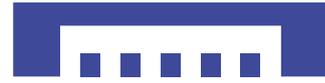




UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERIA MECANICA

DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESESCARCHE DE UN ARCÓN FRIGORÍFICO

AUTOR: Jaime Orlando Forero Salas

TUTOR: Emilio Navarro Peris

COTUTOR: Alejandro López Navarro

Curso Académico: 2016-2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecerles a mi madre y a mi padre, gracias a sus constantes esfuerzos. Por haberme dado la oportunidad de alcanzar la formación académica, inculcarme los valores de responsabilidad, paciencia y perseverancia, por el invaluable apoyo en los momentos más difíciles, y por motivarme día tras día para que pudiese alcanzar mis objetivos.

A mi novia, por su comprensión y sus ánimos en los momentos difíciles. A mi hermana, que ha sido un ejemplo para mí y me ha inculcado desde el principio que debía estudiar lo máximo posible.

A mi familia, a los que están y los que ya no están, gracias por su “granito de arena”, directa o indirectamente han formado parte de este trabajo.

A mi tutor del trabajo, Emilio Navarro Peris, y, mi cotutor Alejandro López Navarro, quiero agradecerles el apoyo y dedicación que me han dado durante todos estos meses. No sólo me han guiado en la elaboración de este trabajo de fin de grado, también me ha enseñado muchas otras cosas que me servirán seguro en un futuro.

Y en último lugar; pero no menos importante a todo el personal del Instituto de Ingeniería Energética que me ha echado una mano.

RESUMEN

El objetivo principal del presente Trabajo Final de Grado consiste en la optimización del desescarche de un arcón frigorífico para mejorar su eficiencia y poner a punto una metodología de ensayo para el estudio del desescarche, ya que es difícil encontrar bibliografía al respecto y estudios detallados, el arcón frigorífico objeto de estudio tiene dos modos de desescarche: por gas caliente (está controlado por un sensor de temperatura) y por resistencia eléctrica (está controlado por un temporizador).

Para facilitar este cometido hace falta antes realizar unas labores previas, como son la modificación e instrumentación del circuito frigorífico del arcón, para así facilitar la adquisición de datos. Puesta a punto y posterior análisis de los distintos ensayos realizados para sacar conclusiones al respecto de cuál es el tiempo y el método de desescarche más eficiente del arcón frigorífico adquirido por parte del Instituto Ingeniería Energética (IIE) de la universidad politécnica de Valencia.

Los ensayos a realizar duran 24 horas cada uno y los paquetes que simulan la carga térmica consisten en 54 bricks de leche cargados con 500 gramos de agua cada uno de ellos, se realizaron ensayos con desescarche programados cada 2, 3, 4 y 5 horas tanto con desescarche por gas caliente como por resistencia eléctrica, es decir, al final habrán 8 ensayos, 4 con desescarche por gas caliente y 4 con desescarche por resistencia eléctrica.

Palabras claves: refrigeración, desescarche, eficiencia energética, emisiones de co2 optimización del desescarche, eficiencia en los desescarches, ahorro energético.

INDICE GENERAL

DOCUMENTO 1: MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
2. OBJETIVOS.....	- 3 -
3. FASES DEL TFG	- 3 -
4. JUSTIFICACIÓN	- 4 -
4.1. Situación actual	- 4 -
4.2. Motivación del proyecto	- 6 -
5. ANTECEDENTES.....	- 8 -
6. CONCEPTOS TEÓRICOS SOBRE EL SISTEMA FRIGORÍFICO	- 9 -
6.1. INTRODUCCIÓN	- 9 -
6.2. HISTORIA MUEBLES FRIGORÍFICOS.....	- 9 -
6.3. COMPONENTES DEL CIRCUITO FRIGORIFICO	- 12 -
6.3.1. INTRODUCCIÓN	- 12 -
6.3.2. COMPRESOR	- 13 -
6.3.3. CONDENSADOR	- 16 -
6.3.4. DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN	- 17 -
6.3.5. EVAPORADOR.....	- 19 -
6.3.6. OTROS COMPONENTES	- 21 -
6.3.6.1. Filtro deshidratador	- 21 -
6.3.6.2. Válvula solenoide	- 22 -
7. CONCEPTOS TEÓRICOS SOBRE LOS CICLOS DE REFRIGERACIÓN	- 23 -
7.1. INTRODUCCIÓN	- 23 -
7.2. CICLOS DE REFRIGERACIÓN	- 23 -
7.2.1. Ciclo de Carnot.....	- 24 -
7.2.2. Ciclo de Carnot inverso.....	- 25 -
7.2.3. Ciclo de compresión de vapor	- 26 -
7.2.3.1. Ciclo de compresión de vapor ideal.....	- 26 -
7.2.3.2. Ciclo de compresión de vapor real	- 27 -
7.3. EL REFRIGERANTE	- 28 -
7.3.1. Características de los refrigerantes	- 30 -
7.3.2. Características del R-404A.....	- 30 -
8. MANTENIMIENTO DE LOS EVAPORADORES.....	- 31 -
8.1. INTRODUCCIÓN	- 31 -
8.2. TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LOS DESESCARCHES	- 31 -

