

Estefanía Conde Hernández



Grado en Ingeniería Química Industrial

Trabajo Fin de Grado

Instalación de Cámara de Refrigerados en Plataforma Logística

Autora: Estefanía Conde Hernández

Marzo de 2016

Índice General

Resumen.....	3
Memoria.....	5
Anexo 1.....	39
Anexo 2.....	43
Anexo 3.....	45
Presupuesto.....	51
Planos.....	55

Resumen

Se presenta el diseño de una instalación frigorífica para una cámara de refrigeración que trabajará a una temperatura interna de 0°C.

A través de la estimación de cargas térmicas se calcula la potencia frigorífica necesaria para poder alcanzar la temperatura interior de diseño. En función de las características de la cámara se determina el tipo de refrigerante adecuado para la misma cumpliendo con la normativa vigente. A partir de los datos obtenidos se seleccionan los componentes de la instalación necesarios para poder abastecer la demanda frigorífica de la cámara en estudio.

Se anexa la ficha técnica del gas refrigerante seleccionado, así como las fichas de los principales componentes de la instalación frigorífica.

Se presenta un plano de la instalación en el cual queda descrita la situación de los componentes en la sala de máquinas, así como en el interior de la cámara

Por último, se detalla presupuesto de coste de la instalación completa, incluyendo todo tipo de accesorios y mano de obra.

Summary

This memory presents the design of a refrigeration system for a cooling chamber, which is going to operate with an internal temperature of 0 degrees.

Through the estimation of the thermal loads the necessary cooling capacity needed to reach the inner temperature of design is calculated. According to the chamber's features and following the regulations, the proper kind of coolant is chosen. Based in the obtained data the components of the cooling system will be selected in order to supply the necessary cooling demand of the mentioned chamber.

The technical datasheet of the refrigerant gas, as well as the specifications sheets of the main components of the system is appended. Furthermore, an installation plan

that describes the position of every component placed in the engine room and in the inner of the refrigeration room is attached.

Finally, the budget cost of the whole installation (this include all kind of accessories and also the labour force) is detailed.



Grado en Ingeniería Química Industrial

MEMORIA TÉCNICA

Instalación de Cámara de Refrigerados en Plataforma Logística

Autora: Estefanía Conde Hernández

Marzo de 2016

Índice Memoria

Resumen	3
1. Introducción.....	8
2. Objetivo	8
3. Condiciones exteriores e interiores de la cámara.	9
3.1 Condiciones exteriores	9
3.2 Condiciones interiores	9
4. Estimación de cargas térmicas.....	10
4.1 Transmisión	10
4.2 Servicio.....	10
4.3 Infiltraciones	10
4.4 Carga de Género	11
4.5 Reparación.....	11
4.6 Iluminación.....	11
4.7 Ventiladores.....	11
5. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor	11
6. Descripción de componentes de la instalación frigorífica.....	15
6.1 Compresor	15
6.2 Evaporador	16
6.3 Condensador	17
6.4 Válvula de expansión.....	17
6.5 Recipiente de líquido	18
6.6 Separador de aceite.....	18
6.7 Regulador nivel de aceite	19
6.8 Válvula solenoide	19
6.9 Filtros.....	20
6.10 Visor	20
6.11 Válvulas de corte	20
6.12 Presostato.....	20
7. Elección del refrigerante.....	21
8. Cálculo de las cargas térmicas.....	22
8.1 Cálculo de carga por transmisión	22

8.2 Cálculo de carga por servicio.	23
8.3 Cálculo de carga por infiltraciones.	23
8.4 Cálculo de carga por carga de género.	24
8.5 Cálculo de carga por iluminación.	25
8.6 Cálculo de carga por ventiladores 26	26
8.7 Cálculo de la potencia frigorífica y factor de seguridad.	26
9. Selección de la central de compresión frigorífica.	27
10. Selección del condensador 29	29
11. Selección de evaporadores 30	30
12. Selección de válvulas de expansión.	30
13. Selección de tuberías 31	31
13.1 Cálculo de la línea de líquido 31	31
13.2 Cálculo de la línea de aspiración.	32
13.3 Cálculo de la línea de descarga 33	33
13.4 Cálculo de la línea de retorno.	33
14. Selección de servicios frigoríficos.	33
15. Instalación del panel frigorífico.	34
16. Control de la instalación frigorífica.	35
16. Conclusión.	36
17. Bibliografía.	36

1. Introducción

En general, se define refrigeración como cualquier proceso de eliminación de calor. De una forma más específica, la refrigeración es la rama de la ciencia que estudia los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o material por debajo de la temperatura ambiente que lo rodea.

Si el calor eliminado del cuerpo que está siendo refrigerado es transferido a otro cuerpo cuya temperatura es inferior, éste se calentará y por lo tanto, refrigeración y calentamiento son los extremos opuestos de la misma propiedad.

La refrigeración es utilizada para la conservación de alimentos, tanto en el ámbito doméstico como en el industrial. Su eficacia se basa en que la actividad de los microorganismos y enzimas de los microorganismos se ve ralentizada, con lo que se consigue un retraso en la degradación de los componentes de los alimentos. En consecuencia los alimentos duran más tiempo en óptimas condiciones. Al mismo tiempo los microorganismos patógenos van a inhibirse en su crecimiento, por lo que se va a permitir mantener las condiciones de seguridad de los alimentos.

2. Objetivo

El objetivo principal del presente trabajo fin de grado es el diseño de una instalación frigorífica de una industria alimentaria para abastecer una cámara frigorífica de 600 m³.

Dicha cámara estará preparada para trabajar a temperatura de mantenimiento y albergará una cantidad aproximada de 120.000 kg de carne refrigerada.

Se diseña el circuito frigorífico para la instalación, definiendo cada uno de los componentes frigoríficos para su correcto funcionamiento y cumpliendo con la normativa vigente RD 138/2011.

Así mismo se selecciona el refrigerante adecuado para las condiciones de trabajo y que cumpla con la normativa vigente

3. Condiciones exteriores e interiores de la cámara.

La instalación frigorífica en estudio se encuentra situada en el Polígono Industrial de Güimar, en la isla de Tenerife.

Las condiciones de temperatura y humedad se definen a continuación.

3.1 Condiciones exteriores

Se definen las temperaturas exteriores de forma que la instalación pueda trabajar en las condiciones más desfavorables y pueda mantener los valores de consigna en el interior de la cámara.

Se determinan las temperaturas exteriores según la Guía Técnica del IDAE para el municipio de S/C de Tenerife.

Temperatura seca exterior máxima= 39,7 °C

Humedad relativa = 70%

3.2 Condiciones interiores

La cámara estará prevista para trabajar en condiciones de mantenimiento. A continuación se definen las condiciones interiores deseadas:

Temperatura interior = 0°C

Humedad relativa = 95%

Es importante definir la temperatura de entrada de los productos a la cámara pues tendrá una gran influencia para el cálculo de las cargas térmicas.

Temperatura entrada productos = 8 °C.

4. Estimación de cargas térmicas

Para el diseño de la instalación frigorífica así como para el de todos los componentes que la constituyen, es necesario el cálculo de la carga térmica. De esta manera se conocerá la potencia frigorífica necesaria para cumplir con las necesidades de la cámara frigorífica en estudio.

La carga térmica viene definida como la cantidad de energía térmica por unidad de tiempo que un recinto cerrado intercambia con el exterior.

La carga térmica total resulta de la suma de las distintas cargas térmicas parciales en función de su naturaleza. Por lo tanto, la carga térmica total es el valor que la instalación tiene que vencer para contrarrestar las distintas pérdidas que sufre el circuito frigorífico.

Las cargas térmicas parciales son las siguientes:

4.1 Transmisión

La carga térmica por transmisión se define como la cantidad de calor que cede la instalación al exterior debido a la transmisión de las paredes, techo y suelo de la cámara. Para minimizar estas pérdidas por transmisión lo más posible todo el recinto estará diseñado con paneles frigoríficos aislantes.

4.2 Servicio

Esta carga térmica expresa la cantidad de calor que aporta a la instalación frigorífica las máquinas y personas que trabajan en el interior de la cámara.

4.3 Infiltraciones

La carga por infiltraciones es la referida a la ocasionada por las renovaciones del aire de la cámara. Esto se debe a la entrada de aire exterior ocasionado por las aperturas de las puertas de la cámara. En función del volumen total de la cámara se estiman las renovaciones de aire que tendrá la cámara durante el día.

4.4 Carga de Género

Esta carga se refiere al aporte energético para llevar el género hasta la temperatura indicada. Va a depender del tipo de mercancía que se almacene, de la temperatura de entrada del producto a la cámara y de la cantidad de mercancía almacenada.

4.5 Respiración

Ésta es la carga térmica que aporta el propio género en el caso de que sean productos vegetales como frutas o verduras. En este caso, la cámara en estudio almacenará carne con lo que no habrá aporte por respiración.

4.6 Iluminación

Esta es la carga donde se tiene en cuenta el calor que aporta a la cámara las distintas luminarias situadas en el interior de la misma.

4.7 Ventiladores

Carga térmica que aportan los ventiladores de los evaporadores situados en el interior de la cámara.

5. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

La producción de frío se produce cuando existen elementos capaces de tomar el calor del ambiente en el que se encuentra, de tal forma que se produce el calentamiento de los primeros y el enfriamiento del medio de donde se extrae el calor.

Una de las formas más comúnmente utilizada para la producción de frío es por compresión de vapor. Para ello se utilizan fluidos llamados refrigerantes. Estos fluidos son capaces de absorber gran cantidad de calor al vaporizarse a determinadas presiones.

Un ciclo de compresión mecánica simple está compuesto por cuatro etapas: compresión, condensación, expansión adiabática y evaporación.

Este ciclo está constituido, esencialmente, de un compresor (donde se produce la compresión), un condensador (donde se produce la condensación), una válvula de expansión (válvula para producir la expansión), un evaporador (donde se produce la evaporación) y las tuberías de unión de todos estos elementos para conseguir un ciclo cerrado.

En el evaporador, el fluido refrigerante se vaporiza, tomando calor del medio que lo envuelve y enfriando dicho medio. Los vapores así formados son aspirados por el compresor y después comprimidos, descargándolos en el condensador en forma de vapor recalentado, cediendo a un medio más frío que envuelve al condensador tanto el calor latente de vaporización absorbido en el evaporador como el sensible de recalentamiento, proporcionado por el compresor. Cedido este calor el vapor pasa nuevamente al estado líquido, para comenzar de nuevo el ciclo tras expandirse.

Al comprimir el compresor los vapores, éstos aumentan su temperatura como resultado de que la energía comunicada por el trabajo de compresión se traduce en un aumento de energía interna de los vapores.

El fluido refrigerante se encuentra en el compresor a baja presión y baja temperatura durante aspiración y a alta presión y alta temperatura durante la descarga. Estas diferencias de presiones se regulan mediante válvulas de aspiración y de descarga, las cuales abren por diferencia de presiones entre sus dos caras.

