de la instalación funcionará con tensión procedentes de un transformador que se instalará en el cuadro únicamente para este fin.

El material eléctrico será de las siguientes calidades y tipo:



- CABLES tipo VV 0,6/1 KV según Normas UNE de las siguientes características :

Conductor:	Cobre.
Número:	Unipolar si no se indica lo contrario en los planos.
Cuerda:	Cilíndrica.
Tipo aislamiento:	PVC
Armadura:	No
Cubierta:	PVC
Tensión aislamiento:	0,6/1 KV
Instalación:	En bandeja, peinado y fijado a ella cada metro, con grapas de plástico o amagnéticas. En tubo, todos los cables del mismo circuito en el mismo tubo, incluido el cable de tierra. Sin empalmes dentro de conductores. Se introducirá en los tubos después de instalados éstos.
Dimensiones:	Sección mínima: 2,5 mm ² , para circuitos de fuerza y alumbrado y 1,5 mm ² para circuito de mando.

- BANDEJA PORTACABLES PERFORADA DE ACERO GALVANIZADO de las siguientes características:

Tipo:	Bandeja portacables perforada, acero galvanizado en caliente.
Ejecución:	Espesor según tipo. Altura del ala: 30 mm., salvo indicación expresa. Distancia mínima al techo: 200 mm., exceptuando en casos justificados. Distancia entre sujeciones: de acuerdo con el peso a soportar. Unión entre tramos: Mediante pieza prefabricada del mismo fabricante. Curvas y cambios del plano: De acuerdo con el radio mínimo de curvatura de los cables. Con piezas prefabricadas. Sujeciones: Al techo mediante perfil en U de acero y varilla roscada con imprimación antioxidante. A la pared mediante pieza adecuada. La bandeja irá atornillada al soporte. Los tornillos serán de cabeza redonda en los bordes. Fijaciones: A hormigón mediante clavos Spit. A estructura metálica con soldadura. Accesorios: Los codos, las derivaciones y las reducciones, se realizarán con piezas prefabricadas del mismo fabricante y modelo. La tapa será del mismo material y se instalará sólo en caso de que se especifique. Tornillería: Cadmiada. Tapa: En toda su longitud.



- TUBO DE ACERO GALVANIZADO PARA PROTECCIÓN DE CABLES de las siguientes características:

- Tipo: Tubo de acero galvanizado y roscado, con rosca PG, de medidas normalizadas.
- Instalación: Grapado y de acuerdo con el Reglamento. Electrotécnico de Baja Tensión.
- Fijaciones: Distancia entre Fijaciones: 0,8 M. máximo.
A hormigón y estructura metálica clavo Spit y abrazadera metálica.
A bovedilla y obra de fábrica mediante tornillos en taco de expansión y grapa de doble pie o abrazadera.
- Unión a cajas: Roscado directamente y con contratuerca o con tuerca y contratuerca. El extremo libre del tubo se protegerá con una boquilla roscada de plástico, antes del tendido de cables, para no dañar estos.
- Curvas: Realizadas "in situ" según recomendaciones del fabricante y con radio de giro de acuerdo con los cables de su interior y reglamentación.
- Dimensiones: Diámetros normalizados.
Longitudes de 3 m.
- Instalación: Curvas con un radio mínimo de 8 veces el diámetro exterior.
La suma de las curvas en un mismo tramo no debe superar los 270°. En caso de superarlos se instalará una caja intermedia.

- CAJAS DE DERIVACIÓN Y REGISTRO de las siguientes características:

- Tipo: Cajas de derivación y registro metálicas de fundición de aluminio con tapa atornillada.
- Forma: Rectangular o cuadrada.
- Derivaciones: Regletas de bornas de derivación.
- Fijación: A hormigón y estructura metálica mediante clavos Spit, arandelas y tuercas metálicas.
A bovedillas y obra de fábrica mediante tornillos en tacos de expansión.
- Fijación tapa: Con tornillos.
- Entradas: Roscadas o libres.
- Dimensiones: De acuerdo con las entradas y salidas de tubos y cables y conexiones a realizar en su interior, mínimo de 100x100 mm.

Dimensiones de las bornas de derivación:

Cable	Borna
1,5 mm ²	4,0 mm ²
2,5 mm ²	6,0 mm ²
4,0 mm ²	10,0 mm ²



4.2.2.11. Cuadros eléctricos

El cuadro general de Frío Industrial a instalarse en Sala de Máquinas será tipo armario vertical con pupitre y esquema sinóptico, construido en chapa metálica de 2 mm. de espesor. Debe ser estanco a la humedad y al polvo, protección IP 44.

El interior será accesible frontal y posteriormente, mediante puertas de construcción estanca con juntas de goma, que giran sobre bisagras interiores, puestas a tierra con trenza de cobre flexible.

Dicho cuadro general estará construido con resistencia mecánica adecuada a su intensidad de cortocircuito y estarán dotados como mínimo de:

- Puertas con manillar cromado y juntas de neopreno con puesta a tierra mediante trenza de cobre flexible.
- Envoltente en chapa protegida con pintura antióxido y acabado con pintura al horno.
- Equipo de medida de tensión e intensidad por cada fase.
- Aparellaje montado sobre placa independiente al fondo del armario debidamente identificable, mediante etiquetas grabadas en blanco con fondo negro.
- Regleta general de conexión situada a más de 0,5 m de la parte inferior del cuadro y en posición inclinada para su fácil accesibilidad y lectura de las señales.
- Cableado interno totalmente señalizado en correspondencia exacta con el esquema definitivo. La ejecución será bajo canaleta mediante hilo flexible sección mínima 1,5 mm².
- Entradas y salidas de cables en armarios mediante prensaestopas estancos.
- Borna(s) de tierra fácilmente identificable.
- El mando y la señalización estará en el frente del (los) cuadro(s).
- El mando de los aparatos con regulación tendrán marcha/paro/auto. El de los sin regulación marcha/paro.
- Protección general en cabeza por disyuntor de mando exterior tipo "seta".
- Dos bornas resumen de alarmas libres de potencial, resumen de todas las alarmas del cuadro.
- Protección diferencial por cada línea principal.
- Interruptores magnetotérmicos.
- Contactores para compresores con protección térmica.
- Contactores para resistencias de desescarche.
- Relés auxiliares de mando y maniobra.
- Temporizadores para compresores (arranques retardados).
- Temporizadores para vitrinas y cámaras.
- Alimentación a 220 V, 2 fases + tierra, para circuito de mando.
- Pilotos de señalización.
- Dispondrá de la señalización de todos los circuitos de la instalación, marcha y paro de los motores, desescarche, alarmas, etc., y desde él se podrá gobernar totalmente la instalación.
- Dispondrá así mismo, de un circuito de pruebas de lámparas.
- El cuadro se dotará de ventiladores con mando termostático.



El cuadro de alumbrado para el mobiliario frigorífico, se situará dentro del cuadro eléctrico y dispondrá en su interior de los siguientes elementos básicos:

- 1 interruptor general omnipolar.
- 1 interruptor magnetotérmico por cada línea principal (coincidente con cada línea de mobiliario).
- 1 protección diferencial por cada línea.
- 1 interruptor manual de encendido/apagado por línea.

Todos los elementos, circuitos y dispositivos se encontrarán debidamente protegidos, rotulados e identificados de un modo tal que cualquier persona del servicio de seguridad/mantenimiento pueda maniobrar las secuencias de encendido ó apagado.

Se prestará la máxima atención en el conexionado de receptores monofásicos para equilibrar el consumo de fases.

El material eléctrico a utilizar será marca:

ABB - METRON
MERLIN GERIN ó
KLÖCNER - MOELLER

Se instalará en el sinóptico de caja central, alarma óptica y acústica desde el cuadro eléctrico.

4.2.2.12. Instalación de cables

La instalación partirá desde el cuadro situado en la sala de máquinas y desde éste llevará alimentación a todos los receptores mediante un tendido de bandeja-canal por el que irán todos los cables de potencia y los de maniobra.

Se colocará una separación en la bandeja entre las líneas de fuerza y de maniobra.

Los bajantes desde la bandeja hasta los receptores y la instalación eléctrica de fuerza y maniobra en el interior de la Sala de Máquinas, se hará con tubo de acero galvanizado rígido y la entrada a los receptores se efectuará con tubo de acero flexible y racores de acoplamiento.

4.2.2.13. Sistema de regulación de centrales frigoríficas y condensadores

Descripción Básica del Sistema

Mediante tres microprocesadores (uno independiente para cada central), se realizará el control de cargas de las mismas. Se trata de controlar a:

- Mediante las señales, (+) y (-) de un transductor de presión, se controlará el funcionamiento creando un ciclo de 5 etapas en las centrales positiva y negativa, y de 2 etapas en la de obradores.
- Suponiendo que acabamos de dar tensión al sistema, no habrá ningún compresor funcionando.
- Si el transductor de presión activa la señal (+), entrará el primer compresor (después de un cierto tiempo en que habrá entrado su correspondiente válvula de arranque descargado).
- Si pasado un tiempo, el transductor sigue activando su señal (+), el sistema mandará entrar al segundo compresor y así sucesivamente.



-

Rotación de Cargas

El sistema prevé una rotación de forma periódica en el orden de encendido-apagado de cargas (compresores), a fin de asegurar un tiempo de funcionamiento similar para todos.

El orden de rotación será:

COMPRESORES

- 1º) 1-2-3-4-5
- 2º) 2-3-4-5-1
- 3º) 3-4-5-1-2
- 4º) 4-5-1-2-3
- 5º) 5-1-2-3-4

De forma igual para central (-O°C) y ventiladores de condensadores.

En el momento de producirse la rotación se apagará una carga, y otra entrará en su lugar.

Para salvar la eventualidad de una avería en uno de estos sistemas provocando el paro de este, se instalará un sistema eléctrico que permita anular cualquiera de los dos microprocesadores, permitiendo el funcionamiento manual del sistema hasta la reparación del elemento averiado.

4.2.2.14. Gestión centralizada

El sistema de Gestión Centralizada será de las Marcas DANFOSS, o TELEVIS y constará como mínimo de los elementos y realizará las funciones que se describen a continuación.

Descripción de los elementos.

- Módulo Base.

Este módulo es común para todo tipo de servicios (muebles o cámaras). La configuración para los distintos funcionamientos (isla, mural, vitrina, cámara, etc.), se realiza por ordenador, al mismo tiempo que se fijan en ella todos los parámetros de regulación. Cumpliendo, como mínimo, las funciones siguientes:

- Programador de desescarche.
- Termostato ambiente.
- Termostato fin de desescarche.
- Contactor auxiliar de retardo de ventiladores.

- Pantalla de módulo.

Incorporada en cada servicio esta pantalla indica la temperatura interior de la vitrina o cámara y, en caso de anomalía, visualiza las alarmas.

- Panel de mandos.

El panel de mandos, igualmente incorporado en los servicios, permite modificar la regulación, el encendido y apagado de fuerza y alumbrado, desescarches manuales, visualiza la temperatura interior y, en caso de anomalía, visualiza las alarmas.



El sistema dispone de una clave de protección que impide acceder a los parámetros de regulación al personal no autorizado.

- Interface.

Para realizar una regulación centralizada, el sistema dispone de un interface de comunicación con el ordenador.

Con el programa de gestión se puede hacer, desde el ordenador, las mismas operaciones que desde el frontal, más la función de toma de datos. Y, por tanto, posibilita representar gráficamente en pantalla o en impresora:

- Temperatura interior de la cámara o vitrina.
- Temperatura del evaporador y de fin de desescarche.
- Así mismo, es posible ejecutar órdenes como:
 - Conexión.
 - Desconexión.
 - Encendido y apagado de iluminación, etc.
 - Ordenes de desescarche.
 - Ordenes de enfriamiento en continuo.

También se señalizan las alarmas a través de pantalla e impresora.

- Placa de alarmas.

Conectada a la salida del Módulo Base proporciona al equipo una salida de alarma por relé.

- Puesto central.

En el local que se designe se situará el puesto de gestión centralizada formado por:

- Ordenador Pentium a 2 GHz., memoria 2 Gb.
- Teclado expandido.
- Monitor color de 19" con tarjeta SVGA.
- Impresora color, chorro de tinta.
- Interface de comunicación con la central de frío.
- Disketera y lector de CD y DVD.

- Modem de comunicación

El ordenador dispondrá de una tarjeta de Comunicación para poder conectarlo a una línea telefónica y poder transferir el Telemando y Telecontrol vía Modem hasta un centro de control que definirá Hipercor.

Funciones de la gestión centralizada.

- Regulación.

- Regulación de la temperatura interior de la vitrina o cámara y su diferencial.
- Regulación de la temperatura de fin de desescarche y su diferencial.
- Programación del tiempo de ciclo entre desescarches y del tiempo máximo de desescarche.
- Programación del tiempo mínimo a transcurrir entre dos arranques del compresor.



- Programación del retardo de arranque del segundo compresor, si lo hubiera.
- Seguridades.
 - Finalización del desescarche a través de una temperatura de seguridad de la sonda de ambiente, en caso de rotura de la sonda de fin de desescarche.
 - Funcionamiento de seguridad programado para el caso de rotura de la sonda de temperatura interior.
- Autodiagnos.
 - Error de tensión de alimentación. Se da cuando la tensión de red es menor de un valor determinado (175 V.).
 - Error sonda temperatura ambiente.
 - Error sonda temperatura evaporador y función de desescarche.
 - Error de memoria. Se produce por fallo o mal funcionamiento de la memoria.
 - Error de convertidor. Se produce por fallo o mal funcionamiento del convertidor.
 - Error de dato. Se produce cuando se programan datos incoherentes o fuera de los límites permitidos.
- Alarmas.
 - Alarma de temperatura superior.
 - Alarma de temperatura inferior.
 - Las alarmas se señalizan si la temperatura de alarma se mantiene durante el tiempo programado y la tendencia de la temperatura es contraria a la del restablecimiento de las condiciones normales de funcionamiento.
- Contadores.
 - Acumulador de tiempo total. Se cuenta el tiempo total de funcionamiento del controlador.
 - Acumulador de tiempo de desescarche. Cuenta el tiempo acumulado de los desescarches.
 - Acumulador de tiempo de funcionamiento. Cuenta el tiempo acumulado del funcionamiento de la solenoide o compresor.
- Indicadores.
 - Indicación de la temperatura interior del mueble a través de la sonda de temperatura ambiente.
 - Indicación de la temperatura de evaporación, a través de la sonda de temperatura del evaporador.
 - Indicación del tiempo transcurrido desde el último desescarche.
- Otras funciones.
 - Protección del teclado. Los pulsadores del panel de mandos local dejan de ser operativos. Una clave permite el acceso al personal autorizado.
 - Integración. Se puede programar distintos tiempos de integración con el fin de evitar variaciones continuas en las pantallas de visualización.



- Conexión a ordenador.
 - Permite realizar las mismas operaciones que desde el panel local.
 - Visualización gráfica de las temperaturas interior y fin de desescarche en pantalla e impresora.
 - Adquisición de datos de temperatura para su posterior visualización en pantalla o impresora.

4.2.2.15. Mobiliario frigorífico

Características constructivas.

Los muebles frigoríficos se ubicarán en la Sala de Ventas, en planta baja, zona de libre acceso al público.

El mobiliario expositor estará constituido por vitrinas y murales formando líneas e islas.

Todos los muebles frigoríficos estarán contruídos en chapa de acero galvanizado con recubrimiento tipo Epoxi polvoreado y esmaltado al fuego, con aislamiento a base de poliuretano expandido "in-situ", formando sandwich ente los recubrimientos exterior e interior. El coeficiente de conductividad térmica del poliuretano será de 0,016 kcal/m.h°C. Las molduras y accesorios serán en acero inoxidable, aluminio anodizado ó PVC.

Todas las superficies en contacto con los productos estarán fabricadas en chapa de acero galvanizado tratado y acabado con resina epoxi en blanco.

Todas las zonas exteriores visibles serán igualmente de chapa de acero galvanizado tratado y acabado con resina epoxi.

Todas las paredes estarán aisladas a base de inyección de espuma de poliuretano expandido de alta densidad, formando sandwich entre las paredes de chapa o entre la chapa y el fondo de las cubetas.

Cada módulo estará dotado de un sistema de enfriamiento mediante evaporador incorporado de tubo de cobre y aletas de aluminio con activación de la circulación del aire mediante ventiladores adecuados.

El mobiliario para venta tradicional, producto no envasado, dispondrá de lunas de cristal para proteger los alimentos del contacto directo del público.

Los módulos extremos se dotarán de laterales de cierre para componer líneas o islas, estos laterales serán generalmente de cristal y de espejos en el caso de laterales ciegos.

Todos los módulos estarán dotados de pies regulables, portaprecios, zócalos sanitarios y perfil paragolpes de P.V.C. o de caucho duro, estos perfiles paragolpes serán fácilmente sustituibles. Los portaprecios se instalarán en cada estante, incluso en la cubeta donde se prestará especial atención para que no puedan ser dañados por los carros de compra.

El alumbrado fluorescente incorporado será de la gama TL-D/830 excepto en lácteos que será TL-D/840 de Philips con corrección del factor de potencia (0,9) y las lámparas estarán protegidas contra rotura mediante funda de policarbonato.

Los servicios estarán dotados con un sistema de control de temperatura y desescarche regulado desde el ordenador central, que recibe las señales de las sondas y las procesa según los parámetros prefijados, para lo cual se dotará cada módulo con:



- Sondas de captación de temperatura.
- Sonda de captación de temperatura final de desescarche por cada evaporador (cuando el desescarche sea eléctrico).
- Termostatos electrónicos.
- Válvula de expansión y solenoide por cada evaporador.
- Termómetro con display digital.

Además los módulos dispondrán, por el zócalo, de canalización de desagüe conducido hasta el punto de conexión previsto por el fontanero, a saber:

- un punto por módulo para los servicios de congelación.
- un punto por línea para los servicios de refrigeración.

En el anexo SECCIONES MOBILIARIO FRIGORIFICO se indicarán las medidas exactas de cada módulo (largo x ancho x alto) y de cada línea o isla.