8.2.1. Desescarche por aire	- 32 -
8.2.2. Desescarche por agua.....	- 32 -
8.2.3. Desescarche por inversión de ciclo.....	- 32 -
8.2.4. Desescarche por resistencia eléctrica.....	- 33 -
8.2.5. Desescarche por gas caliente	- 34 -
9. EQUIPO EXPERIMENTAL, MEDIDAS Y OBTENCIÓN DE PARÁMETROS.....	- 35 -
9.1. INTRODUCCIÓN	- 35 -
9.2. AULA QUE ALBERGA NUESTRO ARCÓN	- 35 -
9.3. EQUIPOS DE MEDIDA	- 35 -
9.3.1. Transductores de presión.....	- 36 -
9.3.2. Termopares.....	- 37 -
9.3.3. Sistema de adquisición de datos.....	- 37 -
9.3.4. Vatímetro.....	- 38 -
10. NORMATIVA	- 39 -
10.1. NORMATIVA GENERAL DE LABORATORIO Y ENSAYOS	- 39 -
10.2. NORMATIVA REFERENTE A CIRCUITOS FRIGORÍFICOS.....	- 39 -
10.3. NORMATIVA REFERENTE A MUEBLES FRIGORÍFICOS COMERCILES.....	- 40 -
10.4. NORMATIVA REFERENTE A LA SEGURIDAD.....	- 40 -
10.5. NORMATIVA REFERENTE A LA SEGURIDAD.....	- 41 -
11. MODIFICACIÓN DEL CIRCUITO FRIGORÍFICO	- 42 -
12. CREACIÓN DE ESCARCHA EN EL EVAPORADOR	- 45 -
13. ENSAYOS REALIZADOS.....	- 48 -
13.1 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 2 HORAS.....	- 49 -
13.2 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 3 HORAS.....	- 52 -
13.3 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 4 HORAS.....	- 56 -
13.4 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 5 HORAS.....	- 59 -
13.5 DESESCARCHE POR REISTENCIA ELÉCTRICA CADA 2 HORAS.....	- 63 -
13.6 DESESCARCHE POR RESISTENCIA ELÉCTRICA CADA 3 HORAS.....	- 67 -
13.7 DESESCARCHE POR RESISTENCIA ELÉCTRICA CADA 4 HORAS.....	- 70 -
13.8 DESESCARCHE POR RESISTENCIA ELÉCTRICA CADA 5 HORAS.....	- 74 -
14. CONCLUSIONES.....	- 78 -
15. BIBLIOGRAFIA	- 80 -

DOCUMENTO 2: PLIEGO DE CONDICIONES

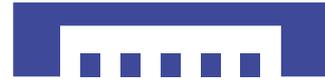
1. INTRODUCCIÓN	- 81 -
2. CONDICIONES TÉCNICAS	- 81 -
2.1. INTRODUCCIÓN	- 81 -
2.1.1. Requisitos de seguridad y medio ambiente	- 81 -
2.1.2. Objeto y campo de aplicación	- 83 -
2.1.3. Definiciones	- 83 -
2.1.4. Requisitos básicos	- 87 -
2.1.5. Clasificación del sistema de refrigeración	- 91 -
2.1.6. Elección de los refrigerantes	- 91 -
2.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	- 93 -
2.2.1. Requisitos generales	- 93 -
2.2.2. Requisitos relativos a la presión y a recipientes a presión	- 93 -
2.2.3. Tuberías	- 95 -
2.2.4. Válvulas y dispositivos de protección	- 99 -
2.3. MATERIALES	- 100 -
2.3.1. Requisitos generales	- 100 -
2.3.2. Materiales férricos	- 100 -
2.4- ENSAYOS Y PUESTA EN MARCHA	- 101 -
2.4.1- Requisitos generales Ensayos	- 101 -

DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN	- 103 -
2. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS.	- 103 -
2.1. COSTE DE LA MANO DE OBRA	- 103 -
2.2. COSTES DE EQUIPOS Y ACCESORIOS DE LA INSTALACIÓN	- 104 -
3. PRESUPUESTO BASE	- 104 -



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERIA MECANICA

DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESESCARCHE DE UN ARCÓN FRIGORÍFICO

DOCUMENTO 1: MEMORIA

INDICE GENERAL

DOCUMENTO 1: MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
2. OBJETIVOS.....	- 3 -
3. FASES DEL TFG	- 3 -
4. JUSTIFICACIÓN	- 4 -
4.1. Situación actual	- 4 -
4.2. Motivación del proyecto	- 6 -
5. ANTECEDENTES.....	- 8 -
6. CONCEPTOS TEÓRICOS SOBRE EL SISTEMA FRIGORÍFICO	- 9 -
6.1. INTRODUCCIÓN	- 9 -
6.2. HISTORIA MUEBLES FRIGORÍFICOS.....	- 9 -
6.3. COMPONENTES DEL CIRCUITO FRIGORIFICO	- 12 -
6.3.1. INTRODUCCIÓN	- 12 -
6.3.2. COMPRESOR	- 13 -
6.3.3. CONDENSADOR	- 16 -
6.3.4. DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN	- 17 -
6.3.5. EVAPORADOR.....	- 19 -
6.3.6. OTROS COMPONENTES	- 21 -
6.3.6.1. Filtro deshidratador	- 21 -
6.3.6.2. Válvula solenoide	- 22 -
7. CONCEPTOS TEÓRICOS SOBRE LOS CICLOS DE REFRIGERACIÓN	- 23 -
7.1. INTRODUCCIÓN	- 23 -
7.2. CICLOS DE REFRIGERACIÓN	- 23 -
7.2.1. Ciclo de Carnot.....	- 24 -
7.2.2. Ciclo de Carnot inverso.....	- 25 -
7.2.3. Ciclo de compresión de vapor	- 26 -
7.2.3.1. Ciclo de compresión de vapor ideal.....	- 26 -
7.2.3.2. Ciclo de compresión de vapor real	- 27 -
7.3. EL REFRIGERANTE	- 28 -
7.3.1. Características de los refrigerantes	- 30 -
7.3.2. Características del R-404A.....	- 30 -
8. MANTENIMIENTO DE LOS EVAPORADORES.....	- 31 -
8.1. INTRODUCCIÓN	- 31 -
8.2. TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LOS DESESCARCHES	- 31 -