El condensador es también un intercambiador de calor. El fluido refrigerante se encuentra en el condensador a alta presión y alta temperatura.

La función de la válvula de expansión es doble. Por un lado, regula la cantidad de líquido que entra en el evaporador para que se mantenga una presión constante en él. Por otro, al paso por la válvula tiene lugar una reducción de presión desde la alta que reina en el condensador hasta la baja que tiene el evaporador.

El proceso que se realiza en la válvula es adiabático, irreversible e isoentálpico, denominado expansión. El líquido, a alta presión y alta temperatura, que procede del condensador atraviesa la válvula, y al encontrarse con una presión más baja, se vaporiza

en parte tomando el calor necesario del propio líquido que se enfría hasta la temperatura correspondiente a la presión que allí existe. Se obtiene el fluido refrigerante en estado líquido a baja presión y baja temperatura (más algo de vapor en iguales condiciones), preparado para vaporizarse en el evaporador.

En la figura 1 se muestra el ciclo ideal de refrigeración en el diagrama de Mollier presión-entalpía (p-h).

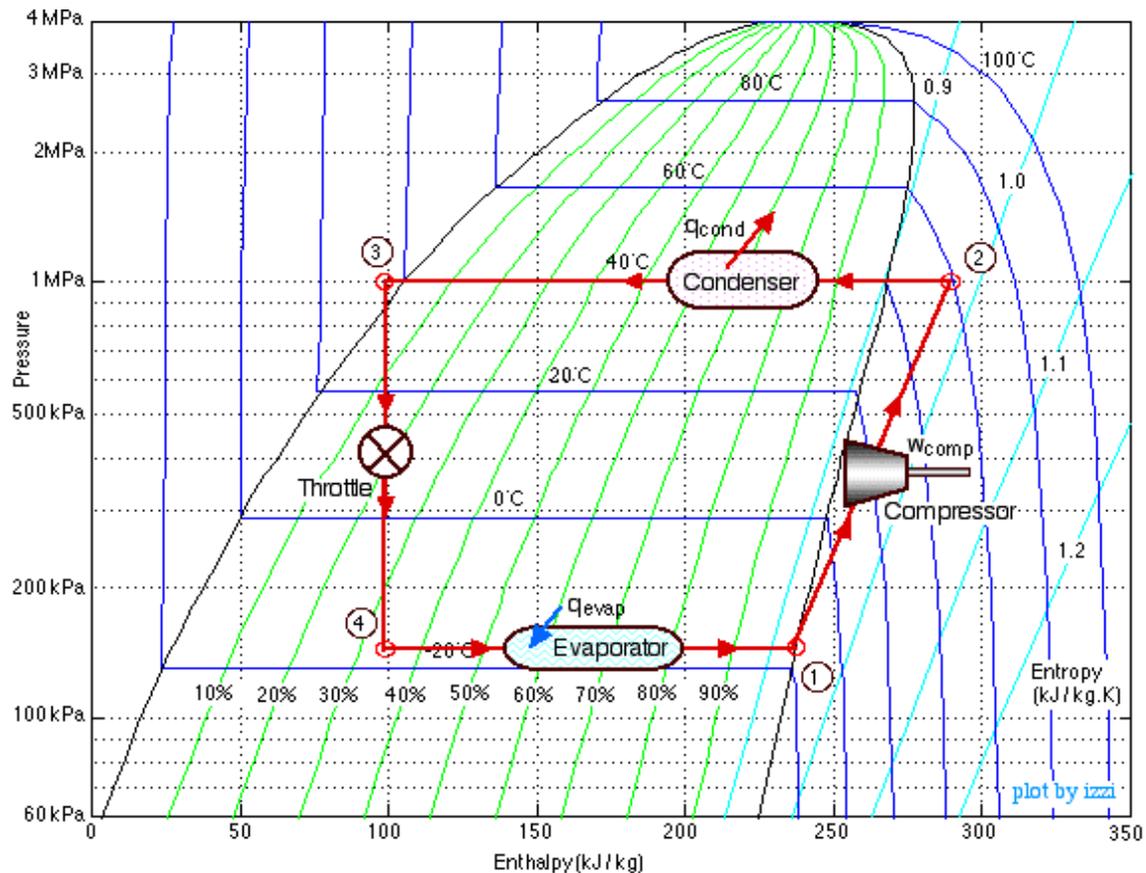


Figura 1. Diagrama de Mollier.

No obstante, el ciclo real se diferencia del ciclo ideal por diferentes aspectos:

1. Pérdida de carga en el evaporador, lo cual se traduce en que la presión a la salida del evaporador es inferior a la presión a la entrada del mismo. Por lo tanto, la línea 4-1 del diagrama de la figura 1 no es horizontal sino que tiene una pequeña pendiente negativa.
2. Recalentamiento del fluido en el evaporador, por lo que el fluido a la salida del evaporador no se sitúa en la línea de vapor saturado como en el ciclo ideal, sino que se sitúa en la zona de vapor.

3. Recalentamiento del fluido hasta llegar a la válvula de aspiración del compresor. Se trata de un recalentamiento fuera del evaporador, con lo que no es útil.
4. La compresión real no es isoentrópica. Se aleja de esta línea más o menos en función del rendimiento del compresor.
5. Pérdida de carga por el paso del fluido por la válvula de descarga, lo cual se traduce en que la línea de condensación se sitúa a una presión más baja de la calculada en el ciclo ideal.
6. Pérdida de carga durante la condensación por lo que, al igual que en la evaporación, la presión a la entrada del condensador es mayor que la presión a la salida.
7. Subenfriamiento y pérdida de carga del líquido antes de pasar por la válvula de expansión. Por esta razón, el refrigerante no entra en la válvula de expansión como líquido saturado, sino como líquido. Así mismo, debido a la pérdida de carga que se produce a la salida del condensador, la presión a la entrada de la válvula de expansión no es la misma que se obtiene de la línea de condensación, sino que es ligeramente menor.
8. La expansión no es adiabática, la entalpía del refrigerante se reduce cuando pasa por la válvula, con lo cual la línea 3-4 de la figura 1 no es vertical.

Estas diferencias con respecto al ciclo ideal se pueden observar en la figura 2, que muestra el ciclo real de un refrigerante.

descarga a través de la cual el gas refrigerante descarga hacia el condensador después de haber sido comprimido. El compresor alternativo puede ser abierto, hermético o semihermético.

El compresor semihermético se caracteriza porque su construcción impide la entrada de polvo y aire. Por otra parte la posibilidad de acceso para el servicio permite intervenir fácilmente en caso de avería.

Con objeto de optimizar tanto el tratamiento de las cargas térmicas como el funcionamiento del compresor (no conviene continuos arranques y paradas), se ha estudiado una serie de dispositivos como el control de capacidad que permiten variar la capacidad frigorífica del compresor dentro de unos márgenes más amplios permitiendo al mismo tiempo un funcionamiento mucho más uniforme.

6.2 Evaporador

El evaporador es un intercambiador de calor cuyo cometido consiste en absorber el flujo térmico que proviene del medio a enfriar. El intercambio térmico depende del coeficiente global de transmisión de calor del evaporador, de la superficie del evaporador y de la diferencia existente entre la temperatura del evaporador y la del medio a enfriar.

El fluido antes de entrar en la válvula de expansión se encuentra en estado líquido a alta presión, y después de atravesar el estrangulamiento se convierte en un instante en líquido a baja presión. Al efectuarse este descenso de presión tiene lugar la ebullición y consiguiente absorción de calor. Mientras avanza a lo largo del evaporador, la masa de líquido conteniendo burbujas de vapor se convierte en una masa de vapor que arrastra gotas de líquido, mezcla que se denomina vapor húmedo. Finalmente, cuando las últimas gotas de líquido se han evaporado sólo queda vapor saturado.

La temperatura del vapor saturado aumenta debido al calor que absorbe del ambiente a enfriar, y cuando llega a un punto más alto que la temperatura de saturación, a la presión de evaporación existente, se llama vapor recalentado.

Los evaporadores más comúnmente utilizados son de convección forzada, que son esencialmente tubos lisos con aletas situados en el interior de una carcasa y equipados con uno o más ventiladores para suministrar la circulación de aire.

6.3 Condensador

El condensador transfiere calor de un lugar donde no es deseado a un lugar donde no hay inconveniente; transfiere el calor desde el refrigerante a un medio que puede absorberlo y removerlo. Los medios más usados en los procesos de transferencia de calor en el condensador son aire, agua o una combinación de ambas.

Los condensadores enfriados por aire de tiro forzado incluyen uno o varios ventiladores para aumentar el flujo. Cuando el aire se pone en contacto con el condensador caliente absorbe calor y sube. Esto permite que el aire que enfría circule sobre el condensador. Estos condensadores pueden ser axiales o centrífugos.

6.4 Válvula de expansión

Para conseguir el efecto en el evaporador en un ciclo de refrigeración, es preciso alimentarlo con líquido refrigerante a la presión de evaporación y en la cantidad necesaria para que siempre se encuentre en el evaporador la justa cantidad que va a evaporar el medio exterior con el que se intercambia calor. Como el líquido se encuentra a la presión de condensación, es preciso disponer de algún elemento que lo haga pasar a la presión de evaporación.

Las válvulas de expansión (figura 3) termostáticas permiten la adecuación de la carga térmica con cantidad de líquido en el evaporador. La válvula se abrirá más o menos en función de la presión a la salida del evaporador donde se coloca un bulbo (relleno de líquido, gas) y que transmite a un cono que cierre o abra un orificio por el que pasa el líquido refrigerante.



Figura 3. Válvula de expansión

6.5 Recipiente de líquido

Los recipientes de líquido reciben el fluido refrigerante líquido que viene del condensador. Estos depósitos, de chapa de acero, tienen las dimensiones que les permiten contener la mayor parte de la carga del fluido de la instalación.

Se montan en posición vertical u horizontal, provistos siempre de una válvula de salida de líquido con un tubo sumergido, que asegura la alimentación de líquido aunque su nivel dentro del recipiente sea muy bajo.

Además vienen provistos de una válvula de seguridad para proteger de sobrepresiones cuya tara viene definida por el tipo de refrigerante que contiene. Dicha válvula de seguridad conduce el gas refrigerante al exterior de la instalación a través de un tubo.

6.6 Separador de aceite

El separador de aceite es un dispositivo diseñado para separar el aceite lubricante del refrigerante, antes que entre a otros componentes del sistema y regresarlo al cárter del compresor.