En resumen el mobiliario frigorífico presentará las siguientes características generales:

- Válvulas de expansión termostáticas en todos los evaporadores.
- Termostatos de ambiente en todos los módulos.
- Termostatos exteriores, con bulbo en retorno de aire, a razón de uno por módulo.
- Resistencias de desescarche, con funda de acero inoxidable y extremos vulcanizados.
- Instalación eléctrica interna adecuada para ambiente húmedo y protegida contra salpicaduras de agua.
- Desagüe sifónico en cada módulo.
- Porta-precios en toda la longitud de los muebles y para cada plano de exposición.
- Iluminación independiente para cada plano de exposición.
- Defensa contra carros de compra, en todas las caras expuestas a acceso o circulación de público, con fijación al propio mueble.
- Resistencias anti-vaho en las zonas con peligro de condensación.
- Laterales desmontables en los extremos de las líneas, en laminados plásticos termo-endurecidos, aislados en poliuretano inyectado y canteados en acero inoxidable.
- Juntas de hermeticidad para las uniones entre módulos, con las necesarias exigencias estéticas de acabado exterior.
- Bastidor metálico en base de cada módulo, con pies de nivelación.
- En vitrinas los cristales serán antirreflejos.
- Cremalleras de regulación para altura de estanterías, en muebles murales.
- Parrillas de altura regulable en todos los muebles de autoservicio de carnes.
- Divisores de producto para todas las superficies de exposición, razón de uno por cada 60 cm.
- Tapas de noche en todas las líneas de islas y mostradores de autoservicio.
- Reactancias con condensador de compensación del factor de potencia, para todos los equipos de alumbrado de los muebles.
- Bandas frontales de caracterización de los muebles, con el color que oportunamente se escoja para cada sección.



Temperaturas y necesidades frigoríficas.

Las necesidades frigoríficas y temperaturas de funcionamiento, se indicarán para clase climática 3 (25°C, 60% H.R.) según proyecto de norma EN-441.

Las temperaturas de funcionamiento indicadas corresponden a la temperatura de regulación de los termostatos que equivale a la temperatura de la cortina de aire.

En todo caso, se garantizará la siguiente equivalencia entre temperatura de regulación y temperatura de producto.

<u>Tª Regulación</u>	<u>Tª Producto</u>
+6/+8°C	+1/+10°C
+4/+6°C	-1/+7°C
+2/+4°C	-1/+5°C
-20/-22°C	-12°C (Punto caliente)
-23/-25°C	-15°C (Punto caliente)



Tudela, Septiembre de 2013

Firmado:

AMAIA MUTILVA ZABALEGUI
Ingeniero Técnico Industrial Mecánico con Intensificación en Diseño Industrial



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO CON
INTENSIFICACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO

DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

Alumno: Amaia Mutilva Zabalegui

Tutor: José Ramón Alfaro López

Tudela, Septiembre de 2013



DOCUMENTO Nº 5 PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. CÁMARAS	2
2. MOBILIARIO FRIGORIFICO	5
3. CENTRALES FRIGORÍFICAS.....	6
4. TUBERÍAS	8
5. SEGURIDAD Y LEGALIZACIÓN	9
6. CONDENSADORES	10
7. MANO DE OBRA.....	11
8. RESUMEN	12



1. CÁMARAS

Nº de orden	Concepto /referencia	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
1.1	<p>PUERTAS FRIGORÍFICAS:</p> <p>Hoja fabricada en hoja de acero. Con estructura metálica de perfil laminado en frío donde se soportan todos los herrajes. Aislamiento de poliuretano inyectado a alta densidad 40/43 Kg/m³. Juntas de neopreno de 40 x 10 mm en marco. Banda de caucho especial para frío en todo el perímetro de la hoja. Para 0°C en 80mm están equipadas con sistema antiescarcha –LAC 0°C M/ALUMINO 200MM 1000MM</p>	7 u.	690,00	4.830
1.2	<p>PUERTAS FRIGORÍFICAS:</p> <p>Hoja fabricada en hoja de acero. Con estructura metálica de perfil laminado en frío donde se soportan todos los herrajes. Aislamiento de poliuretano inyectado a alta densidad 40/43 Kg/m³. Juntas de neopreno de 40 x 10 mm en marco. Banda de caucho especial para frío en todo el perímetro de la hoja. Para -35°C en 150mm. Las puertas BT y T están equipadas con sistema antiescarcha –LAC 0°C M/ALUMINO 200MM 1000MM</p>	2 u.	900	1.800,00
1.3	<p>PUERTAS FRIGORÍFICAS:</p> <p>- Hoja fabricada en hoja de acero. Con estructura metálica de perfil laminado en frío donde se soportan todos los herrajes. Aislamiento de poliuretano inyectado a alta densidad 40/43 Kg/m³. Juntas de neopreno de 40 x 10 mm en marco. Banda de caucho especial para frío en todo el perímetro de la hoja. Para 12°C en 60mm.–LAC 0°C M/ALUMINO 200MM 1000MM</p>	4 u.	500	2.000,00
1.4	<p>PANEL AUTOPORTANTE ESPECIAL:</p> <p>Para recintos frigoríficos, con junta machihembrada. Fabricados en continuo, con estructura tipo sándwich de 1185 mm de ancho. Formado por dos chapas de 0,5 mm laminadas en frío, galvanizadas por ambas caras. Con alma de poliuretano. ESPESOR= 80mm</p>	417 m ²	60	25.020,00



1.5	PANEL AUTOPORTANTE ESPECIAL: Para recintos frigoríficos, con junta machihembrada. Fabricados en continuo, con estructura tipo sándwich de 1185 mm de ancho. Formado por dos chapas de 0,5 mm laminadas en frío, galvanizadas por ambas caras. Con alma de poliuretano. ESPESOR= 60mm	187 m ²	57,20	10.696,40
1.6	PANEL AUTOPORTANTE ESPECIAL: Para recintos frigoríficos, con junta machihembrada. Fabricados en continuo, con estructura tipo sándwich de 1185 mm de ancho. Formado por dos chapas de 0,5 mm laminadas en frío, galvanizadas por ambas caras. Con alma de poliuretano. ESPESOR= 150mm -	117 m ²	71	8.307,00
1.7	VÁLVULA VJ: equilibradora de presión hasta 120 m ³ .	7 u.	18,63	130,41
1.8	ALARMA PARA CÁMARA CON FOCO Y FUENTE DE ALIMENTACIÓN ALKO Simple -	7 u.	120,00	840,00
1.9	ALARMA PARA CÁMARA CON FOCO Y FUENTE DE ALIMENTACIÓN ALKO Doble	2 u.	180	360
1.10	HACHA BOMBERO CÁMARA	2 u.	66,14	132,28
1.11	SOP. HACHA BOMBERO	2 u.	10	20
1.12	EVAPORADOR CÁMARA FRUTAS Y VERDURAS: PIAN 57 – FRIMETAL	1 u.	1097,50	1.097,50
1.13	EVAPORADOR CÁMARA PESCADO: PIMS 40 – FRIMETAL	1 u.	1610,00	1.610,00
1.14	EVAPORADOR CÁMARA BASURAS: PIMS 40 – FRIMETAL	1 u.	537,50	537,50
1.15	EVAPORADOR CÁMARA CARNES: PIAN 57 – FRIMETAL	1 u.	1097,50	1.097,50



1.16	EVAPORADOR CÁMARA CURADOS: FRM 240 – FRIMETAL	1 u.	601,50	601,50
1.17	EVAPORADOR CÁMARA QUESOS: PIAN 29 – FRIMETAL	1 u.	610,00	610,00
1.18	EVAPORADOR CÁMARA LACTEOS: PIAN 57 – FRIMETAL	1 u.	1097,50	1.097,50
1.19	EVAPORADOR OBRADOR FRUTA: PIAN 29 – FRIMETAL	1 u.	610,00	610,00
1.20	EVAPORADOR OBRADOR PESCADO: PIAN 29 – FRIMETAL	1 u.	610,00	610,00
1.21	EVAPORADOR OBRADOR CARNES: PIAN 57 – FRIMETAL	1 u.	1097,50	1.097,50
1.22	EVAPORADOR OBRADOR CHARCUTERIA: PIAN 57 – FRIMETAL	1 u.	1097,50	1.097,50
1.23	EVAPORADOR CÁMARA CONGELACIÓN PESCADO: FRB 200 – FRIMETAL	1 u.	841,50	841,50
1.24	EVAPORADOR CÁMARA CONGELACIÓN GENERAL: FRL 380 – FRIMETAL	1 u.	1248,50	1.248,50
1.25	REGULADORES ELIWELL ID 985 LCK CON BUSS-ADAPTER	13 u.	90,00	1.170,00
1.26	SONDA ELIWELL NTC 3 metros	26 u.	13,5	351
TOTAL CAPITULO:				67.813,59



2. MOBILIARIO FRIGORÍFICO

Nº de orden	Concepto /referencia	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
2.2	MURAL AUTOSERVICIO VLNB-3	4 u.	2062,50	8.250,00
2.3	MURAL AUTOSERVICIO VLNB-4	7 u.	2.788,75	19.521,25
2.4	MURAL AUTOSERVICIO VLNB-6	8 u.	4183,12	33.464,96
2.5	VITRINA TRADICIONAL H_SC-4	3 u	2837,30	8.511,90
2.6	VITRINA TRADICIONAL H_SC-6	2 u.	4256,00	8.512,00
2.7	ISLA CONGELADO GAS-4	6 u.	2837,30	17.023,80
2.8	ISLA CONGELADO GAS-6	4 u.	3547,00	14.188,00
2.9	ISLA CONGELADO GAS-C	4 u.	2659,80	10.639,2
2.10	REGULADORES ELIWELL ID 985 LCK CON BUS-ADAPTER	38 u.	90,00	3.420,00
TOTAL CAPITULO:				123.531,11



3. CENTRALES FRIGORÍFICAS

Nº de orden	Concepto /referencia	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
3.1	<p>CENTRAL FRIGORÍFICA POSITIVA -5 COMPRESORES D3DS-150X</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bancada metálica, amortiguadores antivibratorios y accesorios montaje. • Resistencia de cárter (1 por compresor). • Dispositivo de arranque en vacío. • Silenciadores de descarga en todos los compresores. • Colectores generales de líquido, descarga, aspiración y aceite. • Aislamiento colector de aspiración. • Separador de aceite. • Filtro, visor, regulador de aceite y llave de corte en el circuito de alimentación de aceite de cada compresor. • Válvula de compensación de aceite entre colector de aspiración y recipiente de aceite, con llave de corte y válvula solenoide. • Presostato de alta y baja presión (1 por compresor) para parar automáticamente cada compresor. • Presostato de control de baja presión y presostato de zona muerta en el colector de aspiración. • Manómetros de alta y baja presión con llaves de corte y latiguillos flexibles de conexión (para evitar vibraciones). 	1 u.	21550,00	21.550,00
3.2	<p>CENTRAL FRIGORÍFICA NEGATIVA -3 COMPRESORES D4DL-150X</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bancada metálica, amortiguadores antivibratorios y accesorios montaje. • Control de capacidad (reducción de capacidad por culata). • Resistencia de cárter (1 por compresor). • Temporizador de arranque. • Dispositivo de arranque en vacío. • Silenciadores de descarga en todos los compresores. 	1 u.	17120,00	17.120,00



	<ul style="list-style-type: none"> • Colectores generales de líquido, descarga, aspiración y aceite. • Aislamiento colector de aspiración. • Separador de aceite automático y depósito de reserva con visor de nivel y válvula de presión. • Filtro, visor, regulador de aceite y llave de corte en el circuito de alimentación de aceite de cada compresor. • Válvula de compensación de aceite entre colector de aspiración y recipiente de aceite, con llave de corte y válvula solenoide. • Presostato de alta y baja presión (1 por compresor) para parar automáticamente cada compresor. • Presostato de control de baja presión y presostato de zona muerta en el colector de aspiración. • Manómetros de alta y baja presión con llaves de corte y latiguillos flexibles de conexión (para evitar vibraciones). 			
3.3	RECIPIENTE CENTRAL POSITIVA -MODELO: RLV-350 VISORES Y VÁLVULAS DE SEGURIDAD INCLUIDAS	1 u.	2350,00	2.350,00
3.4	RECIPIENTE CENTRAL NEGATIVA -MODELO: RLV-120 VISORES Y VÁLVULAS DE SEGURIDAD INCLUIDAS	1 u.	1680,00	1.680,00
3.5	REFRIGERANTE 404 Envases Pecomark 49 Kg.	10 u.	359,74	3.597,40
3.6	LUBRICANTE MÓVIL ARTIC 22cc. LATAS 5L	5 u.	70,00	350,00
TOTAL CAPITULO:				46.647,40



4. TUBERÍAS

Nº de orden	Concepto /referencia	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
4.1	TUBERIA de cobre, Ø ½’’ PECORMARK	25 m	2,04	51,00
4.2	TUBERIA de cobre, Ø 5/8’’ PECORMARK	15 m	2,04	30,60
4.3	TUBERIA de cobre, Ø ¾’’ PECORMARK	30 m	2,04	61,20
4.4	TUBERIA de cobre, Ø 7/8’’ PECORMARK	120 m	2,04	244,80
4.5	TUBERIA de cobre, Ø 1 1/8’’ PECORMARK	140 m	2,04	285,60
4.6	TUBERIA de cobre, Ø 1 3/8’’ PECORMARK	100 m	2,04	204,00
4.7	TUBERIA de cobre, Ø 1 5/8’’ PECORMARK	60 m	2,04	122,40
4.8	TUBERIA de cobre, Ø 2 1/8’’ PECORMARK	30 m	2,04	61,20
4.9	JUEGO de codos, curvas y reducciones varios	1 u.	837,00	837,00
4.10	ARMAFLEX IT13 de 13 mm. Para todas las tuberías de aspiración de central positiva (juego de medidas varias)	1 u.	510,12	510,12
TOTAL CAPITULO:				2.407,92



5. SEGURIDAD Y LEGALIZACIÓN

Nº de orden	Concepto /referencia	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
5.1	EQUIPOS DE RESPIRACIÓN: -Autónomos con depósito de aire comprimido -Máscaras panorámicas anti-gas con filtro	1 u.	810,00	810,00
5.2	ACCESORIOS CÁMARAS -Alarma de puerta abierta en todas las puertas de cámaras y obradores.	13 u.	87,09	1.132,17
5.3	PROYECTO DE LEGALIZACIÓN de instalación de frío alimentario y del libro de usuario y su tramitación ante la Delegación de Industria hasta la obtención de la aprobación de puesta en marcha.	1 u.	15685,09	15.685,09
5.4	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD a 32 kg/cm ² de todo el circuito frigorífico (tanto sectores de alta como de baja) que se certificará ante la Delegación de Industria.	1 u.	955,75	955,75
TOTAL CAPITULO:				18.583,01

**6. CONDENSADORES**

Nº de orden	Concepto /referencia	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
6.1	CONDENSADOR CENTRAL POSITIVA: -MODELO: VCS 487 de FRIMETAL	1 u.	16770,00	16.770,00
6.2	CONDENSADOR CENTRAL NEGATIVA: -MODELO: CBS 195 de FRIMETAL	1 u.	7220,00	7.220,00
TOTAL CAPITULO:				23.990,00



7. MANO DE OBRA

Nº de orden	Concepto /referencia	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
7.1	INCLUYE: Montaje de cámaras, ensamblaje de muebles, instalación frigorífica completa, pruebas pertinentes, puesta en marcha y regulación. Consideramos 800 horas de trabajo de técnicos cualificados.	1 u.	8476,37	8.476,37
TOTAL CAPITULO:				8.476,37



8. RESUMEN

1. CÁMARAS.....	67.813,59 €
2. MOBILIARIO FRIGORÍFICO	123.531,11 €
3. CENTRALES FRIGORÍFICAS	46.647,40 €
4. TUBERÍAS	2.407,92 €
5. SEGURIDAD Y LEGALIZACIÓN	18.583,01 €
6. CONDENSADORES.....	23.990,00 €
7. MANO DE OBRA.....	8.476,37 €
TOTAL Ejecución Material.....	291.449,40 €

Presupuesto Ejecución Material:

El presupuesto total de Ejecución Material asciende a doscientos noventa y uno mil, cuatrocientos cuarenta y nueve Euros con cuarenta céntimos.

13% Gastos Generales.....	37.888,42 €
6% Beneficio Industrial	17.486,96 €
TOTAL	346.824,78 €
21% IVA	72.833,20 €
TOTAL PRESUPUESTO	419.657,98 €

Presupuesto de Contrata:

El Presupuesto final de Contrata asciende a cuatrocientos diecinueve mil, seiscientos cincuenta y siete Euros con noventa y ocho céntimos.



Tudela, Septiembre de 2013

Firmado:

AMAIA MUTILVA ZABALEGUI

Ingeniero Técnico Industrial Mecánico con Intensificación en Diseño Industrial



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO CON
INTENSIFICACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO

DOCUMENTO 6: BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Amaia Mutilva Zabalegui

Tutor: José Ramón Alfaro López

Tudela, Septiembre de 2013



DOCUMENTO Nº 6 BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE

1. LIBROS	2
2. ARTÍCULOS Y SEMINARIOS	2
3. NORMATIVA Y REGLAMENTOS	2
4. CATÁLOGOS	3
5. PÁGINAS WEB	3
6. PROGRAMAS INFORMÁTICOS	3



1. LIBROS

- ASHRAE HANDBOOK REFRIGERATION. ASHRAE. CD 2006
- ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS. ASHRAE. CD 2009
- INSTALACIONES FRIGORÍFICAS. Javier Doria, Germán Gondra, Pedro F. Hernández, Luis Ruiz de Gauna, Salvador Makazaga. Ed Cadem Grupo EVE
- INSTALACIONES FRIGORÍFICAS. Pierre J Rapin y P. Jacquard. Ed Marcombo Boixareu Editores 1997
- REFRIGERACIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL. C Wesley Nelson. Ed Dossat, D.L. 1969
- MANUAL DE INSTALACIONES FRIGORÍFICAS. Joan Balboa. Ed CEYSA 2000
- VIAJE EXTRAORDINARIO CON UNA MOLÉCULA DE R-134A. A Delalande. Ed PECOMARK

2. ARTÍCULOS Y SEMINARIOS

- SEMINARIO SOBRE INSTALACIONES FRIGORÍFICAS PECOMARK. Diciembre de 2000
- Artículos de PECOMARK: “Temperatura de descarga en compresores”, “La carga óptima de refrigerante”, “Presión de succión y descarga del compresor”, “Retorno de refrigerante líquido” y “Subenfriamiento de líquido”
- Recomendaciones de ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers)
- “Transparencias comentadas de Tecnología Frigorífica” de Juan Francisco Coronel Toro. Universidad de Sevilla

3. NORMATIVA Y REGLAMENTOS

- Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas (Real decreto 138/2011) de 4 de Febrero y sus instrucciones complementarias IF, con la corrección de errores de 28 de Julio de 2011 y las Resoluciones de 1 de Marzo de 2012 y 16 de Abril de 2012 mediante las cuales se amplía la relación de refrigerantes
- UNE-EN 12735-1 “Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para aire acondicionado y refrigeración. Parte 1: Tubos para canalizaciones”
- Reglamento (CE) N° 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de junio de 2000 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono
- Reglamento (CE) N° 842/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006 sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero
- Decisión de la Comisión de 16 de enero de 2001 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE en lo que se refiere a la lista de residuos
- Norma básica NBE-CT-79 sobre Condiciones Térmicas en los Edificios
- RITE “Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios”
- Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (IT.IC)
- Reglamento de Aparatos a Presión (Real decreto 2060/2008) de 12 de Diciembre
- Reglamento de seguridad e higiene



- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos laborales
- UNE-EN 23953-1:2003 “Muebles Frigoríficos Comerciales. Parte 1: Términos y definiciones”
- UNE-EN 23953-2:2003 “Muebles Frigoríficos Comerciales. Parte 2: Clasificación, requerimientos y condiciones de ensayo”

4. CATÁLOGOS

- Catálogo Muebles Frigoríficos Comerciales de EXKAL
- Catálogo refrigeración AFRISA (Grupo DISCO)
- Catálogo condensadores y evaporadores FRIMETAL
- Catálogo compresores COPELAND
- Catálogo centrales COMPACTOS FRIGORÍFICOS
- Catálogo compresores y unidades condensadoras BITZER
- Catálogo recipientes de líquido TECNAC
- Catálogo tuberías SALVADOR ESCODA
- Catálogo tuberías HALCOR
- Catálogo refrigerantes KIMIKAL
- Catálogo refrigeración DINAGAS
- Catálogo de cámaras industriales COLDKIT

5. PÁGINAS WEB

- EXKAL: <http://www.exkalsa.com>
- PECOMARK: <http://www.pecomark.com>
- GRUPO DISCO: <http://www.grupodisco.com>
- FRIMETAL: <http://www.frimetal.com>
- COPELAND: <http://www.emersonclimate.com>
- COMPACTOS FRIGORÍFICOS: <http://www.compactosfrigorificos.com>
- BITZER: <http://www.bitzer.com>
- COLDKIT: <http://www.coldkit.com>
- KIDE: <http://www.kide.com>
- KIMIKAL: <http://www.kimikal.com>
- DINAGAS: <http://www.dinagas.com>
- HALCOR: <http://www.halcor.gr>
- TECNAC: <http://www.tecnacrefrigeracion.com>
- ISOVER: <http://www.isover.net/asesoria/manuales>

6. PROGRAMAS INFORMÁTICOS

- Programa de refrigerantes DUPREX 3.2
- Programa de refrigerantes SOLKANE 7
- Programa de refrigerantes COOLPACK
- COPELAND SELECT 7.6
- FRIMETAL K-SELECT 2012.0.0.0
- BITZER SOFTWARE 5.3.2



Tudela, Septiembre de 2013

Firmado:

AMAIA MUTILVA ZABALEGUI
Ingeniero Técnico Industrial Mecánico con Intensificación en Diseño Industrial



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO CON
INTENSIFICACIÓN EN DISEÑO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE UN HIPERMERCADO

DOCUMENTO 7: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD

Alumno: Amaia Mutilva Zabalegui

Tutor: José Ramón Alfaro López

Tudela, Septiembre de 2013



DOCUMENTO Nº 7 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD

ÍNDICE

1. MEMORIA.....	4
1.1. OBJETO Y CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	4
1.2. AUTOR DEL ESTUDIO.....	4
1.3. ASISTENCIA SANITARIA.....	4
1.4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	4
1.4.1. DESCARGA Y ACOPIO DE MATERIALES.....	4
1.4.2. TRANSPORTE INTERNO DE MOBILIARIO FRIGORÍFICO, PANELES Y DEMÁS MATERIALES	6
1.4.3. COLOCACIÓN Y ENSAMBLADO DEL MOBILIARIO FRIGORÍFICO. MONTAJE DE CÁMARAS DE PANELES	7
1.4.3.1. Montaje de los paneles.....	7
1.4.3.2. Montaje de los equipos frigoríficos	10
1.4.4. MONTAJE DE LA SALA DE MÁQUINAS	11
1.4.5. MONTAJE CONDUCTOS ENTRADA Y SALIDA SALA DE MÁQUINAS.....	14
1.4.6. MONTAJE DE INSTALACIONES FRIGORÍFICA Y ELÉCTRICA.....	15
1.4.7. CONEXIONES Y PUESTA EN MARCHA	17
1.5. MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	19
1.6. MEDIOS AUXILIARES	20
1.7. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	21
1.8. MEDIDAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO.....	22
1.9. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE	23
1.10. CONCLUSIONES	24
2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	25
2.1. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN	25
2.1.1. DISPOSICIONES GENERALES.....	25
2.1.2. INCENDIOS	25
2.1.3. SEÑALIZACIÓN	25
2.1.4. MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	25
2.1.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	26
2.1.6. ELECTRICIDAD.....	26
2.1.7. ILUMINACIÓN, RUIDO, VIBRACIONES Y AMBIENTE DE TRABAJO.....	26
2.1.8. APARATOS DE ELEVACIÓN	27



2.1.9. MOVIMIENTO MANUAL DE CARGAS	27
2.1.10. RECIPIENTES E INSTALACIONES A PRESIÓN	27
2.2. OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS	27
2.2.1. PROMOTOR	27
2.2.2. DIRECCIÓN FACULTATIVA	28
2.2.3. COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA	28
2.2.4. EMPRESA CONTRATISTA	28
2.2.5. TRABAJADORES	29
2.3. ORGANIZACION GENERAL DE LA SEGURIDAD EN OBRA	30
2.3.1. VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES.....	30
2.3.2. ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA DEL CONTRATISTA	31
2.3.3. PARTES.....	31
2.3.4. LIBRO DE INCIDENCIAS	31
2.3.5. CONTROL DE ENTREGA DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	32
2.4. FORMACION DEL PERSONAL	32
2.5. REQUISITOS A CUMPLIR POR LAS INSTALACIONES DE HIGIENE, SANITARIAS Y LOCALES PROVISIONALES DE OBRA	32
2.6. NORMAS TECNICAS A CUMPLIR POR LAS INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRA.....	34
2.7. NORMAS TECNICAS A CUMPLIR POR LOS ELEMENTOS DE PROTECCION COLECTIVA Y SU INSTALACION, MANTENIMIENTO CAMBIO Y RETIRADA	38
2.8. NORMAS A CUMPLIR POR LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	39
2.9. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LA MAQUINARIA EN GENERAL Y SU MANTENIMIENTO.....	39
2.10. NORMAS PARA EL MANEJO DE HERRAMIENTAS ELECTRICAS.....	41
2.11. NORMAS PARA EL MANEJO DE HERRAMIENTAS DE MANO	41
2.12. NORMAS PARA EL IZADO, DESPLAZAMIENTO Y COLOCACION DE CARGAS	42
2.13. NORMAS TECNICAS A CUMPLIR POR LOS MEDIOS AUXILIARES Y SU MANTENIMIENTO	42
2.14. PREVENCIÓN DE RIESGOS HIGIÉNICOS	45
2.15. NORMAS PARA LA CERTIFICACION DE LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SALUD	46



3. PRESUPUESTO	47
3.1. PROTECCIONES PERSONALES	47
3.2. PROTECCIONES COLECTIVAS.....	48
3.3. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS.....	49
3.4. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	49



1. MEMORIA

1.1. OBJETO Y CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

El presente plan tiene por objeto el establecimiento de las normas en materia de Prevención de Riesgos Laborales que deberá cumplir el personal de la empresa contratada en los trabajos de equipamiento de frío industrial de HIPERCOR S.A., situado en Calle Valgrande nº 1 en Majadahonda.

El plazo de ejecución previsto desde el inicio hasta su terminación completa es de 6 semanas.

Dadas las características de la obra se prevé un número máximo en la misma de 6 operarios.

1.2. AUTOR DEL ESTUDIO

El autor del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud para el proyecto nombrado con anterioridad es:

Amaia Mutilva Zabalegui, Ingeniero Técnico Industrial Mecánico.

1.3. ASISTENCIA SANITARIA

Para posibles necesidades médicas deberán fijarse en algún lugar bien visible y conocido por todos los trabajadores de la empresa contratista las direcciones de los centros de asistencia médica contratado por la empresa y el centro hospitalario de la Seguridad Social más cercano:

- **CENTRO ASISTENCIAL FREMAP**
Carretera de Pozuelo, 61
Majadahonda (Madrid) - Teléfono 916 26 55 00
- **CENTRO HOSPITALARIO**
HOSPITAL UNIVERSITARIO PUERTA DE HIERRO
Calle Manuel de Falla, 1
Majadahonda (Madrid) - Teléfono 911 91 60 00

Así mismo deberán colocarse los números de TELÉFONOS DE EMERGENCIA: SOS, ambulancia, taxi, bomberos, Protección Civil, etc.

1.4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

A continuación se detallan las diferentes actividades que conforman el trabajo a realizar por EXKAL S.A. en el montaje y puesta en marcha de la instalación de FRÍO INDUSTRIAL, detallando los riesgos de cada una de ellas, las medidas de seguridad a tener en cuenta, y los Equipos de Protección Individual a utilizar.

1.4.1. DESCARGA Y ACOPIO DE MATERIALES

Los materiales llegarán a la obra en camiones y serán descargados, en el lugar indicado por la propiedad, mecánicamente, mediante carretilla elevadora, o manualmente si las dimensiones y pesos lo permiten.



Serán correctamente almacenados sobre superficie firme y horizontal utilizando durmientes si es preciso, y colocados en posición estable. Se podrán apilar si los embalajes lo permiten y con limitación en altura para prevenir riesgos de derrumbamiento por ráfagas de viento.

Riesgos

- Caídas de personas a diferente nivel desde la caja del camión.
- Caída de personas al mismo nivel por tropiezos o resbalones.
- Atrapamiento por caída de carga desde el camión, carretilla o manipulación.
- Atrapamiento por vuelco de carretilla en el trayecto desde el camión hasta el acopio.
- Golpes por choque contra objetos inmóviles
- Atropellos por vehículos, carretillas u otros utilizados en la obra.
- Sobreesfuerzos por manipulación de cargas o posturas forzadas.
- Pisadas sobre objetos. Materiales, herramientas o residuos.

Medidas de seguridad

- Mantener en todo momento el correcto orden y limpieza de la zona de descarga y acopio descansando los materiales en el lugar adecuado y apilándolos correctamente en posición perfectamente estable.
- No descansar materiales ni circular por las proximidades de taludes y zanjas.
- El conductor de la carretilla o la persona que dirija la descarga comprobará, previo al inicio de las operaciones, la regularidad del terreno eliminando los obstáculos que puedan perjudicar la estabilidad de la carretilla o de la carga.
- Antes de circular con la carretilla cargada, comprobar la estabilidad de la misma.
- No sobrecargar la carretilla.
- Se respetarán en todo momento las normas sobre velocidad y la señalización que la propiedad haya determinado.
- Controlar el tránsito o estancia de personas o vehículos por las inmediaciones de la zona de operaciones de descarga y acopio.
- No pisar cables o conducciones. Si fuese inevitable circular sobre ellas, se protegerán, evitando tanto los riesgos para las personas como los deterioros en las instalaciones.
- Será obligatorio tener el casco de seguridad homologado y su utilización en cualquier desplazamiento por la obra.

EPI's:

- Casco de seguridad homologado: Obligatorio en los desplazamientos por la obra.
- Calzado de seguridad con puntera metálica y plantilla antiperforaciones.
- Guantes protectores contra riesgo mecánico: en la manipulación de materiales.
- Gafas de seguridad: Obligatorio en caso de proyección de partículas como consecuencia de nuestro trabajo o del de otros trabajadores cercanos. Se aconseja su uso para evitar la introducción de objetos extraños en los ojos, por viento, y en desplazamientos por la obra.
- Ropa de trabajo: Adecuada y lo suficientemente ajustada al cuerpo para evitar atrapamientos por partes móviles.

Protecciones colectivas:

- Señalizar y acotar si es necesario la zona de descarga y acopio para impedir el tránsito o estancia de personas ajenas a las operaciones.



- Coordinar las operaciones con los demás oficios que intervienen en la obra.

1.4.2. TRANSPORTE INTERNO DE MOBILIARIO FRIGORÍFICO, PANELES Y DEMÁS MATERIALES

Los muebles frigoríficos y demás materiales pueden ser transportados, desde el acopio hasta su lugar de colocación, mediante carretillas elevadoras, transpaletas manuales, carros tirados por carretillas o manuales, o cualquier otro medio que se considere oportuno.

Riesgos:

- Caída de personas al mismo nivel por tropiezos o resbalones.
- Atrapamiento por caída de carga desde el medio de transporte, o manipulación.
- Atrapamiento por vuelco de carretilla en el trayecto desde el acopio hasta el montaje.
- Golpes por choque contra objetos inmóviles
- Atropellos por vehículos, carretillas u otros utilizados en la obra.
- Sobreesfuerzos por manipulación de cargas o posturas forzadas.
- Pisadas sobre objetos. Materiales, herramientas o residuos.

Medidas de seguridad:

- La carga debe instalarse, sobre el medio de transporte, completamente estable.
- El piso, en el recorrido, debe ser uniforme y mantenerse libre de obstáculos para evitar vuelcos o caída de la carga y limpio de sustancias que puedan provocar deslizamientos.
- Para evitar las lesiones dorsolumbares, se deben seguir las pautas de “buenas prácticas en manipulación manual de cargas”:
 1. El esfuerzo se debe hacer con las piernas y los brazos, nunca con la espalda.
 2. Al agacharse flexionar las piernas.
 3. Mantener las cargas lo más cerca del cuerpo posible.
 4. No girar nunca el tronco cuando se manipula una carga; el giro debe empezarse desde los pies, girando todo el cuerpo a la vez.
 5. Mantener siempre la espalda recta (columna vertebral alineada, sin arquearla en caso de agacharse).

Es importante seguir estas pautas lo más fielmente posible, incluso con posturas forzadas.

EPI's:

- Casco de seguridad homologado: Obligatorio en los desplazamientos por la obra.
- Calzado de seguridad con puntera metálica y plantilla antiperforaciones.
- Guantes protectores contra riesgo mecánico: en la manipulación de materiales.
- Gafas de seguridad: Obligatorio en caso de proyección de partículas como consecuencia de nuestro trabajo o del de otros trabajadores cercanos. Se aconseja su uso para evitar la introducción de objetos extraños en los ojos, por viento y en desplazamientos por la obra.
- Ropa de trabajo: Adecuada y lo suficientemente ajustada al cuerpo para evitar atrapamientos por partes móviles.

Protecciones colectivas:



- Señalizar, si es necesario las zonas de tránsito con los materiales.
- Señalizar y acotar si es necesario las zonas de colocación de los muebles y demás materiales para evitar riesgos al personal ajeno a nuestras tareas.
- Coordinar las operaciones con los demás oficios que intervienen en la obra.

1.4.3. COLOCACIÓN Y ENSAMBLADO DEL MOBILIARIO FRIGORÍFICO. MONTAJE DE CÁMARAS DE PANELES

1.4.3.1. Montaje de los paneles

El montaje de los paneles se realizará con la ayuda de una plataforma elevadora citada. Se distinguen dos partes en este montaje:

a) Montaje de paneles verticales

Previo al montaje de los paneles verticales se fija en el suelo un perfil angular para que sirva de tope. Posteriormente mecánica o manualmente se aproxima el extremo inferior del panel al tope.

El levantamiento del panel se realizará por medio de la plataforma elevadora, o manualmente, si el tamaño y peso del panel lo permite.

Una vez el panel en posición vertical, es mantenido por un trabajador sobre un andamio, se ensambla con el anterior mediante un útil con sistema de cuña y se colocan los tornillos de sujeción superior e inferior.

Posteriormente se colocarán las fijaciones al suelo y al techo.

Riesgos:

- Caídas de personas a diferente nivel de plataforma, andamios, escaleras.
- Caída de personas al mismo nivel por tropiezos y resbalones.
- Atrapamiento de manos en el ensamblado de paneles.
- Cortes / Golpes por objetos o herramientas manipulados o utilizados.
- Caída de objetos desprendidos del montaje.
- Atropellos por vehículos
- Sobreesfuerzos por manipulación de cargas y posturas forzadas
- Pisadas sobre objetos: Materiales, herramientas residuos.

Medidas de seguridad

- Manipulación de cargas con arreglo a lo especificado en el RD 487/1997: "Hasta 40 Kg, siempre que la tarea se realice de forma esporádica y en condiciones seguras".
- No forzar la columna, haciendo que la fuerza recaiga sobre los músculos de las piernas para la manipulación de los paneles. Aprovechar la fuerza del cuerpo para empujar o arrastrar los paneles.
- Utilización de cinturón o faja para evitar lesiones lumbares, si se considera necesario.
- Los andamios estarán dotados de barandillas y rodapié. La persona que trabaje en él deberá estar anclada a algún punto fijo mediante arnés o cinturón de seguridad para prevenir los riesgos de caída.
- Si la elevación del panel necesitase del apoyo de alguna persona, se hará desde la plataforma homologada para subir personas.
- El conductor de la plataforma comprobará la inexistencia de obstáculos que puedan poner en peligro su estabilidad.



- Si fuera preciso una persona dirigirá y supervisará las operaciones de montaje.

EPI's:

- Guantes de seguridad contra riesgos mecánicos.
- Gafas de protección con utilización de taladros, amoladoras, sierras y en general se recomienda su uso en los desplazamientos por el resto de la obra.
- Calzado de seguridad con puntera metálica y plantilla antiperforaciones.
- Cinturón o arnés de seguridad en estancia en el andamio o sobre los paneles de los techos.
- Se aconseja la utilización de fajas de seguridad en los momentos de mayor esfuerzo y cuando la temperatura sea excesivamente baja (por debajo de 15° C).

Protecciones colectivas:

- Señalizar o acotar, si se considera necesario la zona de montaje.
- Controlar el tránsito y estancia de personas en la zona de montaje.
- Si es preciso coordinar con los demás oficios de la obra.

b) Montaje de paneles horizontales

Se trata de paneles denominados autoportantes. Por lo que previo a su montaje hay que colocar las correas de sustentación. Éstas son unos perfiles en "U" sujetos a varillas roscadas que cuelgan de las vigas de la estructura o de los forjados de las naves. Estas correas se sitúan a lo largo de toda la zona que va a ocupar la cámara.

El transporte de los paneles se realiza mediante la plataforma citada o carretilla elevadora. En ella se sitúan los paneles manualmente (el nº de personas en esta operación será el necesario para evitar lesiones por sobreesfuerzos). Los paneles se situarán de tal forma que no se puedan desestabilizar ni deslizar por las irregularidades del terreno o por contactos con los otros paneles en el momento de la colocación.

El ensamblado se realiza manteniendo el panel con dos plataformas, una a cada lado. Se sube el panel con ambas plataformas hasta llegar al nivel de ensamblaje con el resto de paneles. En este instante cada uno de los operarios existentes en la plataforma lo ajustan en la posición correcta y por medio de cinchas o bien de los útiles en cuña aludidos, se ensamblan perfectamente con el anterior. Una vez correctamente ensamblado se procede a su sujeción a las correas de sustentación mediante tornillos que roscan en las tuercas embutidas en el panel.