8.2.1. Desescarche por aire	- 32 -
8.2.2. Desescarche por agua.....	- 32 -
8.2.3. Desescarche por inversión de ciclo.....	- 32 -
8.2.4. Desescarche por resistencia eléctrica.....	- 33 -
8.2.5. Desescarche por gas caliente	- 34 -
9. EQUIPO EXPERIMENTAL, MEDIDAS Y OBTENCIÓN DE PARÁMETROS.....	- 35 -
9.1. INTRODUCCIÓN	- 35 -
9.2. AULA QUE ALBERGA NUESTRO ARCÓN	- 35 -
9.3. EQUIPOS DE MEDIDA	- 35 -
9.3.1. Transductores de presión.....	- 36 -
9.3.2. Termopares.....	- 37 -
9.3.3. Sistema de adquisición de datos.....	- 37 -
9.3.4. Vatímetro.....	- 38 -
10. NORMATIVA	- 39 -
10.1. NORMATIVA GENERAL DE LABORATORIO Y ENSAYOS	- 39 -
10.2. NORMATIVA REFERENTE A CIRCUITOS FRIGORÍFICOS.....	- 39 -
10.3. NORMATIVA REFERENTE A MUEBLES FRIGORÍFICOS COMERCILES.....	- 40 -
10.4. NORMATIVA REFERENTE A LA SEGURIDAD	- 40 -
10.5. NORMATIVA REFERENTE A LA SEGURIDAD	- 41 -
11. MODIFICACIÓN DEL CIRCUITO FRIGORÍFICO	- 42 -
12. CREACIÓN DE ESCARCHA EN EL EVAPORADOR	- 45 -
13. ENSAYOS REALIZADOS.....	- 48 -
13.1 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 2 HORAS.....	- 49 -
13.2 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 3 HORAS.....	- 52 -
13.3 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 4 HORAS.....	- 56 -
13.4 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 5 HORAS.....	- 59 -
13.5 DESESCARCHE POR REISTENCIA ELÉCTRICA CADA 2 HORAS.....	- 63 -
13.6 DESESCARCHE POR RESISTENCIA ELÉCTRICA CADA 3 HORAS.....	- 67 -
13.7 DESESCARCHE POR RESISTENCIA ELÉCTRICA CADA 4 HORAS.....	- 70 -
13.8 DESESCARCHE POR RESISTENCIA ELÉCTRICA CADA 5 HORAS.....	- 74 -
14. CONCLUSIONES.....	- 78 -
15. BIBLIOGRAFIA	- 80 -

1. INTRODUCCIÓN

Refrigeración es el proceso de transportar calor de un lugar a otro utilizando un refrigerante en un ciclo frigorífico cerrado. El control del aceite, la separación del gas y del líquido, el subenfriamiento, el recalentamiento, la conducción de refrigerante líquido y gaseoso y el flujo en dos fases forman parte de la técnica frigorífica. Las áreas de aplicación del empleo de la refrigeración incluyen el acondicionamiento del aire, la refrigeración comercial y la refrigeración industrial. [1]

Para que nuestra maquina funcione adecuadamente y el ciclo frigorífico efectúe su labor, que es, extraer o aportar calor al sistema en cuestión, necesita unos componentes indispensables para que el refrigerante cambie de estado dentro del circuito y pueda realizar dicha función.

Dichos componentes se pueden observar en la figura 1 (compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador) de esta forma podemos construir un sistema de refrigeración para cualquier necesidad, por ejemplo una nevera, una cámara frigorífica, un aire acondicionado o cualquier otro tipo de bomba de calor. Componentes que se explicarán con más detalle en el apartado 6.3 COMPONENTES DEL CIRCUITO FRIGORÍFICO.

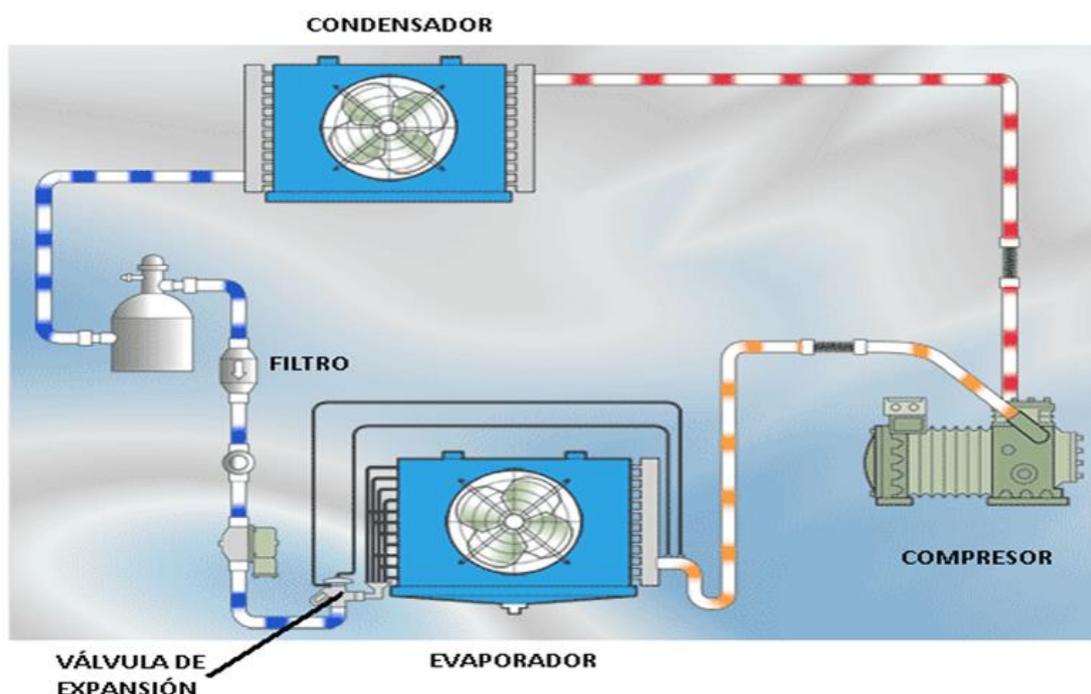


Figura 1. Componentes Indispensables

Del mismo modo que se necesitan esos componentes indispensables, es necesario controlar la formación de escarcha en el evaporador para su correcto funcionamiento (absorber el calor del recinto en donde se encuentra) y para no estropearlo, para ello el sistema necesita desescarches periódicamente. Cuestión en la que nos centraremos con especial atención en este trabajo de fin de grado.

Esta escarcha se va acumulando en la superficie del evaporador. La formación de escarcha, nieve o hielo depende de las condiciones internas y externas del evaporador.

Cuando empieza el proceso de formación de hielo, se ha observado que lo primero que se produce es escarcha en la superficie de los tubos y aletas. La escarcha está formada por una multitud de cristales que incrementan de forma sustancial la superficie de intercambio de calor, y en un principio mejoran la transmisión de calor.

Posteriormente, según aumenta el volumen de escarcha acumulado, disminuye drásticamente la velocidad del aire a través de las aletas, por ende se pierde potencia frigorífica. Cuando esto sucede, hay que eliminar esta escarcha, nieve o hielo que se forma en los evaporadores, hay que realizar un aporte de calor que permita la fusión del hielo. Dicho aporte de calor puede darse tanto desde dentro del evaporador como desde fuera de él.