Se requiere aceite para lubricar las partes móviles del compresor; ya que sin lubricación, el compresor simplemente no funcionaría o se dañaría rápidamente. En un sistema de refrigeración, lo único que debe circular es el refrigerante; sin embargo, el aceite también está presente en todo el sistema. Por lo anterior, se dice que el aceite es un mal necesario en los sistemas de refrigeración, ya que es vital para la operación de

los compresores, pero en el resto del sistema, es una fuente de problemas a considerar. Los compresores de refrigeración se lubrican con un aceite especial que va dentro del cárter del compresor, de allí éste circula a los cojinetes, bielas y las demás partes móviles mediante una bomba o por salpicadura en algunos tipos de compresores. Si el aceite permaneciera en el cárter, donde le corresponde, se eliminarían muchos problemas causados por éste en los sistemas de refrigeración. Cuando un compresor se pone en marcha se inicia su proceso de lubricación, y es casi imposible, evitar que parte del aceite sea bombeado junto con el vapor de refrigerante comprimido y que circule a través del sistema. Pequeñas cantidades de aceite no son dañinas, y de hecho, pueden ser beneficiosas al lubricar algunos accesorios como las válvulas. Sin embargo, en otros componentes como el evaporador, el condensador, etc., no es necesario ni deseable, y en grandes cantidades crea problemas, la mayor parte de los cuales pueden evitarse manteniendo el aceite en el cárter por medio de un separador de aceite.

6.7 Regulador nivel de aceite

En los sistemas con más de un compresor se instalan para mantener un nivel de aceite adecuado en cada uno de ellos. El aceite entra al regulador a través de la unión 3/8" SAE Flare del cabezal superior. Una válvula con agujón interno abre y cierra la alimentación de aceite hacia el regulador y un flotador esférico controla la posición de esta válvula con agujón. Durante el funcionamiento del compresor el nivel de aceite en el cárter disminuye, esta disminución activa el regulador que restablece y mantiene el nivel.

6.8 Válvula solenoide

Este tipo de válvula funciona siguiendo el principio magnético. Una bobina de excitación va montada sobre un tubo estanco no magnético en el cual se mueve libremente una válvula conectada a un núcleo de hierro forjado, asegurando de esta forma la maniobra de la válvula. Cuando se excita la bobina, el núcleo de hierro forjado es atraído y entra en el campo magnético, levantando dicha válvula, que queda abierta. Cuando se interrumpe la corriente, el núcleo de hierro vuelve a caer apoyando la válvula sobre su asiento.

6.9 Filtros

Los filtros deshidratadores son necesarios para mantener la cantidad de agua que contiene el fluido refrigerante por debajo de un valor máximo que depende de la propia naturaleza del fluido refrigerante. La eficacia del deshidratador depende de la naturaleza del producto deshidratante y de la velocidad con que el refrigerante atraviesa este producto.

Los filtros de aspiración están formados por cartuchos filtrantes reemplazables. Al proteger el compresor aseguran, además de su función primaria de filtrado, la limpieza y descontaminación de los circuitos en función de los cartuchos empleados.

Los filtros de aceite están concebidos para obtener un filtrado fino que garantizan, gracias a su elemento filtrante, el retorno al cárter de los compresores de un aceite limpio.

6.10 Visor

Sirven para indicar el estado físico del fluido refrigerante que circula en una instalación, o bien para controlar el nivel de líquido de un recipiente. Suele llevar una pastilla impregnada de una sal química y permiten la verificación del estado de sequedad del fluido refrigerante. Si el color es verde, indica que el fluido no contiene humedad, por el contrario si es amarillo indica que existe una cantidad anormal de agua en el fluido refrigerante.

6.11 Válvulas de corte

Son válvulas de tipo bola que se instalan en los aparatos componentes de la instalación frigorífica o en los tubos de conexión con el fin de aislar los distintos componentes.

6.12 Presostato

Los presostatos de baja presión se denominan de regulación. En la compresión, durante el periodo de marcha se produce la disminución progresiva de la temperatura y de la presión en el evaporador, y durante el de la parada una elevación de esta presión.

El presostato se halla conectado a esta parte del circuito y responde a todas las variaciones que se produzcan. Los puntos de ruptura y de conexión se determinan por las presiones correspondientes a las temperaturas mínimas y máximas deseadas en el lado de baja presión del sistema. Los presostatos de baja presión pueden emplearse igualmente como control de seguridad para evitar que el sistema trabaje en depresión.

Los presostatos de alta presión se denominan de seguridad. La construcción es similar a los de baja presión pero los resortes de regulación son más fuertes al tener que soportar presiones bastantes más elevadas. Estos presostatos detienen la marcha del grupo motivados por el alza de la presión de descarga por encima de la normal, y vuelven a ponerlo en marcha cuando esta presión ha descendido a un valor predeterminado.

7. Elección del refrigerante

Puesto que se ha escogido un sistema de refrigeración directo y cerrado, el refrigerante a utilizar será gaseoso. Existe multitud de tipos de refrigerante, pero cada uno de ellos posee características diferentes que los hacen idóneos para diferentes condiciones de trabajo.

Para el caso del estudio, se debe elegir un gas refrigerante que sea idóneo para instalaciones de mantenimiento, es decir, aquéllas instalaciones donde la temperatura es mayor de 0°C (temperatura positiva).

Según el Reglamento Europeo CE 517/2014 del 16 de Abril de 2014, que limita la utilización de los gases refrigerantes en función de su PCA (Poder de Calentamiento Atmosférico) y la Ley 16/2013, que grava las reposiciones de gases refrigerantes en función del PCA, hacen que los refrigerantes indicados para las nuevas instalaciones sean aquellos con bajos PCA.

Uno de los gases que cumple con estos requisitos es el R134a. Se adjunta ficha técnica del refrigerante en anexo 1.

Además de tener un PCA bajo, una de las principales ventajas que ofrece el R134 es que trabaja a bajas presiones, lo que hace que se minimice el riesgo de fugas de

refrigerante. Por ejemplo, la válvula de seguridad de R404A está tarada a 27 bares mientras que para R134a está tarada a 20,5 bares.

Otra ventaja que presenta el R134a es que los compresores trabajan a COP más altos que con otros refrigerantes, lo que hace que el consumo sea menor.

8. Cálculo de las cargas térmicas

A continuación se exponen los cálculos de cada una de las cargas térmicas que inciden en la cámara en estudio.

8.1 Cálculo de carga por transmisión

Se ha decidido que la cámara en estudio esté constituida por panel frigorífico de espesor de 100 mm. Se trata de panel tipo sándwich metálicos aislados en poliuretano con junta machihembrada. Para cámaras de temperatura positiva en refrigeración comercial (en supermercados o pequeñas instalaciones) se suele utilizar panel frigorífico de 80 mm. Sin embargo, debido a las dimensiones de la cámara se ha tomado la decisión de utilizar panel de 100 mm.

Para el cálculo de las pérdidas de calor por transmisión se tiene en cuenta el coeficiente de transmisión del panel, la superficie del panel y la diferencia entre la temperatura exterior e interior:

$$Q_{trans} = K \cdot Sup \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

El coeficiente del panel frigorífico que utilizaremos es $0,21 \frac{Kcal}{m^2 \cdot C \cdot h}$ según las indicaciones del fabricante del panel.

La superficie de transmisión son las medidas exteriores de la cámara, que en este caso son $10,2 \times 15,2 \times 4,2$. La superficie es de $523,44 m^2$.

Por lo tanto, las pérdidas de transmisión de la cámara son:

$$Q_{trans} = 4.280 \text{ kcal/h}$$

Esta pérdida referida a un día completo sería: $Q_{trans} = 102.739 \text{ kcal}$

8.2 Cálculo de carga por servicio.

Esta carga se estima que es un 25% de la carga por transmisión, por lo tanto:

$$Q_{\text{serv}} = 25.685 \text{ kcal}$$

8.3 Cálculo de carga por infiltraciones.

En función del volumen de la cámara se estiman las pérdidas por infiltraciones producidas por escapes, por ejemplo por apertura de la puerta. Cuanto menor es la cámara más renovaciones por día se estiman del aire que contiene en su interior.

En la tabla 1 se muestran las renovaciones diarias que se producen en la cámara en función de su volumen y en función de si la cámara es de mantenimiento o de congelación.

Volumen m ³	Sobre 0°C.	Bajo 0°C.
5	47	36
7	39	30
10	32	24
15	26	20
20	22	17
25	19	15
30	17	13
40	15	11
50	13	10
60	12	9
80	10	8
100	9	7
125	8	6
150	7	5,5
200	6	4,5
300	5	3,7
400	4,1	3,2
500	3,6	2,8
700	3	2,3
1000	2,5	1,9

Tabla 1. Recirculación de aire en función del volumen y temperatura de la cámara.

En este caso, con 600 m³ de cámara se estiman 4 renovaciones por día.

A partir de la siguiente ecuación experimental se pueden calcular las pérdidas de calor debidas a las infiltraciones de aire

$$Q_{inf} = m \cdot \Delta h = V \cdot \rho \cdot n \cdot \Delta h$$

Siendo:

m = masa de aire renovado (kg)

Δh = diferencial de entalpías entre las condiciones interiores y exteriores (kJ/kg)

V = Volumen interior de la cámara (m³)

ρ = densidad del aire en el interior (kg/m³)

n = número de renovaciones del aire del interior de la cámara

Para las condiciones del proyecto, los datos son los siguientes:

$$h_{int} = 122,13 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{ext} = 9,08 \text{ kJ/kg}$$

$$V = 600 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1,286 \text{ kg/m}^3$$

$$n = 4$$

De esta manera, la carga frigorífica por infiltraciones para un día será la siguiente:

$$Q_{inf} = 75.375 \text{ kcal}$$

8.4 Cálculo de carga por carga de género.

Para el cálculo de esta carga tendremos en cuenta lo siguiente:

$$Q_{cg} = V \cdot \rho \cdot \frac{Ed}{100} \cdot Ce \cdot \Delta T$$

Siendo:

V = Volumen de la cámara (m³)

ρ = Densidad del producto (kg/m^3)

E_d = Estiba diaria (kg)

C_e = Calor específico del producto ($\text{kcal/kg } ^\circ\text{C}$)

ΔT = diferencia de temperatura entre la entrada de producto y la temperatura del interior de la cámara ($^\circ\text{C}$).

La estiba diaria es la cantidad de mercancía que se introduce diariamente a la cámara. Esta mercancía no está a la temperatura de la cámara, por lo que hay que tener en cuenta la carga térmica para enfriarla. Se tiene en cuenta la mercancía que se introduce en la cámara y no se tiene en cuenta la saliente ya que ésta se encuentra a la temperatura de diseño de la cámara y por lo tanto no influye en el cálculo de las cargas térmicas.