El montaje de estos paneles se hará de forma definitiva, en todo momento. No se dejará ninguna operación de manera provisional. En zonas visibles se colocarán las señales de advertencia del peligro de transitar o descansar materiales sobre los paneles durante el montaje.

Riesgos:

- Caídas de personas a diferente nivel de plataforma, andamios, escaleras.
- Caídas desde el techo de la cámara bien por hundimiento o por lados abiertos de los paneles durante el montaje techo de la cámara..
- Caída de personas al mismo nivel por tropiezos y resbalones
- Atrapamiento de manos en el ensamblado de los paneles
- Cortes / Golpes por manipulación de objetos o herramientas
- Caída de objetos desprendidos de la plataforma o del montaje
- Atropellos por vehículos
- Caída de objetos por derrumbamiento: Paneles de techo.
- Sobreesfuerzos por manipulación de cargas y posturas forzadas
- Pisadas sobre objetos: Materiales, herramientas, residuos

**Medidas de seguridad:**

- Mantener en todo momento la zona de trabajo en perfecto orden y limpieza.
- Se colocarán en lugares bien visibles carteles que indiquen el peligro de transitar o depositar objetos sobre los techos durante el montaje, dado el carácter de autoportante de los paneles. La sobrecarga máxima de los paneles se considera 50 kg/m² (carga uniformemente repartida) o 100 kg (carga puntual).
- En caso de que haya empresas que deban realizar trabajos por la parte superior de la cámara (ajenos al montaje del propio techo), deberán tomar medidas de prevención contra caídas de altura sobre todo si se debe transitar o estar en zonas de los paneles con riesgo de caída a distinto nivel. Se aconseja, en todo caso, esperar a que se termine el montaje de los techos con el fin de eliminar este riesgo de caída de altura y posteriormente realizar los trabajos correspondientes teniendo en cuenta, eso si, lo indicado en el párrafo anterior.
- Es obligatoria la utilización de arnés. Las operaciones de sujeción de los paneles a las correas se realizará preferentemente desde la plataforma, andamios o escaleras. En caso de hacerlo desde el propio techo, se estará sólidamente amarrado a alguna parte fija de la construcción, cerchas o la propia correa de sustentación de los paneles, de tal forma que en caso de caída sea imposible llegar al suelo. Igualmente según el trabajo a realizar se debe tener en cuenta utilizar dispositivos anticaídas retráctiles caso de que el uso de cuerda fija no sea operativo para el trabajo a realizar.
- Si se considera preciso para la completa seguridad anticaídas del techo, se tenderá una sirga, o cable, en la forma más adecuada y lo suficientemente resistente, para poder amarrar el mosquetón del arnés de seguridad.
- El acceso a la parte superior de la cámara se realizará mediante escaleras, andamios, plataformas para personas con puerta de acceso, o cualquier otro medio homologado para el izado de personas. Queda prohibido hacerlo de cualquier otra manera.
- Se controlará en todo momento la perfecta estabilidad de los paneles.
- El operador de la plataforma o la persona que dirija las operaciones supervisará el buen estado del firme por donde debe circular, eliminando los obstáculos o protegiendo o señalizando los que no se puedan eliminar. Se controlará en todo momento la ausencia de obstáculos y el correcto desarrollo de las maniobras de izado y aproximación del panel a su posición de montado.
- Está totalmente prohibido lanzar herramientas o cualquier objeto desde el suelo a la plataforma, techo o andamio y viceversa.
- Los esfuerzos se realizarán conforme a las “buenas prácticas” de la manipulación manual de cargas indicadas anteriormente.
- Se aconseja la utilización de gafas de seguridad como protección contra la proyección de partículas a los ojos por acción del viento, de actividades propia o de otros oficios, sobre todo en maniobras complicadas o en trabajos en altura.

EPI's:

- Obligatorio la utilización de arnés en trabajos o estancias en alturas superiores a 2 m.
- Dispositivos anticaídas retráctil
- Casco de seguridad para protegerse de caídas de objetos de la plataforma, techo de cámara, andamios y escaleras.



- Calzado de seguridad con puntera metálica y plantilla antiperforaciones.
- Guantes de seguridad en manipulación de herramientas y materiales.
- Gafas de protección cuando se utilice taladros, amoladoras, sierras y en general en los desplazamientos por la obra.
- Se aconseja la utilización de fajas de seguridad lumbar para realizar grandes esfuerzos y cuando la temperatura sea excesivamente baja (por debajo de 15°C).
- Ropa de trabajo que evite el atrapamiento con partes móviles.

Protecciones colectivas:

- Señalizar o acotar la zona, si es preciso, para evitar la estancia o tránsito de personas ajenas al montaje.
- Colocar en lugares visibles señales que adviertan del peligro de transitar, permanecer o descansar materiales sobre los paneles durante el proceso de montaje de la cámara.
- Coordinar las actividades con el resto de oficios intervinientes en la obra, si fuese necesario.

1.4.3.2. Montaje de los equipos frigoríficos

El trabajo consiste en la descarga y colocación de los equipos frigoríficos en una plataforma sobre el techo de la cámara, lo que se realizará mediante la misma plataforma utilizada en el resto del montaje.

Riesgos:

- Caídas de personas a diferente nivel de, plataforma, andamios, escaleras, techo de la cámara.
- Caída de personas al mismo nivel por tropiezos y resbalones
- Atrapamiento de manos o pies, en el ensamblado de los diferentes materiales
- Cortes / Golpes por manipulación de objetos o herramientas
- Caída de objetos desprendidos de la plataforma o del montaje
- Atropellos por vehículos
- Caída de objetos por derrumbamiento: Paneles de techo.
- Sobreesfuerzos por manipulación de cargas y posturas forzadas
- Pisadas sobre objetos: Materiales, herramientas, residuos

Medidas de seguridad:

- Mantener en todo momento la zona de trabajo en perfecto orden y limpieza.
- Es obligatoria la utilización de arnés en las operaciones de colocación de los elementos frigoríficos sobre las plataformas pudiendo utilizar dispositivos antiácida retráctiles si fuera necesario.
- El acceso a la parte superior de la cámara se realizará mediante escaleras, andamios, plataformas para personas con puerta de acceso, o cualquier otro medio homologado para el izado de personas. Queda prohibido hacerlo de cualquier otra manera.
- Se controlará en todo momento la perfecta estabilidad de los equipos sobre la plataforma durante su transporte e izado.
- El operador de la plataforma o la persona que dirija las operaciones supervisará el buen estado del firme por donde debe circular, eliminando los obstáculos o protegiendo o señalizando los que no se puedan eliminar. Se controlará en todo



momento la ausencia de obstáculos y el correcto desarrollo de las maniobras de izado y aproximación del panel a su posición de montaje.

- Está totalmente prohibido lanzar herramientas o cualquier objeto desde el suelo a la plataforma, techo o andamio y viceversa.
- Los esfuerzos se realizarán conforme a las “buenas prácticas” de la manipulación manual de cargas indicadas anteriormente.
- Se aconseja la utilización de gafas de seguridad como protección contra la proyección de partículas a los ojos por acción del viento, de actividades propia o de otros oficios, sobre todo en maniobras complicadas o en trabajos en altura.

EPI's:

- Obligatorio la utilización de arnés en trabajos o estancias en alturas superiores a 2 m.
- Dispositivos anticaídas retráctiles
- Casco de seguridad para protegerse de caídas de objetos desde la plataforma, techo de cámara, andamios y escaleras.
- Calzado de seguridad con puntera metálica y plantilla antiperforaciones.
- Guantes de seguridad en manipulación de herramientas y materiales.
- Gafas de protección cuando se utilice taladros, amoladoras, sierras y en general en los desplazamientos por la obra.
- Se aconseja la utilización de fajas de seguridad lumbar para realizar grandes esfuerzos y cuando la temperatura sea excesivamente baja (por debajo de 15°C).
- Ropa de trabajo que evite el atrapamiento con partes móviles.

Protecciones colectivas:

- Señalizar o acotar la zona, si es preciso, para evitar la estancia o tránsito de personas ajenas al montaje.
- Coordinar las actividades con el resto de oficios intervinientes en la obra, si fuese necesario.

1.4.4. MONTAJE DE LA SALA DE MÁQUINAS

El trabajo consiste en la instalación de la maquinaria destinada a mantener la correcta temperatura tanto en los muebles frigoríficos como en las cámaras de paneles.

Se trata de componentes (motocompresores y baterías condensadoras) de gran peso y tamaño cuyo acopio a obra se realiza mediante camiones, desde los cuales y con la utilización de grúas móviles o carretillas elevadoras, se instalan directamente en la citada sala de máquinas, pudiendo ir sobre la cubierta, caso de las baterías de condensadores.

El manejo de las grúas móviles deberá ser realizado, única y exclusivamente, por personal especializado, así como la dirección de las maniobras tanto de eslingado como de izado y posicionado de las cargas, quedando expresamente prohibido la participación en dichas maniobras a toda persona que desconozca las técnicas de eslingado de cargas, así como el código de señales para las maniobras que se deban realizar con la grúa.

Riesgos:

- Caída al mismo nivel: por tropiezos o deslizamientos
- Caídas a distinto nivel: desde la cabina, pozos o zanjas de la obra, etc.
- Cortes: por manipulación de materiales y herramientas.
- Sobreesfuerzos: por manipulación de cargas y/o posturas forzadas.



- Caída de objetos desprendidos: cargas izadas o elementos de las mismas o de la grúa.
- Caída de objetos por desplome: roturas o salidas del gancho de eslingas, fallos del sistema de seguridad, vuelco de grúa.
- Atrapamientos: por la carga, mecanismos u órganos en movimiento.
- Atropellos: con la grúa o con otros vehículos de la obra.
- Contacto térmico: con partes calientes, salida de gases, motor.
- Inhalación de gases: de la salida de gases del camión.
- Exposición al ruido: del motor.
- Vuelco de la grúa: por fallo del terreno, mal posicionamiento, fallo de elementos de sustentación, sobrepasar momento de carga admisible, balanceo excesivo de carga, viento.
- Riesgo eléctrico: por contacto de la pluma o partes de la grúa con cables de la red eléctrica.

Medidas de seguridad:

- En caso de realizar los trabajos desde tejados, cubiertas o similar:
- Comprobar el estado del tejado antes de iniciar el trabajo en el mismo.
- Nunca pisar directamente sobre cubiertas de fibrocemento, cristal u otros materiales de escasa resistencia. Si es necesario se dispondrá de plataformas o caminos de circulación que permitan una repartición de las cargas y eviten la rotura de la cubierta.
- Nunca realizar los trabajos en tejado en solitario o en condiciones meteorológicas adversas (viento fuerte, lluvia, granizo, tormenta, ..)
- Cuando existan zonas de paso con huecos horizontales o se trabaje en proximidad de bordes de forjados, huecos, etc, se colocarán, siempre que sea posible, elementos de protección colectiva barandillas o redes.
- Se debe estar permanentemente durante la realización de cualquier trabajo: ascensos, descensos, desplazamientos horizontales, etc.
- Antes de utilizar cualquier equipo de protección individual, inspeccione visualmente el sistema y sus componentes para asegurarse de que está en perfecto estado.
- No modificar nunca los equipos de protección ni su instalación.
- Obligatorio el uso del arnés siempre que haya riesgo de caída desde el tejado. El arnés deberá estar anclado mediante sujeción intermedia a un lugar seguro definido previamente a subir al tejado. Con el fin de tener toda la zona de trabajo del tejado contemplada, se deberá estudiar previamente como se realizará dicho trabajo y así poder instalar los puntos de anclaje necesarios, líneas de vida u otros sistemas que permitan el empleo de un sistema antiácidas así como dispositivos antiácidas retráctiles
- Es muy importante la ubicación del punto de anclaje: ELEGIR PUNTOS DE ANCLAJE QUE ESTEN SITUADOS POR ENCIMA DEL TRABAJADOR o en todo caso por encima del punto de enganche al arnés. Estos sistemas de protección deben ser utilizados siempre siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Utilización de protección contra el ruido en las operaciones de aserrado con la sierra de calar y esmerilado.



- Utilización de guantes de seguridad en el manejo de herramientas o en la manipulación de objetos.
- Inspeccionar el terreno, eliminando obstáculos, tapando agujeros o arquetas y limpiando o cubriendo barro, charcos de agua, aceite o material deslizante. Iluminar la zona correctamente.
- Utilizar los accesos dispuestos para estas tareas. Comprobar el terreno antes de bajar de la cabina. Señalizar, si se considera necesario, las irregularidades, desniveles, zanjas, taludes, etc. tanto en los accesos como en la zona de trabajo con grúas móviles. Prohibido, terminantemente, utilizar el gancho o cualquier dispositivo destinado a izar la carga, para elevar personas.
- Inspeccionar la carga antes de su eslingado.
- Mantener el orden y la limpieza en el lugar de eslingado y maniobras de la carga. Procurar que el espacio sea el necesario para desenvolverse adecuadamente.
- Fijar bien las cargas antes de izarlas. No depositar herramientas ni materiales sin sujetar encima de las cargas que van a ser izadas. No permanecer debajo de la zona de influencia de una carga izada.
- Comprobar el estado de las eslingas, estrobos, (deberán ser los adecuados a la carga) y demás elementos de izado. Verificar el sistema de seguro del gancho. El amarrado de la carga se hará en los mecanismos dispuestos para tal fin. Comprobar que todos los sistemas de seguridad están en perfecto estado. Comprobar el terreno donde se coloca la grúa.
- No permanecer en el área de influencia de la carga ni de los elementos móviles de la grúa.
- El desplazamiento de la carga debe ser suave y uniforme, sin balanceo excesivo. No acompañar la carga durante su recorrido. Si el gruista no dispone de perfecta visibilidad se dejará guiar por otra persona que domine todo el campo de acción y conozca perfectamente el código de señales de las maniobras a realizar.
- No permanecer cerca de la salida de gases del camión. Mantener la zona ventilada.
- Inspeccionar el terreno tanto de acceso como de estacionamiento de la grúa. Debe ser firme y capaz de soportar el peso de la grúa y su carga. En caso de duda ampliar con tabloncillos la superficie de sustentación. La máquina debe quedar perfectamente nivelada. No se colocaran los apoyos encima de tapas de arquetas. Caso de desplazamiento con la carga suspendida, se hará despacio con movimiento uniforme y la carga lo más baja posible, para evitar balanceos excesivos. Tener en cuenta los efectos del viento excesivo.
- Comprobar la ausencia de líneas eléctricas aéreas, o respetar las distancias mínimas y la normativa al respecto.

EPI's:

- Arnés de seguridad para trabajos a alturas superiores a 2 metros
- Dispositivos anticaída retráctiles
- Casco de seguridad homologado: Obligatorio en los trabajos con la grúa y en los desplazamientos por la obra.
- Calzado de seguridad con puntera metálica y plantilla antiperforaciones.
- Guantes protectores contra riesgo mecánico: En la manipulación de materiales y herramientas.



- Gafas de seguridad: Obligatorio en trabajos de eslingado o desembalado, rotura de flejes y en los desplazamientos por la obra.
- Ropa de trabajo: Adecuada y lo suficientemente ajustada al cuerpo para evitar atrapamientos por partes móviles.

Protecciones colectivas:

- Verificar el correcto funcionamiento de los elementos de aviso y alarma de la grúa.
- Señalizar y acotar, si es preciso una zona de seguridad que incluya el área de influencia de las operaciones con la grúa, incluso de sus desplazamientos.
- Vigilar que ninguna persona permanezca o transite por la citada zona de seguridad.

1.4.5. MONTAJE CONDUCTOS ENTRADA Y SALIDA SALA DE MÁQUINAS

Realizar conductos para embocar salida de aire de la condensadora a la calle, para ello se tira el conducto desde la sala máquinas hasta la calle. Se utilizan herramientas manuales y alguna máquina para cortar, así como grapas para los tubos y escayola para que no se vean las grapas. Los trabajos se pueden realizar en altura para lo que se utilizarán andamios o similar.

Riesgos:

- Caídas de personas a diferente nivel de, plataforma, andamios, escaleras, techo por el que discurre la tubería.
- Caída de personas al mismo nivel por tropiezos y resbalones
- Atrapamiento de manos o pies, en el ensamblado de los diferentes materiales
- Cortes / Golpes por manipulación de objetos o herramientas
- Caída de objetos desprendidos de la plataforma o del montaje
- Atropellos por vehículos
- Caída de objetos por derrumbamiento.
- Sobreesfuerzos por manipulación de cargas y posturas forzadas
- Pisadas sobre objetos: Materiales, herramientas, residuos

Medidas de seguridad:

- Mantener en todo momento la zona de trabajo en perfecto orden y limpieza.
- Es obligatoria la utilización de arnés en las operaciones de colocación de las tuberías sobre las plataformas.
- El acceso a la parte superior cuando por esta discurra la tubería se realizará mediante escaleras, andamios, plataformas para personas con puerta de acceso, o cualquier otro medio homologado. Queda prohibido hacerlo de cualquier otra manera.
- En caso de salirse de los equipos de trabajo para trabajos en altura se deberá utilizar arnés de seguridad anclado a lugar seguro y dispositivo anticaídas retráctil si fuera necesario
- Se controlará en todo momento la perfecta estabilidad de los equipos sobre la plataforma durante su transporte e izado.
- El operador de la plataforma o la persona que dirija las operaciones supervisará el buen estado del firme por donde debe circular, eliminando los obstáculos o protegiendo o señalizando los que no se puedan eliminar. Se controlará en todo



momento la ausencia de obstáculos y el correcto desarrollo de las maniobras de izado y aproximación del panel a su posición de montaje.

- Está totalmente prohibido lanzar herramientas o cualquier objeto desde el suelo a la plataforma, techo o andamio y viceversa.
- Los esfuerzos se realizarán conforme a las “buenas prácticas” de la manipulación manual de cargas indicadas anteriormente.
- Se aconseja la utilización de gafas de seguridad como protección contra la proyección de partículas a los ojos por acción del viento, de actividades propia o de otros oficios, sobre todo en maniobras complicadas o en trabajos en altura.

EPI's:

- Obligatorio la utilización de arnés en trabajos o estancias en alturas superiores a 2 m.
- Dispositivo anticaidas retráctil
- Casco de seguridad para protegerse de caídas de objetos desde la plataforma, techo de cámara, andamios y escaleras.
- Calzado de seguridad con puntera metálica y plantilla antiperforaciones.
- Guantes de seguridad en manipulación de herramientas y materiales.
- Gafas de protección cuando se utilice taladros, amoladoras, sierras y en general en los desplazamientos por la obra.
- Se aconseja la utilización de fajas de seguridad lumbar para realizar grandes esfuerzos y cuando la temperatura sea excesivamente baja (por debajo de 15°C).
- Ropa de trabajo que evite el atrapamiento con partes móviles.