El método más eficiente de desescarche es aquel que requiere la menor cantidad de interrupciones en la operación del equipo.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente Trabajo Final de Grado (TFG) consiste en la optimización del tiempo desescarche de un arcón frigorífico para realizarlo de la forma más eficiente posible, modelo ASG 700 BT II de la marca Infrico, el cual tiene dos modos de desescarche: por gas caliente (está controlado por un sensor de temperatura) y por resistencia eléctrica (está controlado por un temporizador) y al mismo tiempo perfilar una metodología de ensayo para el estudio del desescarche, ya que es difícil encontrar bibliografía al respecto y estudios detallados. Con los resultados obtenidos se pretende generar un conocimiento que permita dar criterios con el fin de optimizar el desescarche de los frigoríficos y de este modo hacerlos más eficientes.

Pero para ello hace falta antes realizar unas labores previas, como son la modificación e instrumentación del circuito frigorífico del arcón, puesta a punto y posterior análisis de los distintos ensayos realizados para sacar conclusiones al respecto de cuál es el tiempo y el método de desescarche más eficiente del arcón frigorífico adquirido por parte del Instituto Ingeniería Energética (IIE) de la Universidad Politécnica de Valencia.

3. FASES DEL TFG

Este TFG consta de tres fases: La primera fase tiene como objetivo modificar de la forma más idónea posible el circuito frigorífico del arcón para facilitar en la medida de lo posible la visualización del circuito y la adquisición de datos, tanto por parte de los alumnos que ensayarán con él como por parte de los docentes en sus futuras investigaciones. En esta fase también se pensará cuántos, cuáles y dónde se instalará cada instrumento de medida.

En la segunda fase, se realizará el seguimiento de los trabajos y puesta a punto de la instalación, incluyendo la instrumentación y calibración de todos los componentes.

En la fase final de este TFG la cual es la más importante, se realizó una batería de ensayos con el objetivo de sentar unas bases que dieran criterios para la optimización del tiempo de desescarche en un arcón frigorífico. Una vez realizados todos los ensayos se procedió al tratamiento y análisis de los datos obtenidos y posteriormente se extrajeron conclusiones.

El análisis de los ensayos seleccionados, los cuales son los más representativos, puede consultarse en el apartado 13 del presente TFG.

4. JUSTIFICACIÓN

4.1. Situación actual

Con la puesta en marcha en 2010 de la estrategia decenal de la Unión Europea (*Europa 2020*: reducir un 20% el consumo de energía de los edificios, minimizar un 20% sus emisiones de CO₂ y potenciar las renovables hasta aportar un 20% de la energía), la Unión pretende que Europa salga fortalecida de la crisis y convierta a la Unión Europea en una *economía inteligente, sostenible e integradora*.

Europa 2020 propone tres prioridades que se refuerzan mutuamente:

- Crecimiento inteligente: desarrollo de una economía basada en el conocimiento y la innovación.
- Crecimiento sostenible: promoción de una economía que haga un uso más eficaz de los recursos, que sea más verde y competitiva.
- Crecimiento integrador: fomento de una economía con alto nivel de empleo que tenga cohesión social y territorial. La UE tiene que definir el lugar que quiere ocupar en 2020.

Debido a lo mencionado anteriormente la Unión se enfrenta a retos sin precedentes debido a una creciente dependencia de las importaciones de energía y a la necesidad de reducir el calentamiento global y superar la crisis económica. Este es el motivo por el que la Unión Europea se ha fijado como objetivo prioritario para 2020 aumentar en un 20 por ciento la eficiencia energética, la Unión está convencida de que la forma más eficaz para afrontar y superar estos retos es el camino de la eficiencia energética, ya que mejora la soberanía energética al reducir el consumo de energía primaria y las importaciones de energía. Del mismo modo con más eficiencia energética se reducirán las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de una forma rentable y de este modo ayudar a mitigar el efecto invernadero.

El cambio a una Unión con una economía más eficiente energéticamente hablando deberá incentivar a las empresas implementar soluciones tecnológicamente innovadoras para alcanzar el objetivo de 2020 y fomentar así la competitividad de las industrias de la unión. Asimismo, impulsará el crecimiento económico, reducirá la factura energética, aumentará la independencia energética, disminuirá las emisiones de CO₂ y creará empleos de alta calidad en diversos sectores relacionados con la eficiencia energética como pueden ser: las auditorías energéticas, la actualización de equipos por unos más eficientes, las reformas en las envolventes de los edificios, entre otros beneficios.

Además de esta estrategia decenal la Unión tiene que cumplir el acuerdo aceptado por más de 55 países (los cuales representan al menos el 55% de las emisiones totales en el mundo de GEI) en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2015. [2]

Según indica la *Agencia Internacional de la Energía (AIE)* en sus análisis, entre todas las tecnologías, la eficiencia energética puede contribuir hasta en un 40% en la disminución de las emisiones de CO₂. “Es, probablemente, la única medida capaz de cumplir conjuntamente con los tres objetivos tradicionales de la política energética como son la seguridad de suministro energético, competitividad y sostenibilidad”.

El consumo de energía en el planeta ha aumentado desde los años 80 un 45%, y se prevé que lo haga hasta un 70 % para el 2030. Se estima que los mercados emergentes (incluyendo India y China) representan más del 75% de la demanda mundial de energía, contribuyendo de esta forma a más presión a los recursos naturales globales. Los mercados maduros como Norteamérica, Europa y Japón también enfrentarán una creciente demanda y recursos limitados. Estos mercados maduros seguirán legislando para reducir el consumo, cambiarse a fuentes energéticas alternativas y mejorar la seguridad energética.