Suponiendo una estiba diaria del 20% y una densidad del producto de 200 kg/m^3 , la cantidad de producto que se introduce en la cámara diariamente es de 24.000 kg. Esta cantidad de mercancía ha de ser contrarrestada con la cantidad de mercancía que el cliente tiene calculado que moverá diariamente, pero utilizaremos el 20% para una primera aproximación

Se ha supuesto que los productos entran a la cámara a una temperatura de 8°C y el calor específico es $0,94 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

Por lo tanto, para un día esta carga será:

$$Q_{cg} = 180.480 \text{ kcal}$$

8.5 Cálculo de carga por iluminación

Se ha supuesto una carga por iluminación de 5w/m^2 . Este dato es un valor orientativo para empezar a calcular la carga por iluminación. Este dato tiene que ser validado por el cliente en función del trabajo que se realizará en su interior. De esta manera, el cálculo de la carga será el producto de 5w por la superficie de la cámara y utilizando el factor de conversión para pasar a calorías.

$$Q_{il} = 16.000 \text{ kcal}$$

Este valor equivale al montaje de 20 pantallas de dos tubos de tecnología LED de 20w cada uno.

8.6 Cálculo de carga por ventiladores

Se estima que esta carga supone un 10% de la suma de todas las aportaciones anteriormente calculadas:

$$Q_v = 40.028 \text{ kcal}$$

8.7 Cálculo de la potencia frigorífica y factor de seguridad.

Se estima un factor de seguridad de un 5 % sobre la suma de las cargas anteriormente calculadas.

CARGAS	
Transmisión	102.739 kcal
Servicio	25.685 kcal
Infiltraciones	75.375 kcal
Carga Género	180.480 kcal
Respiración	kcal
Ventiladores	40.028 kcal
Iluminación	16.000 kcal
Coef. Seguridad	22.015 kcal

Tabla 2. Cálculo de pérdidas

Estos datos que aparecen en la tabla 2 están referidos a pérdidas frigoríficas por día.

Por lo tanto

$$\text{Suma de pérdidas totales en un día} = 462.323 \text{ kcal}$$

La potencia frigorífica necesaria para poder contrarrestar la suma de las pérdidas ocasionadas por los factores anteriormente descritos se calcula en función de las horas de funcionamiento de la instalación frigorífica. Se estima que la instalación tendrá 18 horas de funcionamiento. Así, para calcular la potencia frigorífica se divide la suma de las pérdidas que se producen en un día entre las 18 horas de funcionamiento, de forma que se obtienen las calorías necesarias por hora.

$$\text{Potencia frigorífica} = 25.685 \text{ kcal/h} = 29.866 \text{ w}$$

Se adjunta hoja de cálculo en el anexo 2.

9. Selección de la central de compresión frigorífica.

Se necesita una central frigorífica que sea capaz de producir la potencia frigorífica anteriormente calculada.

En este caso se instalará una central frigorífica de dos compresores de pistón semiherméticos, de forma que si uno de ellos deja de trabajar, la instalación pueda mantener la temperatura de la cámara trabajando a la temperatura de set.

Así, cada uno de los compresores debe ser capaz de generar la mitad de la potencia frigorífica.

Para la elección del compresor se utiliza el programa de selección de Bitzer colocando como entradas en el programa los siguientes datos:

Temperatura de evaporación = -10°C

Temperatura de condensación = 45°C

Refrigerante R134a

Subenfriamiento = 3°C

Recalentamiento = 15°C

Recalentamiento útil = 7°C

Con estos datos, el modelo del compresor de la marca Bitzer que más se ajusta a las necesidades de la cámara en estudio es el 4JE-13Y-40P, cuyas características se muestran a continuación:

Potencia frigorífica = 19,53 kw

Potencia frigorífica en el evaporador = 18,61 kw

Potencia absorbida = 7,72 kw

Capacidad del condensador = 27,30 kw

Rendimiento COP/EER = 2,41

Caudal másico = 484 kg/h

Puesto que se instalarán 2 compresores, la potencia frigorífica en los evaporadores será 37,22 kw, un 24,61% más de lo calculado por las cargas térmicas.

La ficha técnica del compresor se muestra en el anexo 3.

El recipiente de líquido también estará ubicado en la bancada de la central frigorífica. Se trata de un recipiente vertical de 60 dm³ RLV-60 y equipado con válvula de seguridad tarada a 20,5 bares. A su vez lleva incorporado 2 visores para controlar el nivel de refrigerante de la instalación.

Se estima inicialmente una carga de refrigerante un 50% superior al volumen del recipiente de líquido, por lo tanto se estima una carga de 90 kg de fluido refrigerante.

Las seguridades de la central serán un presostato de alta presión KP5 y otro de baja presión KP1. Así mismo para cada uno de los compresores se instalarán un presostato de alta-baja presión KP15. Se instalará también dos manómetros, uno para alta presión y otro para baja.

Así mismo, la central estará equipada con un recipiente separador de aceite 5540/11 y de un control de nivel de aceite por compresor ORE2-O-BC. A su vez, cada uno de ellos llevará instalado un filtro de aceite modelo ESK F-12 con protección de 100 micras.

Cada uno de los compresores lleva una válvula de retención para evitar el retorno de refrigerante al compresor.

En la bancada de la central se instala un colector de aspiración (entrada del compresor), un colector de descarga (salida del compresor) y otro en la línea de líquido (salida del recipiente, procedente del condensador) para una correcta distribución del aceite y refrigerante.

Se instalarán cinco válvulas de corte (dos en la aspiración, dos en la línea de líquido y otra en la descarga) para poder independizar la central. En las líneas de aspiración y de descarga se instalarán antivibradores para evitar que las vibraciones producidas por los componentes móviles produzcan roturas en las tuberías.

La central estará equipada de un portafiltros y filtros de cartucho antihumedad y antiácido para eliminar los posibles restos que estén en el circuito frigorífico y así evitar que lleguen al compresor.

Los compresores vienen equipados con aceite éster. Sin embargo esta cantidad es insuficiente para la totalidad de la instalación por lo que es necesario suministrar 10 litros más del mismo tipo de aceite.

Por último, bajo la bancada se situarán amortiguadores.

10. Selección del condensador

Se utilizará un condensador de tipo axial que se situará en el exterior de la nave junto a la sala de máquinas.

Para el cálculo de la potencia del condensador, hay que tener en cuenta que la potencia de condensación es la suma de la potencia frigorífica de la instalación y la potencia absorbida por el compresor según el diagrama de Mollier. De esta forma, la potencia de condensación de la instalación en estudio será la siguiente:

$$P_{\text{cond}} = P_{\text{frig}} + P_{\text{abs}} = 19,53 \cdot 2 + 7,72 \cdot 2 = 54,50 \text{ kw}$$

Considerando un diferencial de temperatura de 9 °C y siendo las características deseadas con ventiladores axiales a bajas velocidades y bajo nivel sonoro resulta un condensador axial de 6 ventiladores (3+3) marca Eco-Luvata modelo KCE-66 S2 con un rendimiento de 59,94 kw. Cada uno de estos ventiladores tiene un diámetro de 630 mm de 130 w de potencia y una intensidad de 0,32A.

La potencia sonora del condensador es de 31 dB a una distancia de 10 metros y el caudal de aire necesario para el intercambio térmico es de 23.334m³/h. Este caudal es el producido por el movimiento de los ventiladores y viene dado por el fabricante del condensador. La ficha técnica del condensador se muestra en el anexo 3.

El condensador viene provisto de 6 patas y bajo cada uno de ellos se situará un amortiguador.

Tanto la línea de descarga (entrada al condensador) como la línea de retorno (salida del condensador) irán equipadas con antivibradores para evitar que las vibraciones produzcan roturas en las tuberías. Así mismo, tanto en la línea de entrada como en la de salida se instalarán válvulas de corte para poder independizar el condensador.

11. Selección de evaporadores

Teniendo en cuenta la geometría de la cámara, se hará una distribución de 4 evaporadores situados en una línea en el centro de la cámara. Serán evaporadores de plafón doble efecto y bajo nivel sonoro.

Para la selección del evaporador es necesario definir qué diferencial de temperatura habrá en el mismo. La temperatura de diseño en el interior de la cámara es de 0°C. Por otra parte, para instalaciones de mantenimiento la temperatura de evaporación es de -10°C. Teniendo en cuenta las pérdidas que se producen a lo largo de la instalación, el diferencial de temperatura en el evaporador debe estar entre 8 y 9 °C

Considerando un diferencial de temperatura de 8°C, se seleccionan 4 evaporadores donde cada uno de ellos es de 7,6 kw y 28 dB a los 4 metros marca HK modelo TA7L8P y un caudal de aire de 4040 m³/h. Por lo tanto, la potencia total instalada es de 30.400 w.

Cada uno de los evaporadores tiene 4 ventiladores y cada uno de ellos con una potencia de 90 w y 0,4A.

A la salida y entrada de cada evaporador se instalará una válvula de corte.

12. Selección de válvulas de expansión

Antes de cada uno de los evaporadores es necesario una válvula de expansión para disminuir la presión adiabáticamente. El cuerpo de la válvula se define en función

del gas refrigerante de la instalación. En este caso, se selecciona la válvula de expansión termostática marca Danfoss modelo TEN2 con compensador de presión y preparada para conexión soldada.

Cada una de las válvulas de expansión lleva en su interior un orificio, el cual se dimensiona en función de la potencia frigorífica que aporta cada uno de los evaporadores. Puesto que todos los evaporadores son iguales y de 8 kw, todas las válvulas llevan el mismo orificio. El orificio seleccionado es el 06 de la marca Danfoss.

13. Selección de tuberías

Todas las conexiones del circuito frigorífico están efectuadas con tuberías de cobre rígidas y uniones soldadas (con soldadura compuesta por cobre, plata y fósforo).

Para la selección de la tubería se utiliza el programa de la marca Danfoss Coolselector2, en el cual se introduce la capacidad de refrigeración de la línea, la temperatura de evaporación y condensación y el tipo de gas refrigerante. Este programa tiene los datos suficientes de cada uno de los refrigerantes para calcular la pérdida de presión que se produce en la línea. Además, el mismo programa da una equivalencia entre la pérdida de presión y la diferencia de temperatura en la línea frigorífica que se estudia. Para simplificar los cálculos, a partir de este momento se definirá la pérdida de carga como la diferencia de temperatura en °C.

Hay cuatro tipos de líneas en la instalación frigorífica: líquido, aspiración, descarga y retorno.

13.1 Cálculo de la línea de líquido

Esta línea corresponde con la salida del recipiente de líquido hasta la válvula de expansión de cada uno de los evaporadores. Interesa que esta línea ceda calor al ambiente de forma que después de la expansión adiabática la diferencia de entalpía entre la salida y entrada del evaporador sea lo máximo posible. Por esta razón esta tubería no va aislada

Para el cálculo de esta línea se utilizan dos criterios de selección: una velocidad del líquido entre 0,5 y 1 m/s y que la pérdida de carga hasta el punto más desfavorable no sea superior a 0,5 °C.

Por la distribución de los evaporadores en la cámara, del colector de líquido saldrán dos tuberías y cada uno de ellas distribuirá el gas refrigerante a dos evaporadores.

Línea	Longitud m	Diámetro pulgadas	Velocidad m/s	$\Delta P/m$ °C	ΔP total °C
General	20	5/8	0,65	0,011	0,22
A cada evaporador	3	1/2	0,53	0,011	0,03

Tabla 3. Tuberías de línea de líquido

La pérdida de carga en el punto más desfavorable es de 0,25 °C.