Protecciones colectivas:

- Señalizar o acotar la zona, si es preciso, para evitar la estancia o tránsito de personas ajenas al montaje.
- Coordinar las actividades con el resto de oficios intervinientes en la obra, si fuese necesario.

1.4.6. MONTAJE DE INSTALACIONES FRIGORÍFICA Y ELÉCTRICA

Esta actividad consiste en el tendido de las tuberías de cobre canalización y cableado eléctrico, desde la sala de máquinas y cuadros de distribución eléctrica generales, respectivamente, hasta los correspondientes emplazamientos del mobiliario frigorífico, cámaras de paneles, incluyendo la instalación e interconexión eléctrica y frigorífica de los componentes de la sala de máquinas.

Todo ello implica la colocación de unos soportes metálicos, sobre los que irán sujetos los tubos de cobre mediante abrazaderas o grapas y las canalizaciones eléctricas correspondientes (bandejas o tubos). Parte de esta instalación se realiza en altura, por lo que será necesario utilizar escaleras, andamios, plataformas, etc. y otra parte se realiza bajo la solera, en canalizaciones subterráneas.

Riesgos:

- Caídas al mismo nivel: por tropiezos o deslizamientos.
- Caídas a distinto nivel: de andamios, escaleras, plataformas, zanjas y arquetas.
- Cortes y golpes: por manipulación de maquinaria, materiales y herramientas.
- Caídas de herramientas o materiales desde andamios, escaleras o plataformas.
- Atrapamientos: por movimientos de materiales, o partes móviles de máquinas herramientas o vehículos.



- Atropellos: por carretilla elevadora, plataforma automotora o cualquier vehículo de la obra.
- Quemaduras y radiaciones no iónicas: por empleo de soldadura autógena.
- Incendio: por utilización de soldadura autógena.
- Explosión: por utilización de botellas de gases a presión.
- Exposición al ruido: por la utilización de sierras de calar o esmeriles.
- Inhalación de productos tóxicos: humos de soldadura autógena y escapes de gases a presión, oxígeno y/o acetileno.
- Contactos eléctricos directos e indirectos: por utilización de herramientas eléctricas.
- Choque contra objetos inmóviles: máquinas, materiales o partes de la construcción.
- Sobreesfuerzos: por manipulación manual de cargas y posturas forzadas en el montaje de los diversos elementos .

Medidas de seguridad:

- Procurar que el espacio de trabajo sea el suficiente y mantenerlo limpio, ordenado y libre de obstáculos.
- Si se considera preciso, acotar la zona de trabajo mediante señales, cintas o vallas, para evitar el acceso a la zona de personas ajenas a la actividad que se está desarrollando.
- En las operaciones de soldadura mantener las botellas de oxígeno y acetileno alejadas del foco de calor y tener cerca un extintor para evitar incendios.
- Las botellas de oxígeno y acetileno deberán estar en posición estable amarradas o, en todo caso, garantizando que no se producirá una caída accidental.
- Mientras no se utilice la soldadura, las botellas permanecerán cerradas y en lugar alejado de focos de calor y no deberán estar expuestas a golpes o caídas, para minimizar las consecuencias en caso de escape de gas o explosión fortuita.
- Se revisará periódicamente las soldaduras de oxígeno y acetileno: Correcto estado de las botellas, ausencia de golpes o abolladuras; ausencia de daños en las mangueras; correcto estado de las llaves, ausencia de daños y suciedad; correcto estado de las válvulas antirretorno, sopletes y boquillas; ausencia de fugas.
- Utilización de herramientas en buen estado. Las herramientas eléctricas no deberán presentar riesgos de contacto y los cables de alimentación tendrán clavija de enchufe con toma de tierra y su aislamiento estarán en perfecto estado. Se revisarán periódicamente.
- En caso de utilización de plataforma automotora, revisar previamente la superficie por la que se va a transitar, eliminando obstáculos, tapando, rellenando o señalizando agujeros, arquetas y demás desniveles. Si se considera necesario designar a alguna persona para que desde el suelo dirija la maniobra y avise o prohíba el paso a los transeúntes.
- Se deberán revisar periódicamente el estado de los andamios, escaleras y plataforma para detectar daños, desajustes u otras anomalías.
- En caso de tener que salirse de los equipos de trabajo empleados para trabajos en altura se utilizará arnés de seguridad con anclaje a lugar seguro, se utilizará si fuera necesario dispositivos anticaída retractiles.
- Seguir las buenas prácticas de manipulación manual de cargas para evitar lesiones dorsolumbares.

**EPI's:**

- Casco de seguridad homologado: Obligatorio en los trabajos montaje de instalaciones eléctrica y frigorífica y en los desplazamientos por la obra.
- Calzado de seguridad: con puntera metálica y plantilla antiperforaciones. El calzado de los electricistas deberá ser aislante.
- Guantes protectores contra riesgo mecánico: Al manipular materiales y herramientas, en la colocación de soportes metálicos y canalizaciones frigorífica y eléctrica.
- Guantes contra el riesgo térmico: en operaciones de soldadura autógena.
- Gafas contra proyecciones: Obligatorio en trabajos con herramientas que produzcan proyección de partículas y en los desplazamientos por la obra.
- Gafas con cristal inactínico en operaciones con soldadura autógena.
- Ropa de trabajo: Adecuada y lo suficientemente ajustada al cuerpo para evitar atrapamientos por partes móviles de máquinas o vehículos. Se aconseja ropa 100 % de algodón para trabajos con soldadura y electricistas.
- Protección auditiva en caso de larga duración de trabajos con herramientas ruidosas (sierra caladora, piedra de esmeril portátil).
- Utilización de arnés o cinturón de seguridad en trabajos en alturas superiores a 2 m.
- Dispositivos anticaídas retráctiles

Protecciones colectivas

- Señalizar o acotar la zona de trabajo si se considera necesario, para evitar la exposición de otros trabajadores a nuestros riesgos.
- No lanzar las herramientas a o desde los andamios o escaleras. Se entregarán en mano, se introducirán en bolsas, o se izarán mediante cuerdas o similares, sin peligro de caída.
- Evitar la caída de materiales de las plataformas de los andamios.
- No permitir a persona alguna que permanezca o transite por la zona de caída de materiales o herramientas.

1.4.7. CONEXIONES Y PUESTA EN MARCHA

Comprende las tareas de conectar las instalaciones frigorífica y eléctrica; realizar el vacío a la instalación frigorífica; introducir el gas refrigerante, y ajuste de mecanismos para la correcta puesta a punto de la instalación.

Riesgos:

- Golpes y cortes: por la utilización de herramientas.
- Contactos eléctricos directos o indirectos: al conectar o ajustar las máquinas y los mecanismos eléctricos.
- Quemaduras y radiaciones no iónicas: por empleo de soldadura oxiacetilénica.
- Incendio: por utilización de soldadura oxiacetilénica.
- Explosión: por utilización de botellas de gases a presión (oxígeno acetileno, freones)
- Asfixia, quemaduras, proyección de partículas: por el uso de gas refrigerante a presión.
- Caídas al mismo nivel: por tropiezos o deslizamientos.
- Caídas a distinto nivel: por utilización de escaleras.



- Sobreesfuerzos: por manipulación manual de cargas o posturas forzadas.

Medidas de seguridad:

- Mantener el lugar de trabajo limpio, ordenado y libre de obstáculos.
- Utilizar escaleras en perfectas condiciones.
- Extremar las precauciones para evitar fugas de refrigerante y mantener el área ventilada.
- Seguir las buenas prácticas sobre manipulación manual de cargas y posturas.
- Las botellas o dosificadores de gas refrigerante deberán estar siempre en posición estable, amarradas o aseguradas para evitar su caída.
- Caso de no-utilización las botellas de gas refrigerante permanecerán cerradas y alejadas de focos de calor teniendo en cuenta la minimización de las consecuencias de cualquier rotura, explosión o escape de gas.
- En las operaciones de soldadura mantener las botellas de oxígeno y acetileno alejadas del foco de calor y tener cerca un extintor para evitar incendios.
- Las botellas de oxígeno y acetileno deberán estar en posición estable amarradas o, en todo caso, garantizando que no se producirá una caída accidental.
- Mientras no se utilice la soldadura, las botellas permanecerán cerradas y en lugar alejado de focos de calor y no deberán estar expuestas a golpes o caídas, para minimizar las consecuencias en caso de escape de gas o explosión fortuita.
- Se revisará periódicamente las soldaduras de oxígeno y acetileno: Correcto estado de las botellas, ausencia de golpes o abolladuras; ausencia de daños en las mangueras; correcto estado de las llaves, ausencia de daños y suciedad; correcto estado de las válvulas antirretorno, sopletes y boquillas; ausencia de fugas.

EPI's:

- Casco de seguridad homologado: Obligatorio en los desplazamientos por la obra.
- Calzado de seguridad: con puntera metálica y plantilla antiperforaciones. El calzado de los electricistas deberá ser aislante.
- Guantes protectores contra riesgo mecánico: Al manipular materiales y herramientas.
- Protección contra el riesgo térmico: Al manipular gases refrigerantes (guantes, ropa de manga larga, etc.)
- Gafas de seguridad: Obligatorio en trabajos en cuadros eléctricos con tensión, con utilización de gases a presión y en los desplazamientos por la obra.
- Ropa de trabajo: Adecuada y lo suficientemente ajustada al cuerpo para evitar atrapamientos por partes móviles de máquinas o vehículos. Se aconseja ropa 100 % de algodón para electricistas.
- Utilización de arnés o cinturón de seguridad en alturas superiores a 2 m, en operaciones sobre escaleras o andamios.

Protecciones colectivas:

- Señalizar o acotar, si es preciso la zona de trabajo en la que se esté utilizando gas freon.
- Señalizar en lugar bien visible la prohibición de penetrar y permanecer en la sala de máquinas a personal ajeno a la instalación.
- Mantener bien ventilada la zona en la que se utilice gas freon.
- Avisar al resto de los gremios el momento en que vayan a dar comienzo las pruebas de las instalaciones.



- Coordinar la realización de las tareas con el resto de gremios intervinientes en la obra.

1.5. MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS

La maquinaria y herramientas a utilizar en los trabajos a realizar por EXKAL, S. A. Será homologada, estará en perfecto estado de funcionamiento, deberá disponer de los preceptivos resguardos y elementos de protección y se revisará periódicamente para garantizar que estos puntos se cumplen.

Máquinas eléctricas portátiles:

De forma genérica las medidas de seguridad a adoptar al utilizar las máquinas eléctricas portátiles son las siguientes:

- Cuidar de que el cable de alimentación esté en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, cortes ó cualquier otro defecto. Las clavijas serán las adecuadas con toma de tierra.
- Está terminantemente prohibido las conexiones de cables a los cuadros sin la utilización de clavijas macho-hembra.
- Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.
- Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la máquina a emplear no es de doble aislamiento.
- Al terminar se dejará la maquina limpia y desconectada de la corriente.
- El operario debe estar adiestrado en el uso, y conocer las presentes normas.

Soldadura oxiacetilénica:

Se comprobará que los equipos disponen de los siguientes elementos de seguridad:

- Filtro: Dispositivo que evita el paso de impurezas extrañas que puede arrastrar el gas. Este filtro deberá estar situado a la entrada del gas en cada uno de los dispositivos de seguridad.
- Válvula antirretroceso de llama: Dispositivo que evita el paso del gas en sentido contrario al flujo normal.
- Válvula de cierre de gas: Dispositivo que se coloca sobre una canalización y que detiene automáticamente la circulación del gas en ciertas condiciones.

Asimismo todos los operarios que utilicen estos equipos deberán ir provistos de gafas y pantallas protectoras homologadas, dotadas del filtro adecuado en función del tipo de radiaciones e intensidad de las mismas y guantes contra contactos térmicos.

Se revisarán el estado de todas las herramientas y medios auxiliares que se utilicen, separando o desechando los que no reúnan las condiciones adecuadas para el uso al que se les destina.

Botellas de oxígeno - acetileno:

- Las botellas de oxiacetileno no se colocarán en lugares de paso. Se fijarán bien para evitar su vuelco.
- Nunca se dejarán bajo la vertical de la zona de trabajo.
- Nunca se tensarán las mangueras. Las caperuzas protectoras de las válvulas de las botellas no deben quitarse.



- No deben emplearse sopletes que no dispongan de conexiones normalizadas. Se desechará el uso de manómetros rotos. Todas las uniones de las mangueras deben estar fijadas mediante abrazaderas, para evitar desconexión accidental.
- Nunca se dejarán las botellas en sótanos o lugares confinados. No se debe estrangular las mangueras para interrumpir el paso del gas.
- En el caso de que fuese preciso la elevación de las botellas, se hará conjuntamente con su porta botellas, o en jaulas adecuadas.
- Las botellas no se dejarán caer, ni se permitirá que choque violentamente entre sí, ni contra otras superficies.
- Se evitará el arrastre, deslizamiento o rodadura de las botellas en posición horizontal. Estos equipos deberán estar manipulados por personal especializado e instruidos al efecto.

Herramientas manuales:

Se conservarán en lugar adecuado y se mantendrán limpias, en particular de grasas u otros materiales deslizantes. Las herramientas de corte deberán permanecer dentro de fundas o con el corte protegido mientras no se utilicen.

Las herramientas se utilizarán para el uso para el que fueron diseñadas, quedando expresamente prohibido el utilizarlas para tareas que les sean impropias.

1.6. MEDIOS AUXILIARES

Andamios:

Según prescribe el anexo IV del RD 1627/1997 de 24/10/97:

- Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente, de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente.
- Se examinarán en obra y previo a su montaje todos los elementos, para cerciorarse que carecen de defectos. Deberán realizarse revisiones periódicas, en particular después de cualquier modificación.
- El montaje deberá estar dirigido por persona competente autorizada por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra.
- Se comprobará su perfecta nivelación.
- Todos los elementos verticales y horizontales deberán estar unidos entre sí y debidamente arriostrados mediante las diagonales correspondientes.
- Se comprobará la verticalidad de los montantes y la horizontalidad de los largueros.
- Deberán tener la suficiente resistencia para soportar el peso de las personas que los van a ocupar así como los materiales.
- Las cargas se distribuirán uniformemente en las plataformas de trabajo las cuales deberán ser las normalizadas por el fabricante para sus andamios.
- Los andamios móviles deberán asegurarse contra desplazamientos involuntarios.

Escaleras de mano:

En cumplimiento del R D 486/1997 de 14/04/97, las escaleras de mano:

- Tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización no suponga riesgo de caída.
- Las escaleras de tijera dispondrán de elementos de seguridad que impida su apertura al ser utilizadas.



- Antes de la utilización asegurarse de su estabilidad. La base de la escalera deberá quedar sólidamente asentada. Deberá sujetarse en la parte superior si el apoyo no es estable.
- Deberán formar un ángulo con la horizontal de aproximadamente 75° (1 m de separación de la pared para una escalera de 4 m). La parte superior sobresaldrá 1 m por lo menos del lugar al que se desee acceder.
- El ascenso y descenso se realizará de frente a la escalera.
- Para trabajos a más de 3,5 m del suelo que requieran movimientos o esfuerzos que pongan en peligro la estabilidad del trabajador, se realizarán con cinturón de seguridad
- Se prohíbe transportar y manipular cargas que puedan comprometer la seguridad del trabajador.
- No serán utilizadas por dos personas o más, simultáneamente.
- Se revisarán periódicamente.
- Se prohíbe el uso de escaleras pintadas.
- Queda prohibido el uso de escaleras de construcción improvisada.

Plataformas elevadoras automotoras:

- La conducción de los equipos de trabajo está reservada a los trabajadores que hayan recibido una formación específica.
- Establecer normas de circulación.
- Hay que dictar normas de procedimiento y medidas de organización para evitar atropellos de operarios.
- El acompañamiento de trabajadores en equipos de trabajo móviles movidos mecánicamente sólo debe ser autorizado si se adoptan las medidas necesarias al caso.
- Cuando los equipos funcionen con motor de combustión, deberá garantizarse en la zona una cantidad de aire suficiente para que no suponga riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.

1.7. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Los medios de protección personal cumplirán las especificaciones descritas en el RD 773/1997 de 30 de Mayo:

- Serán de uso obligatorio con el fin de reducir los riesgos.
- Su utilización no dispensa no dispensa la obligación del empleo de medidas preventivas de carácter general.
- Permitirán la realización del trabajo sin molestias innecesarias. No disminuirán el rendimiento y no deberán entorpecer, por sí solos, riesgo alguno.

Ropa de trabajo:

- Será de fácil limpieza y desinfección, adecuada a las condiciones de temperatura y humedad del lugar de trabajo, ajustables al cuerpo sin perjuicio de su comodidad, no deben presentar holguras ni partes sueltas y con el mínimo de elementos adicionales.
- La ropa de los operarios de soldadura no deberá ser de fibras inflamables. Si se considera necesario se dotará a estos trabajadores de delantales, mandiles, etc.
- La ropa de los electricistas, igualmente, no estará formada por materiales inflamables ni tendrán cremalleras metálicas.

**Protección de la cabeza:**

- Debido al riesgo de caída o proyección de objeto sobre la cabeza o golpes, se hace preceptiva la utilización del casco en obra.
- Serán homologados y cumplirán las especificaciones del R D 773/1997 de 30 de Mayo.
- Serán de uso personal.
- Se aconseja la utilización permanente de este equipo, para prevenir riesgos de cualquiera de las actividades que se desarrollan en las obras.

Protección de los ojos:

- En trabajos de soldadura se utilizarán gafas con cristales de color inactínico para evitar las radiaciones no ionizantes.
- En trabajos con riesgo de proyecciones se utilizarán gafas incoloras de protección total para evitar la entrada de partículas.
- En algunos casos puede ser interesante la utilización de pantallas transparentes con objeto de proteger, además el resto de la cara (utilización de gases a presión, carga de freon).
- Dado que en una obra se simultanean varios oficios y que las condiciones ambientales no se pueden controlar adecuadamente, se aconseja la utilización permanente de gafas de seguridad, al objeto de prevenir la proyección de partículas provenientes de otras actividades o movidas por el viento.

Protección de manos y pies:

- Es obligatorio la utilización de calzado de seguridad con puntera metálica y plantilla antipenetraciones.
- Es obligatorio el uso de guantes anticorte en el manejo de maquinaria, herramientas y materiales.
- Es obligatorio el uso de guantes contra contactos térmicos en trabajos con soldadura.
- Es obligatorio el uso de guantes contra el riesgo químico en trabajos con sustancias químicas (freon, aceite, disolventes, etc.).

Cinturón de seguridad:

- Será obligatorio en trabajos en altura superior a 2 m, cuando el operario no esté debidamente asegurado o cuando la realización del trabajo pueda poner en peligro su seguridad.
- Se anclarán en fijaciones seguras de tal forma que en caso de caída se garantice que el trabajador no llegará al suelo o se golpeará con algún otro elemento de la estructura.