Según predicciones de la Agencia Internacional de la Energía las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de China van a ser superiores a todos los países de la OCDE juntos en el año 2035. Es lógico pensar que habrá que aceptar este crecimiento de los países emergentes ya que crecerán para mejorar el bienestar de sus ciudadanos, al igual que el resto de países más desarrollados los hicieron a lo largo del siglo XX. En este contexto es difícil exigir reducciones en el consumo de energía y por ende de las emisiones de los GEI sobre todo del CO₂, ya que les produciría un perjuicio, añadiendo costes adicionales y mermando su crecimiento económico. Por esta razón, el reto y la responsabilidad de los países de la OCDE, en general, y en particular de la UE, en primer lugar es dar ejemplo, además de ser capaces de desarrollar tecnologías que produzcan menos o ninguna emisión de GEI que puedan competir en coste y seguridad de suministro con las tecnologías convencionales. Por este motivo la importancia de impulsar políticas de ahorro y eficiencia energética y de apoyo a las energías renovables. [3]

En un futuro previsible, la creciente demanda por los recursos naturales ocasionará que los precios del petróleo y del gas natural se mantengan o estén por encima de los niveles actuales. El carbón continuará siendo un recurso económico y abundante, especialmente, en los mercados emergentes. Por esto hay que empezar a actuar con la mayor diligencia posible para reducir todo lo posible las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Hoy en día se pone más que nunca de relieve el calentamiento global ya que el mundo comienza a ver y sufrir sus consecuencias, en otras palabras, el calentamiento global es la prioridad mundial. Las preocupaciones ambientales y la opinión pública sobre el cambio climático orientarán acciones continuas por parte de legisladores, líderes de opinión y grupos de interés especial que obliguen a la industria a tomar acciones correctivas.

Los objetivos claves para las futuras políticas serán:

- Limitar el consumo energético en todos los sectores.
- Medir y monitorear el uso de la energía para establecer puntos de referencia y objetivos.
- Promover fuentes energéticas y tecnologías alternativas.
- Abrir mercados para promover «emissions trading» (sistema de canje con créditos de emisiones) y reducción de la demanda.

España es un país fuertemente dependiente de las importaciones para cubrir la demanda energética interior. El ratio de dependencia energética en nuestro país durante la última década siempre ha oscilado en torno al 73%, a diferencia del resto de la UE donde se sitúa entre el 50% y el 60% (datos publicados por la Oficina Estadística Europea, Eurostat). Esto sitúa nuestro grado de autoabastecimiento en el 27%, circunstancia que nos hace más vulnerables a las oscilaciones en los precios internacionales, y a las eventuales discontinuidades en el suministro que pudieran producirse. [4]

4.2. Motivación del proyecto

Cada uno de nosotros como personas de esta sociedad en que vivimos somos en mayor o menor medida consumidores de electricidad. Con ella conseguimos todas nuestras comodidades que disfrutamos diariamente, ya sea cuando encendemos la televisión, nos calentamos o nos enfriamos, conservamos alimentos, lavamos la ropa, entre otras actividades domésticas.

Pero todo esto tiene un precio que paga el medioambiente, por ello tenemos que ser conscientes que el consumo de electricidad en nuestras casas tiene un gran impacto en el medio ambiente.

Lo anterior es un desafío que como sociedad debemos afrontar con la mayor celeridad y diligencia posible con el fin de cambiar nuestras malas costumbres respecto al consumo eléctrico por otras más eficientes, de lo contrario, acabaremos tarde o temprano con nuestro planeta más pronto de lo que nos pensamos. La situación demanda toda nuestra sensibilidad y compromiso, empezando con gestos tan simples como, por ejemplo, desenchufar los cargadores de móviles, tablets, portátiles, etc. O también, podemos contribuir comprando electrodomésticos lo más eficiente posible.

El frigorífico es sin duda el electrodoméstico que más energía consume en nuestros hogares. En concreto consume un 18% del total de la factura eléctrica. Si lo comparamos con otros electrodomésticos, la potencia de los frigoríficos no es muy elevada (200 W frente a los 2000 W de un microondas o los 800 W de una sandwisher). Pero al tratarse de un electrodoméstico que muy rara vez está apagado, es lógico que su consumo sea mayor que el resto de aparatos que tenemos en nuestros hogares.



Figura 2. Reparto del consumo eléctrico doméstico. Fuente: IDEA

Una de las razones de peso a tener en cuenta para optar por frigoríficos más eficientes es por ejemplo un frigorífico-combi con una capacidad de 320 litros y clasificación energética D es de 1,63 KWh/día, con un frigorífico de las mismas características con la máxima eficiencia (clasificación energética A) que puede llegar a consumir tan sólo 0,94 KWh/año, ahorrando hasta un 42% con respecto al primero. Y ahora supongamos que estos frigoríficos estuviesen en miles y miles de hogares, de esta manera, simplemente con nuestra actitud podemos llegar a provocar un cambio. De manera que la eficiencia energética en los electrodomésticos cobra una nueva relevancia. [5]

Desde julio de 2010 la Unión Europea no permite la producción o la importación de frigoríficos o congeladores de eficiencia energética menor de la clase A, por esta razón en el sector de electrodomésticos existe un gran interés para disponer de un sistema eficaz y óptimo en el desescarche, para así ganar eficiencia en sus aparatos y al mismo tiempo ayudar a reducir las emisiones de CO2 en cierta medida.

El proceso de desescarche en sistemas frigoríficos puede llegar a representar un consumo muy importante de energía en estos sistemas (se estima que entre un 5-10% del consumo total) y su optimización resulta crucial para garantizar la eficiencia de estos. [6]

Por lo tanto, por todo lo expuesto anteriormente este proyecto es de crucial importancia porque está aportando su granito de arena al reto que se nos presenta como sociedad, tratar de alcanzar las máximas eficiencias posibles para poder combatir el cambio climático que cada vez se hace más evidente.

5. ANTECEDENTES

Como se ha expuesto anteriormente existe un problema global que nos incumbe y afecta a todos. Para frenar esta situación ha comenzado a tomar mucha importancia el concepto de eficiencia energética, aparte de esto, la necesidad de un etiquetado según la normativa europea de electrodomésticos hacen que se requiera de proyectos como el presente a fin de mejorar la situación actual, con el objetivo de lograr el aumento de la eficiencia energética de los electrodomésticos que suponen un gran consumo de energía eléctrica en nuestros hogares.