13.2 Cálculo de la línea de aspiración

La línea de aspiración corresponde a la tubería que sale de los evaporadores (gas) hasta el colector de aspiración de entrada a los compresores. Una vez que el gas refrigerante sale del evaporador, el recalentamiento que se produce no es útil por lo que interesa minimizarlo lo más posible y esta línea lleva aislamiento térmico compuesto por espuma elastomérica a base de caucho sintético negro. El espesor de este aislante va en función de la temperatura de la instalación. Para cámaras de mantenimiento como el caso en estudio se utiliza aislante de espesor nominal creciente 15,5-25 mm.

La velocidad recomendada para esta línea está entre 4 y 8 m/s y la pérdida de carga hasta el punto más desfavorable debe ser inferior a 1,5 °C.

Línea	Longitud m	Diámetro pulgadas	Velocidad m/s	$\Delta P/m$ °C	ΔP total °C
General	20	2 1/8	6,19	0,007	0,14
A cada evaporador	3	1 3/8	7,62	0,017	0,05

Tabla 4. Tuberías de la línea de aspiración

La pérdida de carga en el punto más desfavorable es de 0,19 °C.

13.3 Cálculo de la línea de descarga

La selección de la línea de descarga se hace atendiendo a los mismos criterios que la línea de aspiración. Sin embargo conviene tener en cuenta que los tramos de subida por tuberías verticales de refrigerante debe tener una velocidad mínima de 6m/s para conseguir arrastre del aceite.

Línea	Longitud m	Diámetro pulgadas	Velocidad m/s	$\Delta P/m$ °C	ΔP total °C
Descarga	10	1 1/8	9,22	0,034	0,34

Tabla 5. Tubería línea de descarga

13.4 Cálculo de la línea de retorno

Para la selección de esta línea se siguen los mismos criterios que la línea de líquido.

Línea	Longitud m	Diámetro pulgadas	Velocidad m/s	$\Delta P/m$ °C	ΔP total °C
Retorno	10	7/8	0,65	0,007	0,07

Tabla 6. Tubería línea de retorno

14. Selección de servicios frigoríficos

Se denomina servicio frigorífico al conjunto formado por una válvula solenoide, visor de líquido y filtro. Este servicio se coloca siempre antes de la válvula de expansión. Antes de cada servicio se instala una válvula de corte.

En el caso de estudio, hay cuatro evaporadores por lo que serán necesarios cuatro servicios.

La selección de estos servicios va a depender del diámetro de la tubería y de la capacidad frigorífico del evaporador donde va situado.

El primer elemento que se coloca del servicio es el filtro para evitar que lleguen partículas a las válvulas. Se instala de la misma dimensión de la tubería de líquido. Se instalará un filtro marca Danfoss modelo DML-164S de 1/2".

Seguidamente se instala un visor para comprobar visualmente el paso del refrigerante. Se instala de la misma dimensión de la tubería de líquido que es 1/2" con conexiones soldadas.

Por último se instala la válvula solenoide, que es una válvula tipo todo o nada. Se instala atendiendo a la potencia frigorífica del evaporador. Puesto que la potencia de cada evaporador es de 8 kw se selecciona la válvula solenoide marca Danfoss modelo EVO102 de conexión 1/2" que tiene capacidad hasta 13,40 kw para R134a evaporando a -10°C.

15. Instalación del panel frigorífico

La cámara estará constituida por panel frigorífico compuesto en su interior por espuma rígida de poliuretano, de densidad media 40 kg/m³ y en su exterior por chapa de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor, en acabado lacado blanco en el interior y en el exterior con clasificación de fuego Bs2d0.

Atendiendo a las dimensiones de la cámara son necesarios 505,6 m² de panel frigorífico. Para su montaje se utilizará espuma de poliuretano para las juntas entre paneles, angulares de aluminio blanco para los remates exteriores, perfil sanitario de PVC para los remates interiores y perfil en U y perfil omega para el anclaje al suelo y techo.

Se instalará una puerta de corredera con hoja aislada con poliuretano de alta densidad (50 kg/m³) y chapa con acabados en lacado blanco, reforzada y canteada en todo su perímetro con un perfil de aluminio extrusionado con acabado tipo inoxidable. El marco de la puerta está formado por perfil de aluminio extrusionado y posteriormente lacado en Blanco, con doble rotura de puente térmico. La guía corredera está formada por perfil de aluminio extrusionado con una protección especial anticorrosiva y las manetas y toda la tornillería en acero inoxidable. El hueco de luz de la puerta será de 2,2 x 2,7 metros.

16. Control de la instalación frigorífica

El control de la compresión y de la condensación se hará mediante el uso de una centralita marca Eliwell modelo EWCM9100. Esta centralita recibe información de dos transductores de presión. Uno de estos transductores se ubica en el colector de aspiración de la central y el otro en el colector de descarga de la misma. Las salidas de la centralita se conectan a los compresores (dos salidas por cada compresor ya que tienen regulación de capacidad al 50%) y a los ventiladores de la condensadora configurados de dos en dos en posiciones enfrentadas.

Esta centralita de control va ubicada en un cuadro de control y maniobra de la instalación, el cual está ubicado junto a la central frigorífica. A este cuadro le llega la acometida desde el cuadro general de alimentación de la planta y estará compuesto por un interruptor general de la acometida, 2 contactores para los compresores y 3 contactores para la condensación (uno para cada dos ventiladores), 5 guardamotores (2 para los compresores y 3 para los ventiladores de la condensadora), un interruptor de paro marcha e interruptores diferenciales y magnetotérmicos para cada uno de los motores, los ventiladores de la condensadora y de los servicios.

Por otra parte, en un cuadro situado junto a la puerta de la cámara se instalan los termostatos, marca Eliwell modelo ID985 LX CK. Se instalarán dos termostatos, igual número que de servicios frigoríficos. Estos termostatos se conectan a las válvulas solenoides y a los ventiladores de los evaporadores.

De esta forma, si la cámara está por encima de la temperatura de consigna marcada en el termostato, el propio termostato emite una señal a la bobina de la válvula solenoide y esta se abrirá. Cuando empiece a pasar el refrigerante, aumentará la presión en el colector de la aspiración del compresor. Si la presión en el colector de aspiración aumenta el transductor emitirá una señal a la centralita y se pone en funcionamiento la primera cámara de un compresor y ventiladores de la condensadora. Si la presión sigue aumentando se pondrán en funcionamiento más capacidades de los compresores y ventiladores.

Si se alcanza la temperatura de consigna, los termostatos cerraran las válvulas solenoides y por tanto disminuirá la presión en el colector de aspiración y la centralita empezará a parar compresores y ventiladores.

Cuando la presión en el colector de descarga es muy alto, el transductor emitirá una señal a la centralita y parará compresores por alta presión.

Por último, en el termostato se programa para realizar desescarches. Esto es, periodos de tiempo donde se para la producción frigorífica para evitar la formación de hielo en el evaporador. Estos termostatos permiten la función "link". Esta función permite conectar los dos termostatos y que realicen los desescarches simultáneamente.

16. Conclusión

Se ha diseñado una instalación frigorífica para una cámara de refrigeración de 600 m³, cuya demanda frigorífica se ha estimado en 29.866 w y se instala una potencia de 37.220 w. Se han calculado los equipos frigoríficos y los servicios necesarios para poder abastecer la demanda calculada. Así mismo se ha determinado que el refrigerante idóneo para la instalación es el freón R134a.

Conclusion

A refrigeration system for a cooling chamber of 600 cubic meters has been designed, whose cooling demand is estimated to be 29.886 watts. In any case 37.220 watts were installed. It has been calculated all cooling equipment as well as the necessary services to support the calculated demand. Likewise, it has been determined that the Freon R134a is the best coolant for the cooling system.

17. Bibliografía

Formulario del frío. Pierre Rapin y Patrick Jacquard. Ed Marcombo.

Frio Industrial I y II. Ricard Gimenez López. Ed Marcombo.

Guía Técnica del IDAE.

Ingeniería del frío. Teoría y práctica. M^a Teresa Sánchez y Pineda de las Infantas. Ed AMV Ediciones.

Instalaciones Frigoríficas. Javier Doria, Germán Gondra, Pedro F. Hernández, Luis Ruiz de Gauna y Salvador Makazaga. Ed Cadem.

Programa de Selección Bitzer

Programa de Selección CoolSelector 2. Danfoss.

Real Decreto 138/2011.

Reglamento Europeo CE 517/2014 del 16 de Abril de 2014.



Grado en Ingeniería Química Industrial

ANEXO 1. Ficha técnica del Refrigerante

Instalación de Cámara de Refrigerados en Plataforma Logística

Autora: Estefanía Conde Hernández

Marzo de 2016

Ficha técnica del Refrigerante

A continuación se muestra la ficha técnica del refrigerante R134a seleccionado para la instalación en estudio.

Dicha ficha técnica ha sido proporcionada por uno de los productores de gases refrigerantes y en ella se puede ver la composición química del mismo, las propiedades físicas y químicas, una gráfica de presión-temperatura, principales usos y la clasificación de seguridad. También se define el tipo de aceite que tiene que llevar una instalación con el gas refrigerante R134a.



Refrigerante Suva® 134a (R-134a)

El refrigerante marca Suva® 134a de DuPont es un HFC, que reemplaza al R-12 en muchas aplicaciones. El refrigerante Suva® 134a tiene baja toxicidad y propiedades físicas y termodinámicas que lo convierten en un reemplazo seguro y eficiente en muchos segmentos de la refrigeración industrial, mas notablemente en el aire acondicionado de automoción, refrigeración doméstica, equipo de supermercados y chillers. No es miscible con los aceites tradicionales del R12 (mineral y alquilbencénico); en cambio su miscibilidad con los aceites poliésteres (POE) es buena, por lo tanto debe de utilizarse siempre con este tipo de aceites.