1.8. MEDIDAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

Se deberán mantener las áreas de trabajo limpias y ordenadas, retirando toda clase de chatarra y desperdicios que se hayan producido durante la ejecución del trabajo y depositándolos en los lugares indicados por la propiedad.

Tanto los equipos y material de protección personal como colectiva serán debidamente empleados, conservados y acondicionados en los lugares adecuados.

El personal denunciará a su responsable inmediato cualquier anomalía o condición peligrosa observada.



Se respetará toda señalización considerada oportuna por la propiedad para mantener la seguridad en obra.

Informar al Servicio de Prevención y/o al Coordinador de Seguridad de la empresa contratante cuando se prevé realizar una operación que entrañe riesgo.

Antes de poner en servicio cualquier equipo reparado, proceder a su inspección hasta asegurarnos que su funcionamiento es correcto.

Serán de obligado cumplimiento todas las normas estipuladas en el presente plan y los que la propiedad pueda dictar en el transcurso del montaje.

1.9. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

- Ley 31/1995 de 8/11/95 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003 de 12/12/03 de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Ley 32/2006 de 19/10/06 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 39/1997 de 17/01/97 por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención.
- Real Decreto 171/2004 de 30/01/04 por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 286/2006 de 10/03/06 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 485/1997 de 14/04/97 sobre disposiciones mínimas relativas a la señalización en materia de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 486/1997 de 14/04/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 de 14/04/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas.
- Real Decreto 614/2001 de 08/06/01 sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 773/1997 de 30/05/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997 de 18/07/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo empleados por los trabajadores en el trabajo, y Modificación mediante Real Decreto 590/89 de 19/05/89.
- Real Decreto 1244/1979 de 04/04/99 por el que se aprueba el reglamento de aparatos a presión.
- Real Decreto 1316/1989 de 27/10/89 sobre protección de riesgos derivados de exposiciones a ruidos.
- Real Decreto 1435/1992 de 27/11/92 sobre requisitos de seguridad y salud en máquinas.
- Real Decreto 1627/1997 de 24/10/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 842/2002 de 02/08/02 por el que se aprueba el reglamento electrotécnico para baja tensión.



- Orden Ministerial de 09/03/71: Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Real Decreto 2177/2004 que modifica del RD 1215/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo empleados por los trabajadores en el trabajo.

1.10. CONCLUSIONES

Con este plan de seguridad creemos haber inculcado una actitud responsable, en materia de Prevención de Riesgos Laborales, en el trabajo al personal empleado.

Trataremos de planificar nuestra obra contando con el presente plan de Prevención de Riesgos y actuaremos para que la puesta en práctica, vigilancia y control de las medidas de seguridad se cumplan.



2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

2.1. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACION

2.1.1. DISPOSICIONES GENERALES

- Orden de 9 de marzo de 1971 (BOE 16-03-71) por el que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Ley 8/1.980 de 10 de marzo. Estatuto de los trabajadores:
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre (BOE 10-11-95) por la que se aprueba la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 171/2004 de 30/01/04 por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Ley 54/2003 de 12/12/03 de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Ley 32/2006 de 19/10/06 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

2.1.2. INCENDIOS

- Orden de 9 de marzo de 1971, por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (artículos 71 a 82, ambos inclusive).
- Real Decreto 279/1991, de 1 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación “NBE-CPI/91: Condiciones de protección contra incendios en los edificios”.
- Real Decreto 1230/1993, de 23 de julio, por el que se aprueba el Anejo C, “Condiciones particulares para el uso comercial”, de la norma básica de la edificación “NBE-CPI/91: Condiciones de protección contra incendios en los edificios”.
- Real Decreto 1941/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación “NBE-CPI/96: Condiciones de protección contra incendios de los edificios”.

2.1.3. SEÑALIZACIÓN

- Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

2.1.4. MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS



- Convenio nº 119, de 25 de junio de 1963, relativo a la protección de la O.I.T., rectificado el 26 de noviembre de 1971.
- Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (artículos 83 a 99, ambos inclusive).
- Real Decreto 1.495/1.986 de 26 de mayo. Reglamento de Seguridad en las Máquinas.
Modificado por: Real Decreto 590/1.989 de 19 de mayo.
- Orden de 8 de Abril de 1991, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MSG-SM-1 del Reglamento de Seguridad en las Máquinas, referente a máquinas, elementos de máquinas o sistemas de protección, usados.
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas, modificado por el Real Decreto 56/1995, de 20 de enero.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

2.1.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.

- Orden de 9 de marzo de 1971, por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Directiva del Consejo 89/656, de 30 de noviembre de 1989, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual.
- Comunicación de la Comisión relativa -en el momento de la aplicación de la Directiva del Consejo 89/656/CEE, de 30 de noviembre de 1989- a la valoración, desde el punto de vista de la seguridad, de los equipos de protección individual con vistas a su elección y utilización.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

2.1.6. ELECTRICIDAD

- Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
Modificado por: Decreto 2.295/1.985 de 9 de octubre.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Decreto 2413/1973.
- Real Decreto 614/2001 de 08/06/01 sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

2.1.7. ILUMINACIÓN, RUIDO, VIBRACIONES Y AMBIENTE DE TRABAJO

- Orden de 9 de marzo de 1971, por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.



- Real Decreto 1.316/1.989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- Real Decreto 286/2006 de 10/03/06 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Directiva de la Comisión, de 29 de mayo de 1991, relativa al establecimiento de valores límite de carácter indicativo, mediante la aplicación de la Directiva 80/1107/CEE del Consejo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo.

2.1.8. APARATOS DE ELEVACIÓN

- Orden de 9 de marzo de 1971, por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (artículos 100 a 126, ambos inclusive).
- Orden de 23 de mayo de 1.977 (BOE 14-06-77) por la que se aprueba el Reglamento de Aparatos elevadores para obras.
Modificada por: Orden de 7 de marzo de 1.981.
- Real Decreto 2.291/1.985, de 8 de noviembre. Reglamento aparatos de elevación y manutención de los mismos.
- Instrucciones Técnicas Complementarias al RD 2291/1985.
- Real Decreto 474/1.988 de 30 de marzo, por el que se dictan disposiciones de aplicación de la Directiva 88/528/CEE sobre aparatos elevadores de manejo mecánico.

2.1.9. MOVIMIENTO MANUAL DE CARGAS

- Instrumento de ratificación del Convenio 127, relativo al peso máximo de la carga que puede ser transportada por un trabajador, de 7 de junio de 1967.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

2.1.10. RECIPIENTES E INSTALACIONES A PRESIÓN

- Orden de 9 de marzo de 1971, por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (artículos 127 a 132, ambos inclusive).
- Real Decreto 1.244/1.979, de 4 de abril por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión.
Modificado por: Real Decreto 1504/1990, de 23 de noviembre.
- Real Decreto 473/1.988, de 30 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva 76/767/CEE, sobre aparatos a presión.

2.2. OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS

2.2.1. PROMOTOR

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o varios trabajadores autónomos, el promotor, antes

Documento N°7 Estudio básico de seguridad 27



del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

2.2.2. DIRECCIÓN FACULTATIVA

La Dirección Facultativa considerará el Estudio de Seguridad y Salud como parte integrante de la ejecución de la obra, correspondiéndole el control y supervisión de la ejecución del Plan de Seguridad y Salud, autorizando previamente cualquier modificación de éste, dejando constancia escrita en el Libro de Incidencias.

2.2.3. COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Coordinará la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad:

- Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
- Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.

Coordinará las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del Real Decreto 1626/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Aprobará el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones contenidas en el mismo.

Organizará la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Coordinará las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.

Adoptará las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

2.2.4. EMPRESA CONTRATISTA

El Contratista estará obligado responsablemente a cumplir y a hacer cumplir a su personal y al personal de los posibles gremios o empresas subcontratadas, empresas de suministros, transporte, mantenimiento o cualquier otra, todas las disposiciones y normas legales existentes a nivel internacional, estatal, autonómico, provincial y local que sean de aplicación y estén vigentes o entren en vigencia durante la realización de la obra.

Todo lo que sin apartarse del espíritu general del Proyecto ordene la Promoción o la Dirección Facultativa será ejecutado obligatoriamente por el Contratista aún cuando no esté estipulado expresamente en el mismo.



En ningún caso podrá deducirse relación contractual alguna entre las subcontratas o cualquier empresa de suministros, transporte, mantenimiento u otras y la Promotora como consecuencia del desarrollo de aquellos trabajos parciales correspondientes al subcontrato o a compras y pedidos. El Contratista será, en todo caso, responsable de las actividades de las citadas empresas y de las obligaciones derivadas.

Es responsabilidad del Contratista la ejecución correcta de las medidas fijadas en el Plan de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente de las consecuencias que se deriven tanto el Contratista como las subcontratas o similares (suministro, transporte, mantenimiento u otras) que en la obra existieran respecto a la inobservancia de dichas medidas que fueren a los segundos imputables.

El Contratista, o el Contratista y las subcontratas solidariamente, será el único responsable frente al propio personal y la Administración, Organismos Públicos y privados o cualquier otro ente y/o persona física o jurídica de la correcta aplicación y cumplimiento de las obligaciones derivadas de la legislación vigente, especialmente en materia laboral y de seguridad e higiene. Esta responsabilidad se extiende en caso de accidente sufrido durante la realización de los trabajos.

El Contratista, o el Contratista y las subcontratas solidariamente, responderán íntegramente con entera indemnidad de la Promoción y de la Dirección, aún cuando cualquiera de estas últimas, una de ellas o las dos, fueran solidariamente sancionadas.

El Contratista, o el Contratista y las subcontratas solidariamente, será el único responsable de los daños y perjuicios, de cualquier índole, causados a terceras personas, bienes o servicios con motivo de los trabajos.

El Contratista no podrá ceder ni traspasar ninguna de las obligaciones responsables asumidas a terceras personas sin el previo consentimiento escrito y expreso de la Promoción.

Por el hecho de autorizarse la cesión o traspaso citados en el punto anterior, el Contratista no quedará relevado bajo ningún concepto de las obligaciones y responsabilidades que pudieran derivarse para la Promoción o para la Dirección por las acciones u omisiones cometidas por el tercero subrogado, respondiendo en su mérito solidariamente con este.

Son obligaciones generales del Contratista, y de los posibles subcontratistas y similares (suministros, transporte, mantenimiento u otras) si los hubiera, cumplir con lo establecido por la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y cuantas, en materia de Seguridad y Salud Laboral, fueran de aplicación en los centros o lugares de trabajo de la Empresa, por razón de las actividades laborales que en ella se realicen.

La empresa contratista viene obligada a cumplir las directrices contenidas en el Estudio de Seguridad y Salud, a través del Plan de Seguridad y Salud, coherente con el anterior y con los sistemas de ejecución que la misma vaya a emplear. El Plan de Seguridad y Salud contará con la aprobación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, y será previo al comienzo de la obra.

2.2.5. TRABAJADORES

Dispondrán de una adecuada formación sobre Seguridad y Salud Laboral mediante la información de los riesgos a tener en cuenta así como sus correspondientes



medidas de prevención. La información deberá ser comprensible para los trabajadores afectados.

De acuerdo con el artículo 29 de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos son las siguientes:

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar.
- Informar de inmediato a su superior jerárquico directo, y a los trabajadores designados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

El incumplimiento por los trabajadores de las obligaciones en materia de prevención de riesgos a que se refieren los apartados anteriores tendrá la consideración de incumplimiento laboral a los efectos previstos en el artículo 58.1 del Estatuto de los Trabajadores.

2.3. ORGANIZACION GENERAL DE LA SEGURIDAD EN OBRA

2.3.1. VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES

Reconocimientos: Se deberá efectuar un reconocimiento médico a los trabajadores antes de que comiencen a prestar sus servicios en la obra, comprobando que son aptos (desde el punto de vista médico) para el tipo de trabajo que se les vaya a encomendar.

Periódicamente se efectuarán reconocimientos médicos a todo el personal de la obra.



Botiquín de primeros auxilios: El contenido de los botiquines se ajustará a lo especificado en el Anexo VI del rd 486/97 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, debiendo estar atendido por persona cualificada, que al menos haya seguido un cursillo sobre primeros auxilios.

2.3.2. ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA DEL CONTRATISTA

Conforme a la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las empresas intervinientes en la ejecución de la obra designarán sus representantes en materia de seguridad y salud.

2.3.3. PARTES

Informes de accidentes

Por cada accidente ocurrido, aunque haya sido sin baja, se rellenará un informe (independientemente y aparte del modelo oficial que se rellene para el envío a los Organismos Oficiales) en el que se especificarán los datos del trabajador, día y hora, lesiones sufridas, lugar donde ocurrió, maquinaria, maniobra o acción causante del accidente y normas o medidas preventivas a tener para evitar su repetición.

El informe deberá ser confeccionado por el responsable de obra de la empresa cuyo trabajador se haya accidentado, estando igualmente el jefe de obra presente a la hora de rellenar dicho parte. Serán enviadas copias del mismo a la Dirección Facultativa, constructor o Contratista Principal y Comité de Seguridad y Salud o Trabajadores Designados en tareas de Prevención de Riesgos.

Parte de deficiencias

El responsable de la obra, emitirá periódicamente partes de detección de riesgos en los que se indicarán la zona de obra, los riesgos observados y las medidas de seguridad a implantar (o reparar) para su eliminación.

Copia de estos partes será enviada a la Dirección Facultativa, constructor o Contratista Principal y Comité de Seguridad y Salud o Trabajadores Designados en tareas de Prevención de Riesgos.

2.3.4. LIBRO DE INCIDENCIAS

Con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud en la obra, existirá un libro de incidencias habilitado al efecto y facilitado por el Colegio Oficial al que pertenezca el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Dicho libro constará de hojas duplicadas.

Las anotaciones de dicho libro podrán ser efectuadas por el constructor o contratista principal, subcontratistas y trabajadores autónomos, por personas u órganos con responsabilidad en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, por los representantes de los trabajadores, por técnicos de los organismos competentes de las Comunidades Autónomas, Inspección de Trabajo y Seguridad Social, por la dirección facultativa. Dichas anotaciones estarán únicamente relacionadas con la inobservancia de las instrucciones y recomendaciones preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud.



Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el Coordinador en materia de Seguridad y Salud estará obligado a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y a notificar la anotación al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores.

2.3.5. CONTROL DE ENTREGA DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Cada trabajador que reciba prendas de protección personal firmará un documento justificando su recepción.

En dicho documento constará el tipo y número de prendas entregadas, así como la fecha de dicha entrega y se especificará la obligatoriedad de su uso para los trabajos que en dicho documento se especifiquen.

2.4. FORMACION DEL PERSONAL

Se impartirá al personal de obra al comienzo de la misma y posteriormente con carácter periódico, charlas (o cursillos) sobre Seguridad y Salud Laboral, referidas a los riesgos inherentes a la obra en general.

Se impartirán charlas (o cursillos) específicas al personal de los diferentes gremios intervinientes en la obra, con explicación de los riesgos existentes y normas y medidas preventivas a utilizar.

Se informará a todo el personal interviniente en la obra, sobre la existencia de productos inflamables, tóxicos, etc. y medidas a tomar en cada caso.

2.5. REQUISITOS A CUMPLIR POR LAS INSTALACIONES DE HIGIENE, SANITARIAS Y LOCALES PROVISIONALES DE OBRA

Los suelos, paredes y techos de estas instalaciones serán continuos, lisos e impermeables, enlucidos en tonos claros y con materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos con la frecuencia necesaria.

Todos sus elementos, tales como grifos, desagües y alcachofas de duchas estarán siempre en perfecto estado de funcionamiento y los armarios y bancos aptos para su utilización.

Todos estos locales dispondrán de luz y calefacción y se mantendrán en las debidas condiciones de limpieza.

Botiquín

En todo centro de trabajo se dispondrá de botiquines fijos o portátiles, bien señalizados y convenientemente situados, que estarán a cargo de la persona más capacitada designada por la Empresa.

Cada botiquín contendrá como mínimo: agua oxigenada, alcohol de 96°, tintura de yodo, mercurocromo, amoniaco, gasa estéril, algodón hidrófilo, vendas, esparadrapo, antiespasmódicos, analgésicos y tónicos cardíacos de urgencia, torniquete, bolsas de goma para agua o hielo, guantes esterilizados, jeringuilla, hervidor, agujas para inyectables y termómetro clínico. Se revisarán mensualmente y se repondrá inmediatamente lo usado.



Prestados los primeros auxilios por la persona encargada de la asistencia sanitaria, la Empresa dispondrá lo necesario para la atención médica consecutiva al enfermo o lesionado.

Vestuarios y aseos

Todo centro de trabajo dispondrá de vestuarios y de aseo para uso del personal, debidamente separados para los trabajadores de uno y otro sexo, si hubiere lugar.

La superficie mínima de los mismos será de dos metros cuadrados por cada trabajador que haya de utilizarlos, y la altura mínima del techo será de 2,30 metros.

Estarán provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales, con llave, para guardar la ropa y el calzado.

Los cuartos vestuarios o los locales de aseo dispondrán de un lavabo de agua corriente, provisto de jabón, por cada diez empleados o fracción de esta cifra y de un espejo de dimensiones adecuadas por cada veinticinco trabajadores o fracción de esta cifra que finalicen su jornada de trabajo simultáneamente.

Se dotará por la Empresa de toallas individuales o bien dispondrá de secadores de aire caliente, toalleros automáticos o toallas de papel, existiendo, en este último caso, recipientes adecuados para depositar los usados.

Retretes

En todo centro de trabajo existirán retretes con descarga automática de agua corriente y papel higiénico. Se instalarán con separación por sexos cuando se empleen más de diez trabajadores.

En los retretes que hayan de ser utilizados por mujeres se instalarán recipientes especiales y cerrados.

Existirá al menos un inodoro por cada 25 hombres y otro por cada 15 mujeres o fracciones de estas cifras que trabajen la misma jornada.

Cuando los retretes comuniquen con los lugares de trabajo estarán completamente cerrados y tendrán ventilación al exterior, natural o forzada.

Si comunican con cuartos de aseo o pasillos que tengan ventilación al exterior se podrá suprimir el techo de cabinas. No tendrán comunicación directa con comedores, cocinas, dormitorios y cuartos-vestuario.

Las dimensiones mínimas de las cabinas serán de 1 metro por 1,20 de superficie y 2,30 metros de altura.

Las puertas impedirán totalmente la visibilidad desde el exterior y estarán provistas de cierre interior y de una percha.

Los inodoros y urinarios se instalarán y conservarán en debidas condiciones de desinfección, desodorización y supresión de emanaciones.

Duchas

Se instalará una ducha con agua fría y caliente por cada diez trabajadores o fracción de esta que trabajen en la misma jornada.