Desarrollo y optimización de equipos de refrigeración y bombas de calor es una de las líneas de trabajo del área térmica del Instituto de Ingeniería Energética, esta línea de trabajo tiene como objetivo primordial la aplicación conjunta de técnicas experimentales y de modelado al desarrollo y optimización de componentes y equipos de refrigeración y bombas de calor. Merece la pena destacar la colaboración anual existente con la empresa BSH (Bosh Siemens Home Appliances) para realizar el desarrollo tecnológico de la gama completa de secadoras de ropa domésticas trabajando con bomba de calor y para la optimización energética de una gama de neveras.

El aporte de energía para la fusión del hielo durante el proceso de desescarche, se estima entre un 5 -10% del consumo total de energía de la instalación frigorífica. Esto indica que el ahorro de energía de nuestro sistema utilizando el sistema más eficiente de desescarche podría ser precisamente entre un 5 y un 10%

Cuestión en la que se centra el presente proyecto que tratara de estudiar cuál de los dos desescarches (por gas caliente o resistencia eléctrica) que puede hacer el arcón ensayado es el más eficiente, es decir, cuál consume menos energía eléctrica.

Cabe resaltar que no se encontró ninguna bibliografía donde se hablara o hiciera referencia al estudio del desescarche en un arcón frigorífico, excepto el hallado en un artículo de agosto de 2009 publicado en ASHRAE Journal y escrito por Nawaf Aljuwayhelhe, pero este estudio se realizó para evaporadores de cámaras frigoríficas.

El artículo decía básicamente lo siguiente, para que el desescarche sea lo más óptimo posible en una cámara frigorífica la formula siguiente tiene que darnos 0,03:

$$Defrost\ number = \frac{V_{condensate}}{A_{min} \times L_d} [-]$$

V condensate: Volumen de condensados en m³.

A min: área por donde pasa el flujo de aire en m².

Ld: La profundidad en dirección del aire en m.

Con este TFG, aparte de lo dicho anteriormente, lo que se pretende es sentar unas bases de ensayo para el Instituto Ingeniería Energética (IIE) para sus futuros ensayos con otro tipos de arcones frigoríficos o de neveras domésticas, para poder producir escarcha en la superficie del evaporador, posteriormente estudiar su influencia en el rendimiento de la máquina y cuantificar cuál es la mejor opción de desescarche y cuánto mejor es respecto a las demás opciones, y con esto conseguir desarrollar neveras domesticas más eficientes.

6. CONCEPTOS TEÓRICOS SOBRE EL SISTEMA FRIGORÍFICO

6.1. INTRODUCCIÓN

El interés del hombre por la conservación se podría decir que existe desde tiempos inmemorables; no cabe duda de que siempre ha existido una constante preocupación por procurarse no sólo los alimentos, sino también la conservación de los mismos para períodos menos favorables, sobre todo cuando se trataba de sustancias perecederas como las carnes, pescados y leche, es decir, alimentos de origen animal.

El primer sistema utilizado fue posiblemente la cocción y posteriormente la desecación, que se remontan a 40.000 años atrás. La salazón de la carne y del pescado era conocida entre los egipcios 4.000 años antes de Cristo; los romanos preparaban conservas combinando el uso del calor, del humo, de la sal y de las especias, sistemas que se utilizan actualmente; solían proteger los alimentos del calor estival, conservándolos en pozos y grutas en los que se hubiera acumulado hielo y nieve durante el invierno.

La importancia de la cadena del frío para la conservación de los alimentos no estuvo muy clara, hasta que en el año 1799, el explorador nórdico Pallas, encontró en la desembocadura del río Lena un mamut perfectamente conservado.

6.2. HISTORIA MUEBLES FRIGORÍFICOS

Como se ha mencionado anteriormente el evaporador no se entiende si no se encuentra integrado en un circuito frigorífico cumpliendo su función (evaporar el refrigerante), por esta razón explicaremos brevemente la historia del mueble frigorífico y conjuntamente cuándo apareció y se integró el *evaporador* a las neveras y la evolución que ha tenido éste.

Desde el siglo XVII se utilizaba una cuba refrigeradora que mantenía frías las bebidas, estaba constituida por un recipiente metálico revestido de madera.



Figura 3. *Cuba Refrigeradora*

No será hasta 1803, cuando el estadounidense Thomas Moore, acuñe el término “refrigerador”. Inventó el primer armario-nevera, que consistía en una caja que enfriaba gracias a la mezcla de hielo y sal.

Hacia 1805 Oliver Evans, creó un armario de madera, aislado, en cuya zona superior se ponía la nieve, de ahí el nombre de nevera y la parte inferior se colocaban los alimentos. Posteriormente se empezó a fabricar industrialmente el hielo pero en un armario metálico.



Figura 4. Armario de Madera

En 1826 “La Societé d’Encouragement pour la Industrie” celebró un concurso para la creación de un sistema que permitiera mantener el hielo en el interior de las neveras domésticas más tiempo. Esto incentivó a mejorar a la nevera.

No fue hasta 1834 cuando Jacob Perkins construyó la primera máquina comercial que utilizaba el ciclo de compresión de vapor (ciclo que utiliza hoy en día casi en su totalidad las neveras comerciales) era una máquina de producción de hielo. El éter se comprime mediante un compresor vertical de simple efecto, y el calor de la compresión se elimina haciendo pasar el fluido a través de un serpentín sumergido en agua. El éter se dejó entonces expandirse a través de una válvula en una cámara cerca del fondo de una cisterna de agua; la baja temperatura producida por la evaporación de la expansión del éter se transmite así al agua circundante. Se puede decir que aparece por primera vez el evaporador.