Naturaleza química del refrigerante

Composición química	% en peso	Nº CE
1,1,1,2 Tetrafluoroetano (R134a)	100	212-377-0

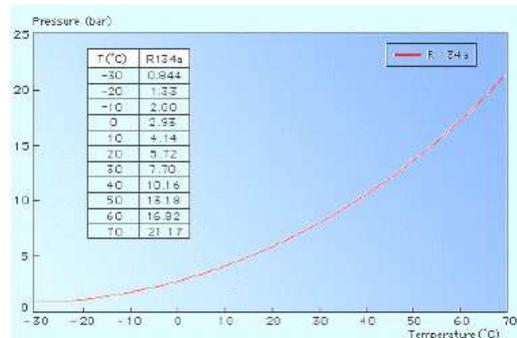
Información adicional

Beneficios	
Es de uso estándar para muchas aplicaciones nuevas	Es el refrigerante de uso normal para aire acondicionado de automóviles nuevos y reacondicionamientos, además de equipos nuevos.
Seguro	Clasificación de seguridad A1/A1 ASHRAE,
Facilidad de Servicio:	Se puede recargar en caso de fugas

Propiedades Físicas

PROPIEDADES FISICAS	R-134a	Unidades
Peso Molecular	102	g/mol
Punto ebullición a 1,013 bar	-26,2	°C
Temperatura crítica	101,1	°C
Presión crítica	40,67	bar
Densidad liquido a 25 °C	1,206	Kg/l
Presión de Vapor a 25 °C	32,25	bar
ODP	0,0	-----

Gráfica Presión-Temperatura:





Grado en Ingeniería Química Industrial

ANEXO 2. Hoja de cálculo de cargas térmicas

Instalación de Cámara de Refrigerados en Plataforma Logística

Autora: Estefanía Conde Hernández

Marzo de 2016

Hoja de cálculo de cargas térmicas

Los cálculos descritos en la memoria técnica para el cálculo de las cargas térmicas se han realizado en una hoja de cálculo, la cual se muestra en la siguiente tabla:

CÁMARA							
CARNE							
		4 evaps.	600,00 m3	29.866 W			
	Tª (C)	HR. (%)	Densidad	Entalpía			
Condiciones Exteriores	39,7	70	1,074 kg/m3	122,13 kJ/kg			
Condiciones Interiores	0	95	1,286 kg/m3	9,08 kJ/kg			
DATOS CÁMARA			CÁLCULO DE PÉRDIDAS				
	DATOS PRODUCTO						
Largo Exterior	15,20 m	Q1	0,94 kcal/kg C	Transmisión 102.739 kcal			
Ancho Exterior	10,20 m	QResp.1	0,00 kcal/kg d	Servicio 25.685 kcal			
Alto Exterior	4,20 m	QResp.2	0,00 kcal/kg d	Infiltraciones 75.375 kcal			
Suelo Panel	SI	Recirc.	4 renov/día	Carga Género 180.480 kcal			
Espesor Panel	0,10 m	Tª Entrada	8 C	Respiración kcal			
Coefficiente (K)	0,21	Estiba Diaria	20 %	Ventiladores 40.028 kcal			
Volumen Inter.	600,00 m3	Densidad	200 kg/m3	Iluminación 16.000 kcal			
Superficie Trans	523,44 m2	Iluminación	5 W/m2	Coef. Seguridad 22.015 kcal			
Modelo Panel	S3	Coef. Seg.	5 %				
Suelo Aislado	NO	Horas Func.	18 h				
				TOTALES 25.685 kcal/h			
				29.866 W			
EVAPORADOR							
Cantidad	Modelo	Marca	Superficie	Caudal	Rend. DT=8	Sep. Aleta	Pot. Inst.
4	TA7L8P	HK Refrig.	45,0 m2	4.040 m3/h	7.600 W	6,4 mm.	30.400 W
VÁLVULA DE EXPANSIÓN							
Cantidad	Modelo	Orificio	Marca	Refrigerante			
4	TEN-2	nº 06	Danfoss	R-134A			



Grado en Ingeniería Química Industrial

ANEXO 3. Principales componentes de la instalación

Instalación de Cámara de Refrigerados en Plataforma Logística

Autora: Estefanía Conde Hernández

Marzo de 2016

Índice Anexo 3

1. Compresor	47
2. Evaporador.....	49
3. Condensador	50

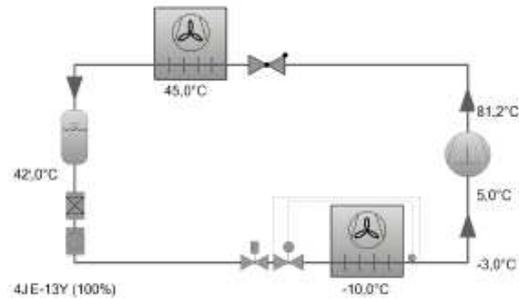
En el presente anexo se detallan las características de los principales componentes de la instalación:

1. Compresor

Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	4JE-13Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-10,00 °C
Temp. de condensación	45,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	3,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	15,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	7,00 K



Resultado

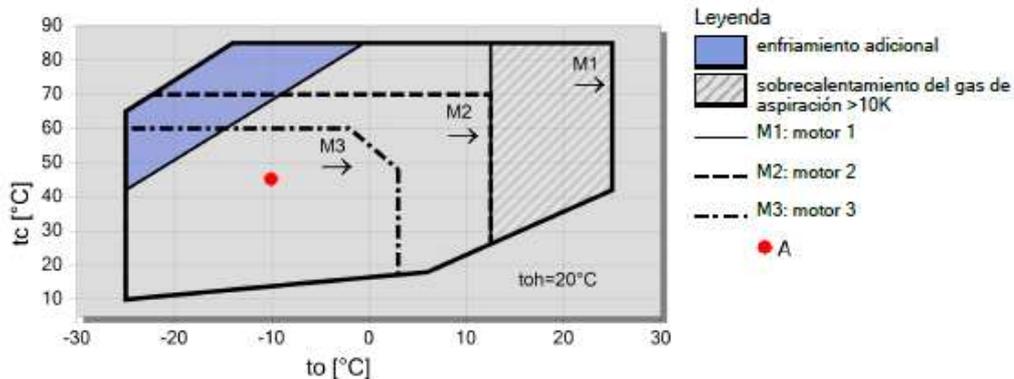
Compresor	4JE-13Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	19,53 kW
Potencia frigorífica *	19,46 kW
Potencia en el evap.	18,61 kW
Potencia absorbida	7,72 kW
Corriente (400V)	15,36 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	27,3 kW
COP/EER	2,41
COP/EER *	2,52
Caudal másico	484 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	81,2 °C

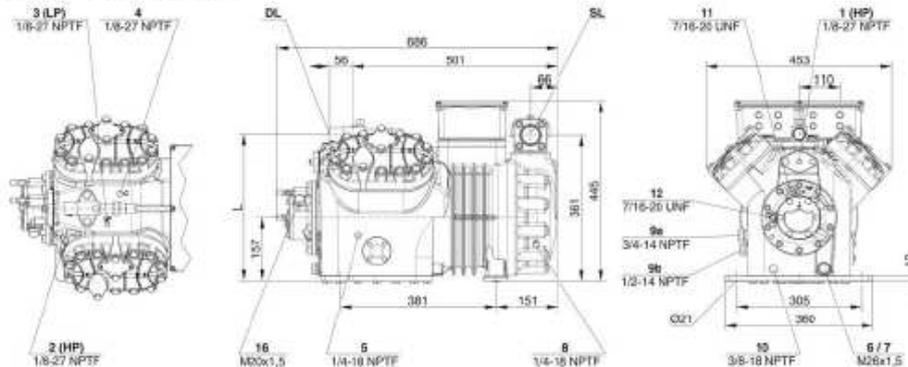


Datos provisionales

*Datos de rendimiento del compresor certificados por ASERCOM (ver Datos técnicos/ Notas)
 Por favor, tener en cuenta la intensidad de diseño a 70 Hz cuando se utiliza un convertidor de frecuencia! Véase también KP-104
 *según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

Límites de aplicación 100%



Datos técnicos: 4JE-13Y**Dimensiones y conexiones****Datos técnicos****Informaciones técnicas**

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	63.5 m ³ /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	76.64 m ³ /h
Campo de frecuencias	25..70 Hz
Nº de cilindros x diámetro x carrera	4 x 65 mm x 55 mm
Peso	179 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32 bar
Conexión línea aspiración	42 mm - 1 5/8"
Conexión línea descarga	28 mm - 1 1/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard) / R134a t<70°C: BSE55 (Option)

Informaciones motor

Versión del motor	3
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V PW-3-50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	19.8 A
Intensidad máxima en funcionamiento 70Hz/400V/FI	28.6 A
Relación de bobinado	50/50
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	81.0 A Y / 132.0 A YY
Potencia máx. absorbida	11.0 kW

Estándar de entrega

Protección motor	SE-B2
Clase de protección	IP54 (Standard), IP66 (Option)
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	4.00 dm ³

Opciones disponibles

Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Arranque en vacío	Option
Regulación de capacidad	100-50% (Option)
Regulación de capacidad - en continuo	100-10% (Option)
Ventilador adicional	Option
Válvula de servicio aceite	Option
Calefactor de Cáster	140 W (Option)
Control de presión de aceite	MP54 (Option), Delta-P11

Nivel sonoro medido

Potencia sonora (-10°C / 45°C)	75.5 dB(A) @50Hz
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C)	67.5dB(A) @50Hz
Presión sonora @ 1m (+5°C / 50°C) R134a	

2. Evaporador

TA ... L 8P - 750 r/min

6,35 mm

		TA ... L 8P	1	-	3	4	5	6	7
Potencia R404A (1)	DT1 = 10 K - SC 1	kW	2,88	-	5,40	5,86	6,79	-	11,84
	DT1 = 8 K - SC 2	kW	1,93	-	3,66	3,96	4,55	-	8,00
Potencia CO2 (7)	DT1 = 8 K - SC 2	kW	2,12	-	3,88	4,32	4,92	-	8,17
Potencia W (8)	DT1 = 10 K (a)	kW	3,34	-	-	6,77	-	8,51	13,66
	DT1 = 8 K (b)	kW	2,20	-	-	4,50	-	7,27	9,06
Presión acústica	Lp 4 m (2)	dB(A)	22	-	25	25	27	27	28
Superficie		m ²	11,2	-	18,0	22,5	20,2	33,7	45,0
Volumen interno		dm ³	2,8	-	4,5	5,6	5,0	8,4	11,2
		Núm.	1	-	2	2	3	3	4
Ventilador Ø 350 mm 230 V/1/50-60 Hz	Caudal de aire	m ³ /h	1010	-	2080	2020	3210	2890	4040
	Proyección de aire (3)	m	2 x 5	-	2 x 5	2 x 5	2 x 6	2 x 5	2 x 5
	230 V/1/50 Hz	W máx	1 x 90	-	2 x 90	2 x 90	3 x 90	3 x 90	4 x 90
		A máx	1 x 0,4	-	2 x 0,4	2 x 0,4	3 x 0,4	3 x 0,4	4 x 0,4
Desescarche eléctrico E1K (4)	230 V/1/50 Hz	W total	800	-	1200	1600	1800	3000	3200
		A total	3,5	-	5,2	7,0	7,8	13,0	14,0
	400 V/3/50 Hz	W total	-	-	-	-	-	3000	3200
		A total	-	-	-	-	-	6,5	6,9
Peso neto		kg	21	-	30	32	35	44	58

		TA ... 8P	1	2	3	4	5	6	7
Dimensiones	A	mm	872	1372	1372	1372	1872	1872	2372
	H	mm	17,5	17,5	17,5	17,5	35	35	35
	X	mm	560	1060	1060	1060	1560	1560	2060
Conexiones R404A	Entrada	Ø (5)	D 5/8"						
	Salida	Ø ODF (6)	5/8"	5/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1 1/8"	1 1/8"

(1) Ver página 12.