Las duchas estarán aisladas, cerradas en compartimentos individuales, con puertas dotadas de cierre interior.

Estarán preferentemente situadas en los cuartos vestuarios y de aseo o en locales próximos a los mismos, con la debida separación para uno y otro sexo.

Cuando las duchas no comuniquen con los cuartos vestuario y de aseo se instalarán colgaduras para la ropa, mientras los trabajadores se duchan.

Comedores



En la actualidad la tendencia es que los operarios salgan a comer fuera de la obra en los establecimientos próximos.

No obstante, si algún operario comiera en la obra, el comedor deberá tener las siguientes características:

Deben estar ubicados en lugares próximos a los de trabajo, separados de otros locales y de focos insalubres o molestos.

Los pisos, paredes y techos serán lisos y susceptibles de fácil limpieza, tendrán una iluminación, ventilación y temperatura adecuadas, y la altura mínima del techo será de 2,60 metros.

Estarán provistos de mesas, asientos y dotados de vasos, platos y cubiertos para cada trabajador.

Dispondrán de agua potable para la limpieza de utensilios y vajilla.

Independientemente de estos fregaderos existirán unos aseos próximos a estos locales.

Cuando no existan cocinas contiguas se instalarán hornillos o cualquier otro sistema para que los trabajadores puedan calentar su comida.

2.6. NORMAS TECNICAS A CUMPLIR POR LAS INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRA

Instalación eléctrica provisional de obra

Esta instalación cumplirá lo establecido en el "Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión" y concretamente en las Instrucciones Técnicas Complementarias: ITC BT 33 en el apartado "Instalaciones temporales. Obras", ITC BT 22 e ITC BT 23 "Protección de las instalaciones", MI BT 18 "Puestas a tierra", etc. en las que se dice que:

- Las instalaciones a la intemperie son consideradas como locales o emplazamientos mojados.
- Las canalizaciones serán estancas y para terminales, empalmes y conexiones se usarán sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua.
- Los aparatos de mando, protección y tomas de corriente serán del tipo protegido contra las proyecciones de agua, o bien, se instalarán en el interior de cajas que les proporcionen una protección equivalente.
- Se instalará un dispositivo de protección en el origen de cada circuito.
- Queda prohibida la utilización de aparatos móviles o portátiles, excepto cuando se utilice como sistema de protección la separación de circuitos o el empleo de pequeñas tensiones de seguridad (24 voltios)
- Los receptores de alumbrado tendrán sus piezas metálicas bajo tensión, protegidas contra las proyecciones de agua. La cubierta de los portalámparas será en su totalidad de materia aislante hidrófuga, salvo cuando se instalen en el interior de cubiertas estancas destinadas a los receptores de alumbrado, lo que deberá hacerse siempre que éstas se coloquen en un lugar fácilmente accesible (esto no rige cuando los receptores de alumbrado están alimentados a 24 voltios).
- Los conductores aislados utilizados tanto para acometidas como para las instalaciones exteriores serán de 1.000 voltios de tensión nominal, como



mínimo, y los utilizados en instalaciones interiores serán de tipo flexible aislados con elastómeros o plástico de 440 voltios, como mínimo, de tensión nominal.

Contador. Caja general de protección. Acometida

La compañía suministradora exige un módulo normalizado para la ubicación de los contadores y de la caja general de protección con sus cartuchos fusibles. Su grado de protección será tipo intemperie IP.55.

La acometida se realizará grapada a las fachadas próximas o mediante postes de sujeción. Los conductores serán de 1.000V. de tensión nominal. Se debe respetar una altura mínima al suelo de 2,5 m y, en recorridos por debajo de esta altura, se asegurará una protección mecánica de IP.55.7

Cuadro general

De la caja general de protección se realiza la derivación al equipo de medida y al cuadro general de mando y protección. Dicha derivación será, como todas las utilizadas para instalaciones exteriores de 1.000V. de tensión nominal. En instalaciones interiores podrán ser de 440 V. como mínimo de tensión nominal.

El cuadro general de mando y protección será de tipo estanco, con un grado de protección mínimo IP.55.7., contra chorro de agua y polvo. Si es metálico estará debidamente conectado a tierra.

Los elementos que se instalan adosados a la superficie del cuadro (tomas de corriente, mando de accionamiento, etc.) tendrán el mismo tipo de aislamiento y grado de protección.

Dentro del cuadro se instalarán, como mínimo, los siguientes elementos:

- Interruptor automático de corte omnipolar, accesible desde el exterior del cuadro, sin tener que abrir la tapa, que corte la corriente eléctrica a la totalidad de la obra.
- Interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad para la instalación de fuerza.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos en los diferentes circuitos de fuerza.
- Interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad para la instalación de alumbrado.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos en los diferentes circuitos de alumbrado.
- Salidas para tomas de corriente y cuadros secundarios con sus correspondientes protecciones.
- Transformador de seguridad con salida a 24 V.
- Salida de enlace con toma de tierra.

Los cuadros se mantendrán siempre con la puerta cerrada y la llave estará en posesión de una persona responsable.

Aunque, como hemos dicho antes, están preparados para la intemperie, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras de protección adicional.

En las puertas se colocarán señales normalizadas de "riesgo eléctrico".

Los tableros portantes de las bases de enchufe de los cuadros eléctricos auxiliares, deberán fijarse de manera eficaz a elementos rígidos de la edificación, que impidan el desenganche fortuito de los conductores de alimentación así como contactos con elementos metálicos que puedan ocasionar descargas eléctricas a personas u objetos.



El acceso al cuadro eléctrico deberá mantenerse despejado y limpio de materiales, barro, etc., en previsión de facilitar cualquier maniobra en caso de emergencia.

Las tomas de corriente serán estancas y adecuadas para el uso a la intemperie. Su grado de protección corresponderá a IP.44.7. Se ubicarán preferentemente en los laterales del cuadro para facilitar que éste pueda permanecer cerrado.

La tensión estará siempre en la clavija "hembra", nunca en el "macho", para evitar contactos eléctricos directos.

Los interruptores, en general, de la instalación serán tipo intemperie.

Se comprobará diariamente el buen estado de los interruptores diferenciales accionando el pulsador de prueba.

Cuadros secundarios

Los diferentes cuadros secundarios que se puedan utilizar en la obra cumplirán los mismos requisitos que el cuadro general.

Deberán contener el interruptor general automático de corte omnipolar, los diferenciales de fuerza y alumbrado y los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos (magnetotérmicos).

Los cuadros secundarios de distribución serán de las mismas características que los cuadros generales, pero si se instalan en interiores o locales secos, su grado de protección será de IP.543.

Conductores

El grado de protección para los elementos de la instalación que estén a la intemperie será mínimo IP.45 y los cables de exterior serán de tensión mínima de 450/750 V con cubierta de policloropreno o similar.

No se colocarán por el suelo en zonas de paso de vehículos y acopio de cargas; en caso de no poder evitar que discurran por esas zonas se dispondrán elevados y fuera del alcance de los vehículos que por allí deban circular o enterrados y protegidos por una canalización resistente y debidamente señalizada.

El tendido de los cables para cruzar viales de obra se efectuará enterrado. Se señalará el "paso del cable" mediante una cubrición permanente de tablones. La profundidad mínima de la zanja será de 40 cm. y el cable irá además protegido en el interior de un tubo rígido.

Asimismo, deberán colocarse elevados si hay zonas encharcadas.

Sus extremos estarán dotados de sus correspondientes clavijas de conexión y se prohíbe conectar directamente los hilos desnudos en las bases de enchufe.

En caso de tener que realizar empalmes, éstos se realizarán por personas especializadas, y las condiciones de estanqueidad serán como mínimo las propias del conductor. Siempre se colocarán elevados prohibiéndose mantenerlos en el suelo.

Un cable deteriorado no debe forrarse con esparadrappo, cinta aislante ni plástica, sino con la autovulcanizante, cuyo poder de aislamiento es muy superior a las anteriores, y de cualquier modo, las condiciones de estanqueidad serán como mínimo las propias del conductor.

Los cables para conexión a las tomas de corriente de las diferentes máquinas, llevarán además de los hilos de alimentación eléctrica correspondientes, uno más para la conexión a tierra en el enchufe.



El trazado de las mangueras de suministro eléctrico a las plantas será colgado a una altura sobre el pavimento de unos 2 m. para evitar accidentes por agresión a las mangueras por uso a ras de suelo.

Las mangueras de alargadera, por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Las clavijas para la toma de corriente del conjunto de las instalaciones provisionales interiores deben ser las mismas en el conjunto de la obra. La elección debe ser efectuada en el comienzo de la obra y puesta en conocimiento de todas las empresas a las cuales se les debe prohibir introducir en la obra clavijas de otro standard no compatibles.

Puesta a tierra

Consiste en unir a la masa terrestre un punto de una instalación eléctrica de baja resistencia.

La toma de tierra de la instalación estará constituida por:

Punto de puesta a tierra, constituido por un dispositivo de conexión (regleta, borne) que permite la unión entre los conductores de la línea de enlace y principal de tierra.

Línea de enlace con tierra formado por los conductores que unen el electrodo con el punto de puesta a tierra, con sección mínima de 35 mm².

Electrodo, masa metálica permanentemente en buen contacto con el terreno.

Pueden ser:

- Placas enterradas de cobre con espesor mínimo de 2 mm. o de hierro de 2,5 mm., siendo la superficie útil mayor que 0,5 m².
- Picas verticales de tubo de acero recubierto de cobre o cromo de 25 mm. de diámetro o perfiles de acero dulce de 60 mm. de lado y barras de cobre de 15 mm. Las longitudes mínimas no serán menores de 2 m.
- Conductores enterrados horizontalmente, de cobre desnudo, de 35 mm² de sección, pletinas de cobre de 35 mm. y 2 mm. de espesor o cables de acero galvanizado de 95 mm².

Toda máquina utilizada en la obra con alimentación eléctrica que trabaje a tensiones superiores a 24V. y no posea doble aislamiento, deberá estar dotada de puesta a tierra, con resistencia adecuada; esta adecuación estará en función de la sensibilidad del interruptor diferencial, cuya relación será:

I. Diferencial de 30mA - Resistencia a tierra máxima 800 ohmios

I. Diferencial de 300mA - Resistencia a tierra máxima 80 ohmios

Las casetas metálicas de obra que dispongan de instalación eléctrica estarán conectadas a tierra.

Los conductores para puesta a tierra irán directamente de la máquina al electrodo, sin interposición de fusibles ni dispositivos de corte alguno.

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, la puesta a tierra será medida y comprobada por personal especializado antes de la puesta en servicio del cuadro general de distribución a la obra.

Periódicamente, como mucho una vez al año, se comprobará la resistencia de tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren.

Alumbrado

La instalación de alumbrado que se emplea en la obra, una vez que se comienzan los cerramientos y en los sótanos, deberá conseguir un nivel mínimo de intensidad de



iluminación comprendido entre 20 y 100 lux, dependiendo que sean zonas ocupadas o no.

Los puntos fijos de alumbrado se situarán en superficies firmes.

Las lámparas de incandescencia irán protegidas mediante pantallas de protección.

En general, los puntos de luz que estén a la intemperie estarán protegidos contra chorro de agua y su correspondiente grado de protección IP.55.

El alumbrado portátil estará alimentado mediante transformador de seguridad a la tensión de 24 voltios. No se emplearán casquillos metálicos y la lámpara estará protegida contra golpes con un grado de protección mínimo correspondiente a la cifra 3.

Tendrán mango aislante (caucho o plástico).

La conexión no será desmontable.

El casquillo será inaccesible y montado sobre soporte aislante.

El plafón será estanco y resistente a los choques térmicos.

Herramientas portátiles

Siempre que se trabaje en ambientes húmedos serán de clase II (doble aislamiento 1) o clase III (se alimentan a tensiones de seguridad). Como protección adicional estarán protegidas mediante interruptores diferenciales de alta sensibilidad (30 mA).

Resto de maquinaria de obra

Su grado de protección será el exigido para trabajos a la intemperie.

Teniendo en cuenta que la tensión de alimentación es mayor que 50 voltios y que son de clase 0 y I, deberán estar conectados a la red de puesta a tierra. Esta debe tener baja resistencia óhmica (<80 ohmios), teniendo en cuenta que el diferencial al que están conectados es de media sensibilidad (300 mA)

Protección contra incendios

Las causas que propician la aparición de un incendio en una obra no son distintas de las que lo generan en otro lugar: existencia de una fuente de ignición (hogueras, braseros, energía solar, trabajos de soldadura, conexiones eléctricas, cigarrillos, etc.) junto a una sustancia combustible (encofrados de madera, carburante para la maquinaria, pinturas, etc.) puesto que el comburente (oxígeno), está presente en todos los casos.

Por todo ello, se realizará una revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional así como el correcto acopio de sustancias combustibles a lo largo de la ejecución de la obra.

Almacenamiento y señalización de productos

Los productos, tales como disolventes, pinturas, barnices adhesivos, etc., y otros productos de riesgo se almacenarán en lugares ventilados con los envases cerrados debidamente en locales limpios, alejados de focos de ignición y debidamente señalizados. El carácter específico y la toxicidad de cada producto peligroso estará indicado por la señal de peligro característica.

2.7. NORMAS TECNICAS A CUMPLIR POR LOS ELEMENTOS DE PROTECCION COLECTIVA Y SU INSTALACION, MANTENIMIENTO CAMBIO Y RETIRADA

Extintores



Serán adecuados en agente extintor y tamaño al tipo de incendio previsible y se revisarán conforme a lo establecido en el RD 1942/1993 Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

Interruptores diferenciales y tomas de tierra

La sensibilidad mínima de los interruptores diferenciales será para alumbrado de 30 mA y para fuerza de 300 mA.

La resistencia de las tomas de tierra no será superior a la que garantice, de acuerdo con la sensibilidad del interruptor diferencial, una tensión máxima de 24 V.

Se medirá su resistencia periódicamente y, al menos, en la época más seca del año.

Portabotellas

Las bombonas de oxígeno y acetileno se llevarán siempre sobre carro portabotellas.

Válvulas antirretroceso

Los equipos de soldadura oxiacetilénica llevarán los correspondientes manorreductores en las botellas y las válvulas antirretroceso a la salida de estos como mínimo, pudiendo verse complementadas estas por otra válvula a la entrada del soplete.

Instalación, cambio y retirada

La instalación, cambio y retirada de los medios de protección colectivos serán efectuadas por personal adiestrado en dicho trabajo y convenientemente protegidos por las prendas de protección personal que en cada caso sean necesarias.

Revisiones y mantenimiento

Los elementos de protección colectiva serán revisados periódicamente y se adscribirá un equipo de trabajo para arreglo y reposición de los mismos.

2.8. NORMAS A CUMPLIR POR LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Todos los equipos de protección individual o elementos de protección colectiva tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente) será desechado y repuesto al momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

Todo elemento de protección personal se ajustará a lo dictado en el R.D. 1407/1992, de 20 de noviembre, en cuanto a su homologación.

2.9. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LA MAQUINARIA EN GENERAL Y SU MANTENIMIENTO



La maquinaria dispondrá de todos los accesorios de prevención establecidos, serán manejados por personal especializado, se mantendrán en buen uso, para lo cual se someterán a revisiones periódicas y en caso de averías o mal funcionamiento se paralizarán hasta su reparación.

Los elementos de protección, tanto personales como colectivos deberán ser revisados periódicamente para que puedan cumplir eficazmente su función.

Toda la maquinaria de elevación de acuerdo con el Art. 103 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, estará sometida a un seguro de mantenimiento cuyo control se llevará a través del libro de mantenimiento.

En el resto de la maquinaria, se llevará el mismo control sobre homologación, inspecciones técnicas (ITV), etc.

Además de las prescripciones particulares de este pliego se cumplirá en cada caso lo especificado en la vigente Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Reglamento de Seguridad en las Máquinas, etc.

Para lo anteriormente expuesto, se insiste de forma general en los aspectos siguientes, referentes a características, forma de empleo y mantenimiento.

Máquinas en general

Las máquinas herramientas con trepidación estarán dotadas de mecanismos de absorción y amortiguación.

Los motores con transmisión a través de ejes y poleas, estarán dotados de carcasas protectoras antiatrapamientos (sierras, compresores, etc.).

Las carcasas protectoras de seguridad a utilizar, permitirán la visión del objeto protegido (poleas, correas, etc.).

Los motores eléctricos estarán cubiertos de carcasas protectoras eliminadoras del contacto directo con la energía eléctrica. Se prohíbe su funcionamiento sin carcasa o con deterioros importantes de éstas.

Se prohíbe la manipulación de cualquier elemento componente de una máquina accionada mediante energía eléctrica, estando conectada a la red de suministro.

Los engranajes de cualquier tipo de accionamiento mecánico, eléctrico o manual estarán cubiertos por carcasas protectoras antiatrapamientos.

Las máquinas de funcionamiento irregular o averiadas serán retiradas inmediatamente para su reparación.

Las máquinas averiadas que no se puedan retirar se señalarán con carteles de aviso con la leyenda: "MAQUINA AVERIADA, NO CONECTAR".

La misma persona que instale el letrero de aviso de "máquina averiada, ..." será la encargada de retirarlo, en prevención de conexiones a puestas en servicios fuera de control.

Se prohíbe la manipulación y operaciones de ajuste y arreglo de máquinas al personal no especializado en la máquina objeto de reparación.

En las máquinas hidráulicas nunca se alterarán los valores de regulación de presión indicados, así como tampoco los precintos de control.

Como precaución adicional, para evitar la puesta en servicio de máquinas averiadas o de funcionamiento irregular, se bloquearán los arrancadores, o en su caso, se extraerán los fusibles eléctricos.

Para el caso de corte o suministro de energía, se recomienda la protección de las máquinas con un dispositivo automático de desconexión, de forma que al restituirse el suministro, el rearme de la máquina sea necesario, para su puesta en servicio.



Sólo el personal autorizado con documentación escrita específica, será el encargado de la utilización de una determinada máquina o máquina-herramienta.

Las máquinas que no sean de sustentación manual se apoyarán siempre sobre elementos nivelados y firmes.

Los peldaños y escaleras de las máquinas de elevación, se conservarán en buenas condiciones.

Usar una boquilla de conexión automática para inflar los neumáticos, de las máquinas de elevación y colocarse detrás de éstos cuando los esté inflando.

Se prohíbe la estancia y transporte de otras personas, además del maquinista, en las carretillas elevadoras mientras se esté trabajando.

No abandonar la carretilla elevadora cargada, ni con el motor en marcha ni con los elementos de elevación subidos.

Cuando existan líneas eléctricas áreas en las proximidades de la zona de trabajo, el conductor de las máquinas elevadoras mantendrá constante atención para guardar en todo momento la distancia mínima de seguridad requerida.

2.10. NORMAS PARA EL MANEJO DE HERRAMIENTAS ELECTRICAS

Todas las máquinas y herramientas eléctricas que no posean doble aislamiento, deberán estar conectadas a tierra.