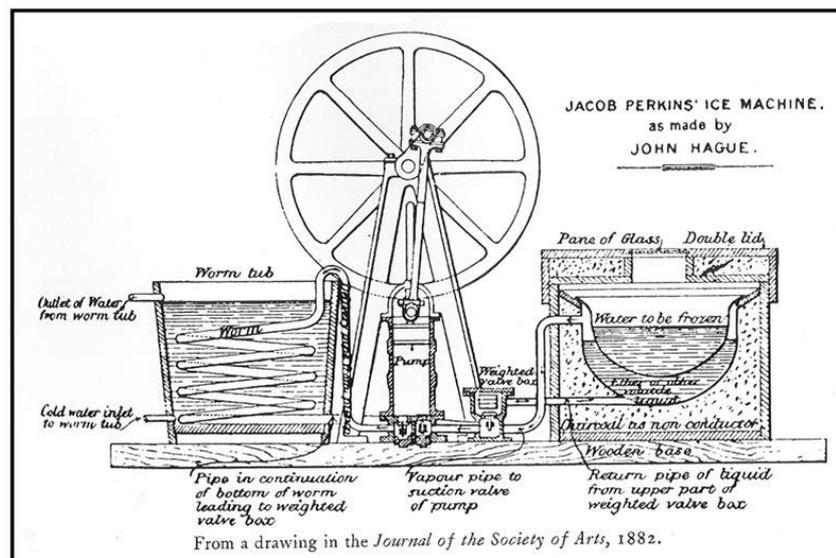


Figura 5. Máquina de Producción de hielo

En 1879 Carl Von Linde creó el primer refrigerador doméstico. Empleaba un circuito de amoníaco, y su sistema se accionaba mediante bomba de vapor. De este artefacto se vendieron más de doce mil unidades en 1891, un año después de que el ingeniero Seeger diera al frigorífico su forma externa definitiva.



Figura 6. Primer Refrigerador Domestico

1923 Balzer Von Platen y Karl Munters inventaron el frigorífico eléctrico, el modelo Electrolux, cuya patente compró la firma norteamericana Kelvinator, que lo fabricó en serie dos años después. Pero era un electrodoméstico peligroso debido al uso de gases tóxicos como el amoníaco y el ácido sulfúrico. Cabe decir que con él aparecen los evaporadores que hasta hoy siguen utilizándose y su inherente problema, los desescarches.



Figura 7. Frigorífico Eléctrico

No va ser hasta 1930 cuando Thomas Midgley descubre el clorofluorocarbono (CFC), que por sus propiedades fue empleado como refrigerante tanto a escala industrial como doméstica. En la década de los 80 y 90 se descubrió un agujero en la capa de ozono en la Antártida (se ha demostrado que los principales causantes son los CFC), el medio ambiente se convirtió en una prioridad.

Por lo que en 1987 se firma el Protocolo de Montreal para restringir el de estos refrigerantes y se prohíbe su fabricación y uso.

No obstante, en 1993 las nuevas tecnologías permiten desarrollar modelos eficientes y que evitan daños en la capa de ozono.

Al principio solo estaban al alcance de unos pocos, los más ricos, pero con el paso de los años se fueron abaratando costes y bajando precios, hoy en día se estima que el 90% de los hogares del mundo tiene un frigorífico. [7]

6.3. COMPONENTES DEL CIRCUITO FRIGORIFICO

6.3.1. INTRODUCCIÓN

Como ya se mencionó anteriormente en la introducción existen unos componentes que son indispensables para que funcione el circuito frigorífico, en este apartado explicaremos brevemente los distintos componentes que existen, su función y de cuales dispone el arcón frigorífico adquirido por parte del Instituto Ingeniería Energética (IIE) de la Universidad Politécnica de Valencia.

Componentes indispensables en un circuito frigorífico:

- Compresor.
- Condensador.
- Dispositivo de expansión.
- Evaporador.

Existen dos circuitos, uno por el que circula el refrigerante y otro por el que circula el aire. En el primero, el líquido refrigerante se comprime en el compresor, enviándolo a continuación al condensador, donde transmite calor al ambiente. Después se expande en el capilar para bajar su presión y temperatura y llega al evaporador, donde el refrigerante se va calentando por el calor absorbido del interior de la nevera o congelador, finalmente llega de nuevo al compresor. El segundo circuito es el del aire, éste se enfría en el evaporador y se envía por unos conductos hacia el refrigerador y/o congelador mediante un ventilador.

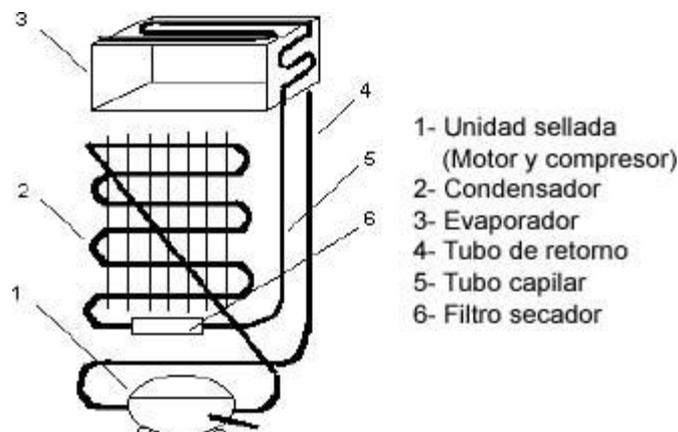


Figura 8. Partes de un circuito frigorífico

El arcón frigorífico utilizado en los ensayos ha sido adquirido por parte del Instituto Ingeniería Energética (IIE) de la Universidad Politécnica de Valencia y se trata de un arcón de la marca Infrico modelo ASG 700 BT II se puede observar en la figura 9.



Figura 9. Arcón Frigorífico Adquirido

6.3.2. COMPRESOR

Los compresores son máquinas destinadas a elevar la presión de un gas, desde las condiciones de aspiración hasta las de expulsión. Durante este proceso se consume energía y además del aumento de presión, se produce un aumento de temperatura.

Los compresores se clasifican como abiertos o sellados. Los compresores abiertos se usan para aplicaciones grandes como los que se usan en instalaciones de producción y tienen un motor eléctrico externo. Los compresores sellados herméticamente están encerrados dentro de la unidad, lo que es ideal para los aparatos caseros, como en el nuestro.

Los cuatro tipos de compresores más comunes son:

- *Compresores Centrífugos*: Son dispositivos de tipo dinámico, no de desplazamiento positivo como el resto de los equipos utilizados en máquinas de compresión. El compresor centrífugo utiliza la fuerza centrífuga provocada por la gran velocidad periférica en que el fluido sale de los álabes del rotor, velocidad que al pasar seguidamente a través de un difusor con la consiguiente caída de velocidad, obtiene como contrapartida un aumento de la presión. Las velocidades normales del motor utilizado en los compresores alternativos, espiral y de tornillos son de unas 3.000 rpm. Para algunos compresores centrífugos se utilizan velocidades de 30.000 rpm.