(2) Nivel de presión acústica medio en dB(A) calculado a 4 m, en el nivel de las hélices, en campo libre sobre plano reflector, indicado con carácter informativo.

(3) Velocidad de aire residual: 0,25 m/s.

(4) Opción desescarche eléctrico.

(5) Distribuidor: 5/8" para soldar.

(6) ODF: hembra para acoger el tubo del mismo diámetro.

(7) Presión de servicio: 60 bares - Los diámetros de las conexiones se definirán en el pedido.

(8) Agua glicolada:

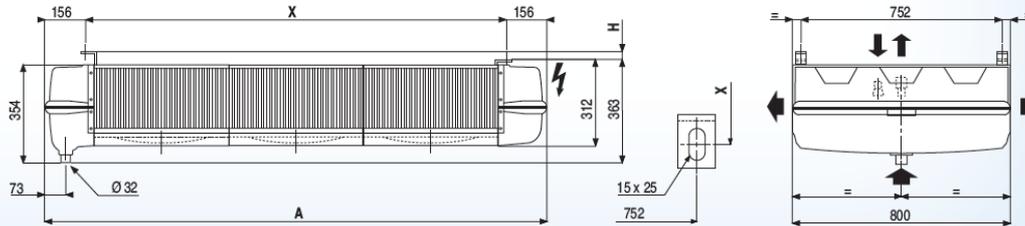
(a) EG Percent. glicol = 30% - Temp. entrada fluido = -2 °C - Temp. salida fluido = +2 °C

Temp. seca entrada = +10 °C - Hum. relativa = 85%

(b) EG Percent. glicol = 30% - Temp. entrada fluido = -8 °C - Temp. salida fluido = -4 °C

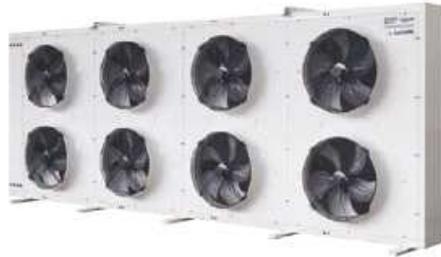
Temp. seca entrada = +2 °C - Hum. relativa = 85%

Otras condiciones: consúltenos.



BAE	BXT	WCO	CO2	PRK	HGB	E1K	E1U	2TH	DMP	EEC
0	0			0	0	0	0	0	0	0

3. Condensador



«KCE» hélice Ø 630 mm a 450/275 r.p.m.

Composición	Peso Kg	Sup. Total m ²	Vol. Inter. dm ³	Ventiladores trifásicos doble velocidad 400 V 50 Hz							Rend. (Wattios)			Sentido del aire*	Modelo
				N.º r.p.m.	N.º	Hélice Ø	W Pot. Total	A total Abs.	Total caudal m ³ /h	dB a ⁽¹⁾ 10 m	ΔT = 14 °C	ΔT = 16 °C			
	85	43,4	5,8	Δ 450 λ 275	1	630	145 60	0,32 0,18	3760 2900	24 20	16330 13070	18670 14930	H V	KCE-61S2	
	94	65,6	8,7	Δ 450 λ 275	1	630	145 60	0,32 0,18	3440 2630	24 20	16150 12510	18450 14290	H V	KCE-61S3	
	101	87,8	8,8	Δ 450 λ 275	1	630	145 60	0,32 0,18	3190 2430	24 20	16610 12880	18990 14720	H V	KCE-61S4	
	137	87,7	8,7	Δ 450 λ 275	2	630	290 120	0,64 0,36	7520 5800	27 23	32670 26130	37330 29870	H V	KCE-62S2	
	152	131,1	17,4	Δ 450 λ 275	2	630	290 120	0,64 0,36	6880 5260	27 23	32290 25010	36910 28590	H V	KCE-62S3	
	166	175,4	23,2	Δ 450 λ 275	2	630	290 120	0,64 0,36	6380 4860	27 23	33230 25760	37970 29440	H V	KCE-62S4	
	190	131,1	17,4	Δ 450 λ 275	3	630	435 180	0,96 0,54	11280 8700	28 24	49000 39200	56000 44800	H V	KCE-63S2	
	212	196,7	26,1	Δ 450 λ 275	3	630	435 180	0,96 0,54	10320 7890	28 24	48440 37520	55360 42880	H V	KCE-63S3	
	234	262,3	34,8	Δ 450 λ 275	3	630	435 180	0,96 0,54	9570 7290	28 24	49840 38640	56960 44160	H V	KCE-63S4	
	243	175,5	23,2	Δ 450 λ 275	4	630	580 240	1,28 0,72	15040 11600	29 26	65330 52270	74670 59730	H V	KCE-64S2	
	275	262,3	34,8	Δ 450 λ 275	4	630	580 240	1,28 0,72	13760 10520	29 26	64590 50030	73810 57170	H V	KCE-64S3	
	301	350,0	46,4	Δ 450 λ 275	4	630	580 240	1,28 0,72	12760 9720	29 26	66450 51520	75950 58880	H V	KCE-64S4	
	299	218,9	29,0	Δ 450 λ 275	5	630	725 300	1,60 0,90	18800 14500	30 26	81670 65330	93330 74670	H V	KCE-65S2	
	338	327,9	43,5	Δ 450 λ 275	5	630	725 300	1,60 0,90	17200 13150	30 26	80730 62530	92270 71470	H V	KCE-65S3	
	374	437,8	58,0	Δ 450 λ 275	5	630	725 300	1,60 0,90	15950 12150	30 26	83070 64400	94930 73600	H V	KCE-65S4	
	581	417,2	45,0	Δ 450 λ 275	3+3	630	780 420	1,92 1,08	23334 18168	31 27	93240 76630	106560 87570	H V	KCE-66S2	
	648	625,8	67,0	Δ 450 λ 275	3+3	630	780 420	1,92 1,08	21804 16578	31 27	98930 77000	113070 88000	H V	KCE-66S3	
	705	834,5	90,0	Δ 450 λ 275	3+3	630	780 420	1,92 1,08	20272 15378	31 27	96130 73450	109870 83950	H V	KCE-66S4	
	409	556,0	60,0	Δ 450 λ 275	4+4	630	1160 480	2,56 1,44	31112 24224	32 28	124130 101730	141870 116270	H V	KCE-68S2	
	490	834,5	89,0	Δ 450 λ 275	4+4	630	1160 560	2,56 1,44	29072 22104	32 28	131600 102670	150400 117330	H V	KCE-68S3	
	708	1111,9	119,0	Δ 450 λ 275	4+4	630	1040 560	2,56 1,44	27029 20504	32 28	127870 98000	146130 112000	H V	KCE-68S4	



Grado en Ingeniería Química Industrial

PRESUPUESTO

Instalación de Cámara de Refrigerados en Plataforma Logística

Autora: Estefanía Conde Hernández

Marzo de 2016

Presupuesto

A continuación se muestra el presupuesto de coste de la instalación frigorífica según las partidas descritas.

Part	Unidades	Descripción	P. Unitario [€]	Importe [€]
1	1	<p>Central frigorífica, compuesta por dos compresores marca Bitzer modelo 4JE-13Y-40P, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colector de aspiración - Colector de líquido - Colector de descarga - Recipiente de líquido de 60 dm³ - Válvula de seguridad de 20,5 bares - Presostato de alta - Presostato de baja - 2 presostatos de alta baja - Separador de aceite - 2 controles de nivel de aceite - 2 filtros de aceite - Filtros de aspiración y líquido, incluso visor - 2 válvulas de retención -Válvulas de corte - Carga nivel de aceite - Antivibradores - Bancada de hierro y amortiguadores. 	15.365,98	15.365,98
2	1	Condensador marca Eco-Luvata modelo	9.165,61	9.165,61

		KCE-66-S2, incluyendo: - Antivibradores - Amortiguadores- - 2 Válvulas de corte		
3	4	Evaporadores marca HK modelo TA7L8P, incluyendo soportación.	3.972,45	15.889,80
4	1	Tuberías de cobre, incluyendo armaflex para la tubería de aspiración, accesorios, soportación y soldadura	4.275,40	4.275,40
5	2	Servicios, incluyendo válvulas de corte, válvula solenoide, filtro deshidratador y visor.	520,98	1.041,96
6	4	Válvula de expansión TEN2 incluso orificio 06	228,87	915,48
7	1	Cuadro de control y maniobra, incluso cableado	4.987,65	4.987,65
8	2	Termostatos marca Eliwell modelo ID985LX CK, incluso sondas	287,92	575,84
9	1	Panel frigorífico aislante, incluyendo perfilería, tornillería y varios de montaje	30.987,34	30.987,34
10	1	Puerta frigorífica de 2,2 m de ancho tipo corredera	4.584,72	4.584,72
11	90	kg Refrigerante R134	7,20	648,00
12	1	Desagües	320,00	320,00
13	1	Varios de montaje, transporte y medios de elevación	4.550,60	4.550,60
14	1	Puesta en marcha	2.250,00	2.250,00