El circuito al cual se conecten, debe estar protegido por un interruptor diferencial de 0,03 amperios de sensibilidad.

Los cables eléctricos, conexiones, etc. deberán estar en perfecto estado, siendo conveniente revisarlos con frecuencia.

Cuando se cambien útiles, se hagan ajustes o se efectúen reparaciones, se deben desconectar del circuito eléctrico, para que no haya posibilidad de ponerlas en marcha involuntariamente.

Si se necesita usar cables de extensión se deben hacer las conexiones empezando en la herramienta y siguiendo hacia la toma de corriente.

Cuando se usen herramientas eléctricas en zonas mojadas, se deben utilizar con el grado de protección que se especifica en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Nunca se deben dejar funcionando las herramientas eléctricas portátiles, cuando no se están utilizando. Al apoyarlas sobre el suelo, andamios, etc., deben desconectarse.

Las herramientas eléctricas (taladro, rotaflex, etc.) no se deben llevar colgando agarradas del cable.

Cuando se pase una herramienta eléctrica portátil de un operario a otro, se debe hacer siempre a máquina parada y a ser posible dejarla en el suelo para que el otro la coja y no mano a mano, por el peligro de una posible puesta en marcha involuntaria.

2.11. NORMAS PARA EL MANEJO DE HERRAMIENTAS DE MANO

Mantener las herramientas en buen estado de conservación.

Cuando no se usan, tenerlas recogidas en cajas o cinturones porta-herramientas.

No dejarlas tiradas por el suelo, en escaleras, bordes de forjados o andamios, etc.



Usar cada herramienta únicamente para el tipo de trabajo para el cual está diseñada. No utilice la llave inglesa como martillo, el destornillador como cincel o la lima como palanca, pues hará el trabajo innecesariamente peligroso.

Los mangos de las herramientas deben ajustar perfectamente y no estar rajados.

Las herramientas de corte deben mantenerse perfectamente afiladas.

2.12. NORMAS PARA EL IZADO, DESPLAZAMIENTO Y COLOCACION DE CARGAS

Una vez enganchada la carga tensar los cables elevando ligeramente la misma y permitiendo que adquiera su posición de equilibrio.

Si la carga está mal amarrada o mal equilibrada se debe volver a depositar sobre el suelo y volverla a amarrar bien.

No hay que sujetar nunca los cables en el momento de ponerlos en tensión, con el fin de evitar que las manos queden cogidas entre la carga y los cables.

Siempre que fuera necesario se utilizarían sogas para guiar la carga y para que los trabajadores estén alejados del radio de acción de estas.

Durante el izado de la carga solamente se debe hacer esta operación sin pretender a la vez desplazarla. Hay que asegurarse de que no golpeará con ningún obstáculo.

El desplazamiento debe realizarse cuando la carga se encuentre lo bastante alta como para no encontrar obstáculos. Si el recorrido es bastante grande, debe realizarse el transporte a poca altura y a marcha moderada.

Durante el recorrido el conductor de la carretilla elevadora debe tener constantemente ante la vista los obstáculos que pueden entorpecer el normal desplazamiento de la carga, y si esto no fuera posible, contará con la ayuda de un señalista.

Para colocar la carga en el punto necesario primero hay que bajarla a ras de suelo y, cuando ha quedado inmovilizada, depositarla. No se debe balancear la carga para depositarla más lejos.

La carga hay que depositarla sobre calzos en lugares sólidos evitándose tapas de arquetas.

Se debe tener cuidado de no aprisionar los cables o elementos de sujeción al depositar la carga.

Antes de aflojar totalmente los elementos de sujeción, hay que comprobar la estabilidad de la carga en el suelo, aflojando un poco los cables.

2.13. NORMAS TECNICAS A CUMPLIR POR LOS MEDIOS AUXILIARES Y SU MANTENIMIENTO

Previsiones en los medios auxiliares

Los medios auxiliares de obra corresponden a la ejecución y no a las medidas y equipos de seguridad, si bien deben cumplir adecuadamente las funciones de seguridad.

Andamios y plataformas en general

Antes de su primera utilización, el Jefe o Encargado de las obras someterá el andamiaje a una prueba de plena carga, posterior a efectuar un riguroso reconocimiento de cada uno de los elementos que lo componen.



En el caso de andamios colgados y móviles de cualquier tipo, la prueba de plena carga se efectuará con la plataforma próxima al suelo.

Diariamente y antes de comenzar los trabajos, el encargado de los tajos deberá realizar una inspección ocular de los distintos elementos que puedan dar origen a accidentes, tales como apoyos, plataformas de trabajo, barandillas y en general todos los elementos sometidos a esfuerzo.

En todo momento se mantendrá acotada la zona inferior a la que se realizan los trabajos, y si eso no fuera suficiente, para evitar daños a terceros, se mantendrá una persona como vigilante.

Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm. de anchura y estarán firmemente ancladas a los apoyos de tal forma que se eviten los movimientos por deslizamiento o vuelco.

Las plataformas de trabajo ubicadas a 2 o más metros de altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm. de altura, formadas por pasamanos, barra o listón intermedio y rodapié.

Plataformas elevadoras automotoras y carretillas elevadoras:

- La conducción de los equipos de trabajo está reservada a los trabajadores que hayan recibido una formación específica.
- Antes de circular con este tipo de vehículos cerciorarse de la firmeza y solidez del suelo, recabando información del jefe de obra si es preciso sobre la ausencia de riesgos de corrimiento de tierras y ausencia de conducciones subterráneas que puedan ceder a su paso.
- Establecer normas de circulación. Señalizar las rutas si es preciso.
- Hay que dictar normas de procedimiento y medidas de organización para evitar atropellos de operarios.
- El acompañamiento de trabajadores en equipos de trabajo móviles movidos mecánicamente sólo debe ser autorizado si se adoptan las medidas necesarias al caso.
- Cuando los equipos funcionen con motor de combustión, deberá garantizarse en la zona una cantidad de aire suficiente para que no suponga riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.

Andamios tubulares

Los apoyos en el suelo se realizarán sobre zonas que no ofrezcan puntos débiles, por lo que es preferible usar durmientes de madera o bases de hormigón que repartan las cargas sobre una mayor superficie y ayuden a mantener la horizontalidad de la plataforma de trabajo.

Se dispondrán varios puntos de anclaje distribuidos por cada cuerpo de andamio y cada planta de la obra, para evitar vuelcos, a partir de los 5 m de altura.

Todos los cuerpos del conjunto deberán disponer de arriostramientos del tipo de "Cruces de San Andrés". Este arriostramiento no se puede considerar una protección para la plataforma de trabajo.

Durante el montaje, se vigilará el grado de apriete de cada abrazadera para que sea el idóneo, evitando tanto que no sea suficiente y pueda soltarse, como que sea excesivo y pueda partirse.

Los trabajos de montaje y desmontaje, se realizarán con cinturones de seguridad y dispositivos anti-caída, y por los operarios especialistas de la casa suministradora de los andamios.



Plataformas de trabajo en andamios tubulares

El ancho mínimo será de 60 cm.

Los elementos que la compongan se fijarán, a la estructura portante, de modo que no puedan darse basculamientos u otros movimientos peligrosos.

Su perímetro se protegerá mediante barandillas resistentes de 90 cm. de altura. con rodapiés de 20 cm. de altura para evitar posibles caídas de materiales, así como con otra barra o listón intermedio que cubra el hueco que queda entre ambas.

Si la plataforma se realiza con madera, será sana, sin nudos ni grietas que puedan dar lugar a roturas, siendo el espesor mínimo de 5 cm.

Si son metálicas deberán tener una resistencia suficiente al esfuerzo a que van a ser sometidas.

Se cargarán, únicamente, los materiales necesarios para asegurar la continuidad del trabajo.

Los accesos a la plataforma de trabajo se realizarán mediante escalera adosada o integrada, no debiendo utilizarse para este fin los travesaños laterales de la estructura del andamiaje, los cuales sirven únicamente para montaje del andamio.

Andamios de borriquetas

Este tipo de andamios y plataformas deberán reunir las mejores condiciones de apoyo y estabilidad, e irán arriostrados de manera eficaz de forma que eviten basculamientos, el piso será resistente y sin desniveles peligrosos.

Hasta 3 m de altura podrán emplearse sin arriostramiento.

Cuando se empleen en lugares con riesgo de caída desde más de 2 m de altura o se utilicen para trabajos en techos, se dispondrán barandillas resistentes de 90 c. de altura (sobre el nivel de la citada plataforma de trabajo) y rodapiés de 20 cm.

Esta protección se fijará en todos los casos en que el andamio esté situado en la inmediata proximidad de un hueco abierto (balcones, ventanas, huecos de escalera, plataformas abiertas) o bien se colocarán en dichos huecos barandillas de protección.

No se utilizarán ladrillos ni otro tipo de materiales quebradizos para calzar los andamios, debiendo hacerlo, cuando sea necesario, con tacos de madera convenientemente sujetos.

Plataformas de trabajo sobre las borriquetas

Se realizarán con madera sana, sin nudos y grietas que puedan ser origen de roturas.

El espesor mínimo de los tablonos será de 5 cm.

El ancho mínimo del conjunto será de 60 cm.

Los tablonos se colocarán y atarán de manera que no puedan darse basculamientos u otros movimientos peligrosos.

Los tablonos, en su apoyo sobre las borriquetas, no presentarán más voladizo que el necesario para atarlos.

Se cargarán únicamente los materiales necesarios para asegurar la continuidad del trabajo.

Equipo de soldadura eléctrica

Dispondrá de puesta a tierra correcta de la máquina y del conductor activo que se conecta a la pieza a soldar.

Las mangueras o conductores serán de una sola pieza sin empalmes y en perfecto estado de conservación por casa especializada.

La máquina estará en perfectas condiciones con la carcasa cerrada.



El empleo de este equipo estará reservado a personal cualificado.

Equipo de soldadura oxiacetilénica

El equipo de soldadura oxiacetilénica estará compuesto de carro portabotellas, soplete, válvulas antirretroceso, mangueras roja y azul para acetileno y oxígeno respectivamente en buen estado, sujetas con abrazaderas, manorreductores, manómetros de alta y de baja, válvula de membrana en la salida del manorreductor y llave de corte.

Escaleras portátiles

Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.

Las escaleras metálicas estarán pintadas con pinturas antioxidación que las preserven de las agresiones de la intemperie.

Las escaleras metálicas a utilizar en esta obra, no estarán suplementadas con uniones soldadas.

El empalme de escaleras metálicas se realizará mediante la instalación de los dispositivos industriales fabricados para tal fin.

Escaleras de tijeras

Son de aplicación las condiciones enunciadas para las calidades "madera" o "metal".

Las escaleras de tijera a utilizar en esta obra, estarán dotadas en su articulación superior, de topes de seguridad de apertura.

Las escaleras de tijeras estarán dotadas hacia la mitad de su altura, de cadenilla (o cable de acero) de limitación de apertura máxima.

Las escaleras de tijera se utilizarán siempre como tales abriendo ambos largueros para no mermar su seguridad.

Las escaleras de tijera nunca se utilizarán a modo de borriquetas para sustentar las plataformas de trabajo.

Las escaleras de tijera en posición de uso, estarán montadas con los largueros en posición de máxima apertura para no mermar su seguridad.

Las escaleras de tijera no se utilizarán, si la posición necesaria para realizar un determinado trabajo, obliga a ubicar los pies en los 3 últimos peldaños.

Las escaleras de tijera se utilizarán montadas siempre sobre pavimentos horizontales (o sobre superficies provisionales horizontales).

Escaleras de mano

Se prohíbe la utilización de escaleras de mano para salvar alturas superiores a 5 m.

Está prohibido el acceso a lugares de altura igual o superior a 7 m mediante el uso de escaleras de mano sin largueros reforzados en el centro, contra oscilamientos.

Las escaleras de mano, estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de seguridad.

Las escaleras de mano, estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso.

Las escaleras de mano sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar. Esta cota se medirá en vertical desde el plano de desembarco, al extremo superior del larguero.

Las escaleras de mano se instalarán de tal forma, que su apoyo inferior diste de la proyección vertical del superior, 1/4 de la longitud del larguero entre apoyos.



2.14. PREVENCIÓN DE RIESGOS HIGIENICOS

Ruido

Cuando los Niveles Diarios Equivalentes de ruido, o el Nivel de Pico, superen lo establecido en el R.D. 1316/1.989 del 27 de Octubre (sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo) se dotará a los operarios de protectores auditivos debidamente homologados y acordes con la frecuencia del ruido a atenuar.

Por encima de los 80 dBA de ruido, se proveerá a los operarios afectados de protectores auditivos.

Por encima de los 90 dBA (de nivel diario equivalente) o 140 dBA de nivel de Pico será obligatorio el uso de protectores auditivos por todo el personal afectado.

Iluminación

En todos aquellos trabajos realizados al aire libre de noche o en lugares faltos de luz natural, se dispondrá una adecuada iluminación artificial que cumplirá los mínimos siguientes:

- Lugares de paso: 20 lux
- Lugares de trabajo en los que la distinción de detalles no sea esencial: 50 lux
- Cuando sea necesario una pequeña distinción de detalles: 100 lux

Así como lo especificado en los Art. 191 de la O.T.C.V.C. y Art. 25 y siguientes de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

2.15. NORMAS PARA LA CERTIFICACION DE LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SALUD

Una vez al mes, la empresa constructora extenderá la valoración de las partidas que, en materia de seguridad y salud, se hubiesen realizado en la obra; la valoración se hará conforme al Plan de Seguridad y Salud de acuerdo con los precios contratados por la propiedad: esta valoración será visada y aprobada por la Dirección Facultativa y sin este requisito no podrá ser abonada por la Propiedad.

El abono de las certificaciones expuestas en el párrafo anterior se hará conforme se estipule en el contrato de obra.

Se tendrán en cuenta a la hora de redactar el presupuesto del Plan de Seguridad y Salud, sólo las partidas que intervienen como medidas de seguridad y salud, haciendo omisión de medios auxiliares, sin los cuales la obra no se podría realizar.

En caso de ejecutar en obra unidades no previstas en el presente presupuesto se definirán total y correctamente las mismas y se les adjudicará el precio correspondiente procediéndose para su abono, tal y como se indica en los aparatos anteriores.

En caso de plantearse una revisión de precios, el Contratista comunicará esta proposición a la propiedad por escrito, habiendo obtenido la aprobación previa de la Dirección Facultativa.

Las certificaciones estarán valoradas de acuerdo con la forma de medir expuesta en el proyecto, bien sea, ud., ml., m², o m³, de acuerdo con los precios descompuestos del Plan de Seguridad y Salud, aplicándose criterios coherentes de medición y valoración, en el caso de establecerse precios contradictorios.





3. PRESUPUESTO

3.1. PROTECCIONES PERSONALES

Nº de orden	Concepto /referencia	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
3.1.1	Suministro de juego de botas de seguridad, con refuerzo metálico en puntera, plantilla antipunzonante y lengüeta anti-partículas candentes para los soldadores, homologadas y certificadas según CEE.	6	23,40	140,40
3.1.2	Suministro de casco de seguridad, con arnés de adaptación y material resistente al impacto, homologados y certificados según CEE.	6	10,15	60,90
3.1.3	Suministro de cinturón de seguridad con arnés y cinchas de fibra de poliéster, anillas de acero estampado con resistencia a la tracción superior a 115 kt/mm ² , hebillas con mordientes de acero troquelado, cuerda de longitud opcional y mosquetón de acero estampado, homologados y certificados según CEE.	4	114,20	456,80
3.1.4	Suministro de gafas antiproyecciones con cazoleta de armadura rígida y protecciones laterales, homologadas y certificadas según CEE.	6	5,95	35,70
3.1.5	Suministro de juego de guantes de cuero para carga y descarga, homologados y certificados según CEE.	6	3,25	19,50
3.1.6	Suministro de equipo para soldadura autógena, compuesto por: - Pantalla soldadura eléctrica de cabeza resistente a la perforación y penetración de un objeto candente. - Juego de guantes de puño largo de cuero. - Juego de manguitos de cuero. - Delantal de cuero. - Juego de polainas de cuero con sujeción debajo del calzado. Homologado y certificado según CEE.	3	44,75	134,25
3.1.7	Suministro de gafas para soldadura oxiacetilénica, homologadas y certificadas según CEE.	3	13,25	39,75
	Total capítulo 3.1			887,30



3.2. PROTECCIONES COLECTIVAS

Nº de orden	Concepto /referencia	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
3.2.1	Extintor de polvo a presión de 12 Kg con soporte. Incluido colocación y desmontaje (para un solo uso).	3	71,65	214,95
3.2.2	Ud. cuadro eléctrico de ejecución metálica, construido en chapa de acero de 2,5 mm. de espesor, bastidor interior autoportante, pintado interior y exteriormente previo tratamiento anticorrosivo y desengrasante de la chapa con doble puerta de acceso conteniendo en su interior el siguiente material electrico instalado: - 1 interruptor automático con relés magnetotérmicos regulables de 63 A, de intensidad nominal, fabricación Metrón. - 4 interruptores automáticos de 2x10 A. - 2 interruptores automáticos de 2x16 A - 1 interruptor automático de 2x25 A. - 1 interruptor automático de 4x16 A. - 1 interruptor automático de 4x63 A. - 2 interruptores diferenciales de 4x16 A y 30 mA de sensibilidad. - 1 interruptor diferencial de 2x25 A y 30 mA de sensibilidad. - 1 interruptor diferencial de 2x16 A y 30 mA de sensibilidad. - 1 interruptor diferencial de 4x63 A y 30 mA de sensibilidad. - 1 interruptor diferencial de 4x40 A y 300 mA de sensibilidad. - 6 contactores guardamotores de 16 A, Telemecánica, bobina a 220 V y relés térmicos, regulación 4÷ 6 A.	2	318,00	636,00
	Total capítulo 3.2			850,95



3.3. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

Nº de orden	Concepto /referencia	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
3.3.1	Botiquín de urgencia con contenidos mínimos obligatorios. Incluido colocación y desmontaje (para un sólo uso).	2	92,45	184,90
3.3.2	Reposición de material sanitario para botiquín durante el transcurso de la obra.	2	72,60	145,20
	Total capítulo 3.3			330,10

3.4. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

1. PROTECCIONES PERSONALES	887,30 €
2. PROTECCIONES COLECTIVAS	850,95 €
3. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	330,10 €
TOTAL PRESUPUESTO	2.068,35 €

El Presupuesto final de Seguridad y Salud asciende a dos mil, sesenta y ocho Euros con treinta y cinco céntimos.



Tudela, Septiembre de 2013

Firmado:

AMAIA MUTILVA ZABALEGUI
Ingeniero Técnico Industrial Mecánico con Intensificación en Diseño Industrial