TOTAL PRESUPUESTO.....95.558,38 €



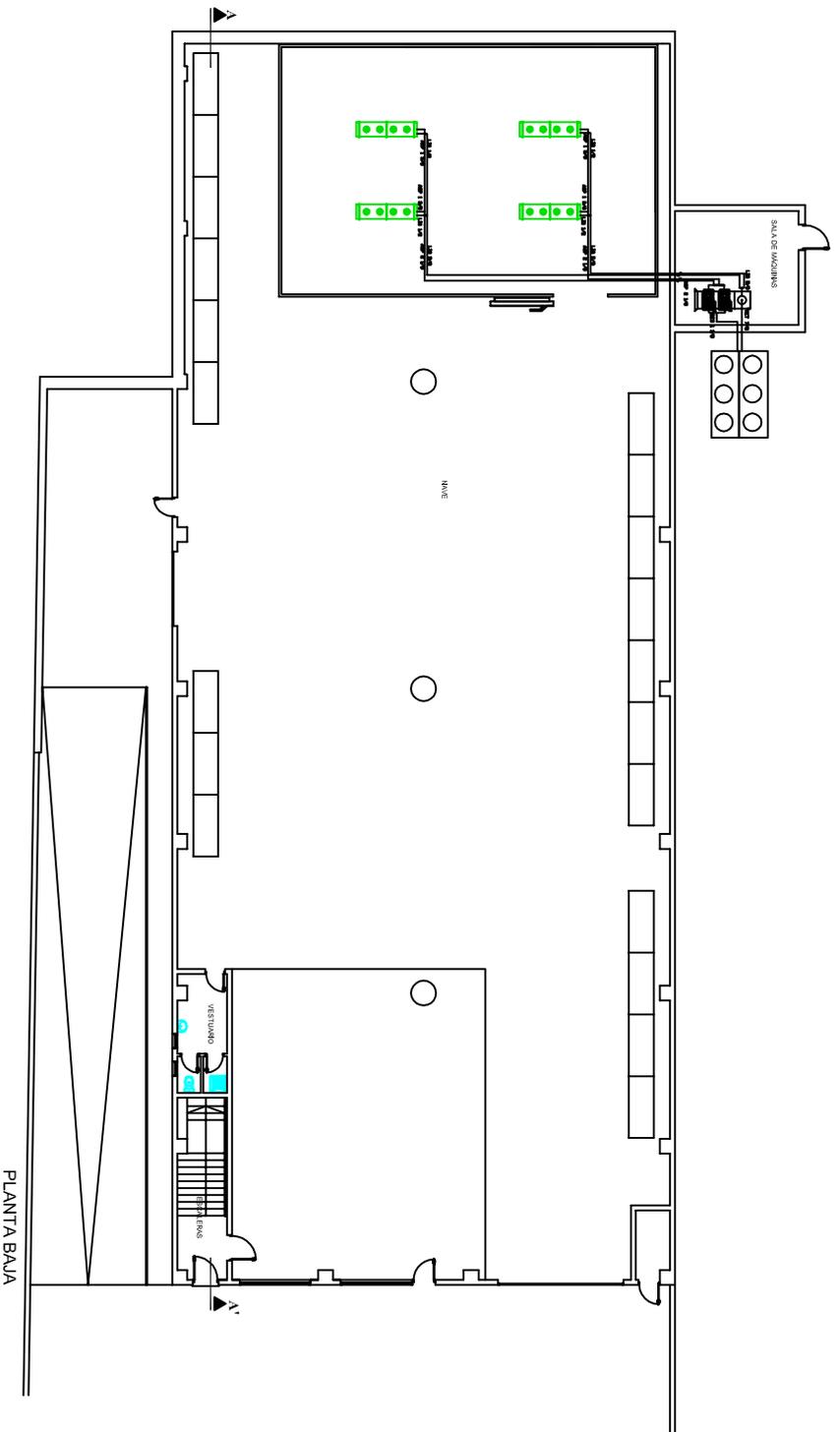
Grado en Ingeniería Química Industrial

PLANOS

Instalación de Cámara de Refrigerados en Plataforma Logística

Autora: Estefanía Conde Hernández

Marzo de 2016



PLANTA BAJA

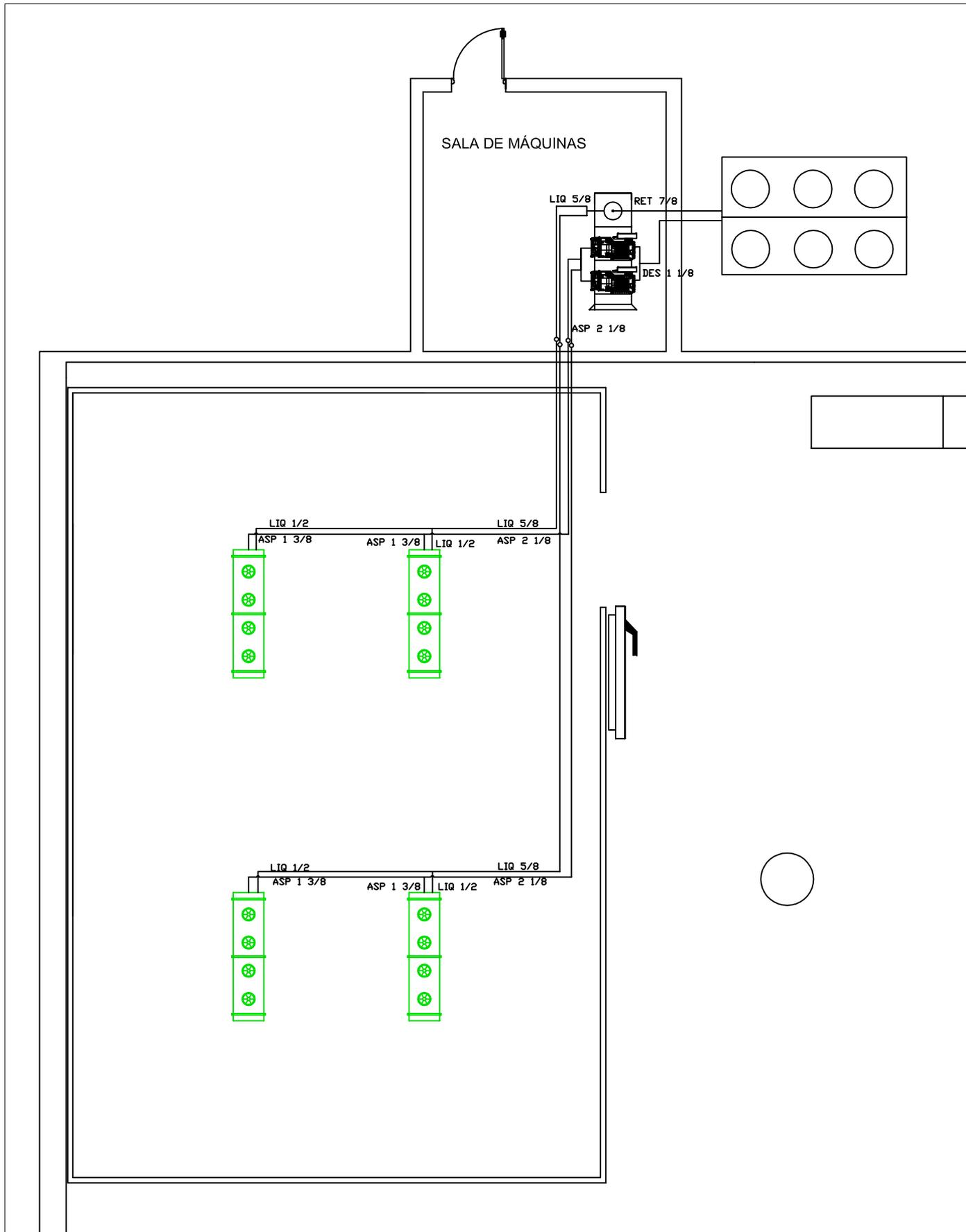
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL
PROYECTO: Instalación de Cámara de Refrigerados en Plataforma Logística
PLANO: Plataforma Logística

AUTOR: Estefanía Conde Hernández
 TUTOR: Andrea Brito Alayón

ESCALA:
 1:300

FECHA:
 04-03-2016

Nº
1
 /3



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL

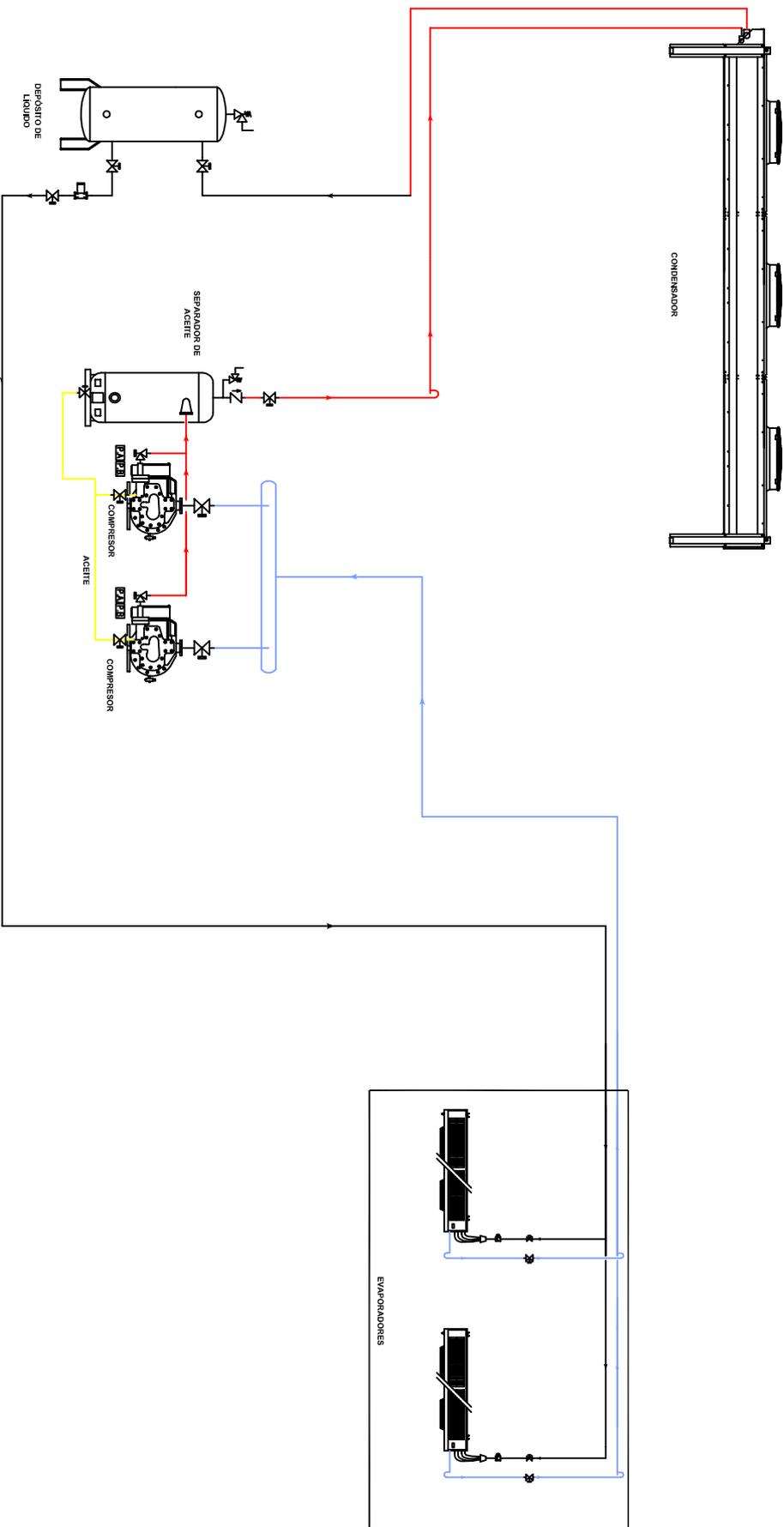
PROYECTO: Instalación de Cámara de Refrigerados en Plataforma Logística
PLANO: Detalle Cámara Frigorífica y Sala de máquinas

AUTOR: Estefanía Conde Hernández
 TUTOR: Andrea Brito Alayón

ESCALA:
 1:100

FECHA:
 04-03-2016

Nº **2** / 3



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL

PROYECTO: Instalación de Cámara de Refrigerados en Plataforma Logística

PLANO: Esquema frigorífico

AUTOR: Estefanía Conde Hernández
 TUTOR: Andrea Brito Alayón

ESCALA:

FECHA: 04-03-2016

Nº 3 / 3