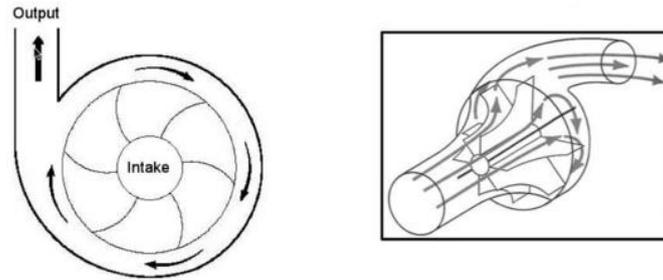


Figura 10. *Compresor Centrífugo*

- *Compresores Scroll*: Entran en la categoría de desplazamiento positivo y se consideran un tipo de compresor generalmente eficiente, no son equipos muy conocidos, pero tienen una aplicación típica en las aplicaciones exentas de aceite. La compresión se realiza por reducción de volumen. El conjunto compresor está formado por dos rotores con forma espiral. Uno de ellos es fijo en la carcasa y el otro es móvil, accionado por el motor. Están montados con un desfase de 180°, lo que permite que en su movimiento se creen cámaras de aire cada vez más pequeñas.

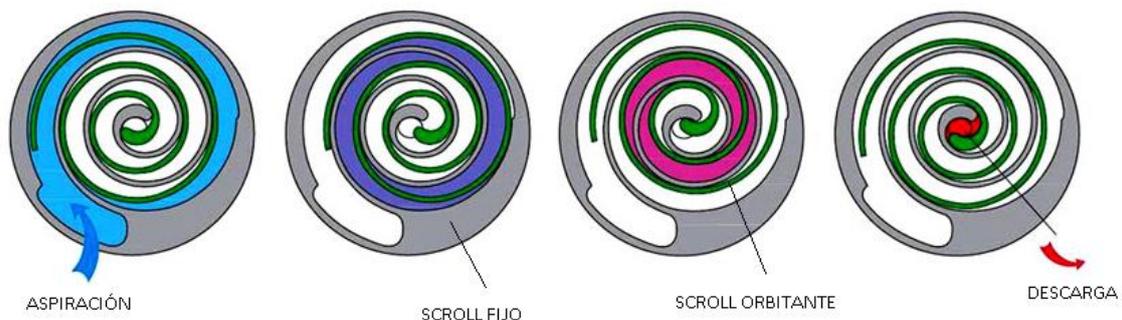


Figura 11. *Compresor Scroll*

- *Compresor de Tornillo*: es un compresor de desplazamiento positivo. El compresor de tornillo basa su tecnología en el desplazamiento del aire, a través de las cámaras que se crean con el giro simultáneo y en sentido contrario, de dos tornillos, uno macho y otro hembra. El aire llena los espacios creados entre ambos tornillos, aumentando la presión según se va reduciendo el volumen en las citadas cámaras.

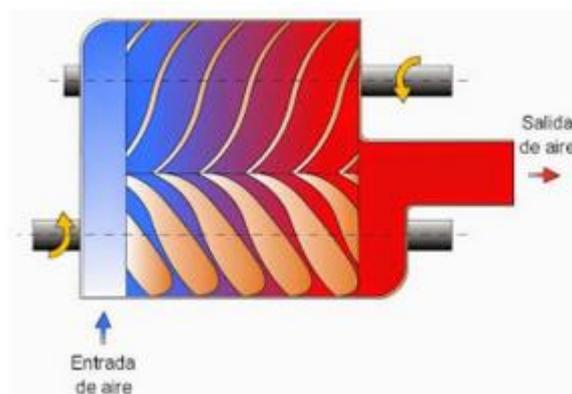


Figura 12. *Compresor de Tornillo*

- *Compresores de Pistón:* Se trata de un compresor de desplazamiento positivo. Se trata de la máquina por la cual la compresión se obtiene mediante el desplazamiento de un pistón que se mueve de forma lineal y de atrás hacia adelante dentro de un cilindro, de tal manera que se reduce el volumen del cilindro donde se deposita el gas.

Cabe decir que la mayoría de los muebles frigoríficos llevan este tipo de compresor debido a su reducido tamaño, ruido y su alta durabilidad.

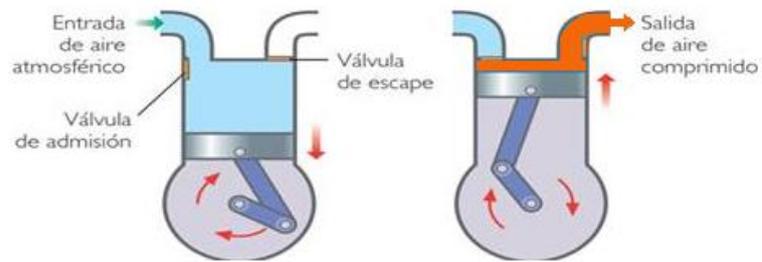


Figura 13. *Compresor de Pistón*

En nuestro caso, el sistema a estudiar es un arcón frigorífico, el cual utiliza el ciclo de compresión de vapor como mecanismo de refrigeración. Para ello utiliza un compresor hermético de pistón de una sola velocidad (sin variador de frecuencia). El refrigerante antes de entrar en el compresor debe estar en estado de vapor, ya que las gotas de líquido no son compresibles y por lo tanto ocasionarían daños al compresor.

Nuestro sistema de refrigeración incorpora un compresor de pistón hermético de la marca Embraco de una sola velocidad y tiene las siguientes características:

MODELO	NT 2178 GK
REFRIGERANTE	R-404A
VOLTAJE	220-240 V 50Hz 1
APLICACIÓN	BAJA PRESION DE RETORNO (LBP)
EFICIENCIA	0,85
DESPLAZAMIENTO (cm^3)	17,39
TIPO DE ACEITE	ISO22
TIPO DE MOTOR	CSIR
TORQUE (Par) DE ARRANQUE	ALTO TORQUE DE ARRANQUE

Tabla 6.3.2.1. *Características del Compresor*



Figura 14. *Compresor de nuestra nevera*

6.3.3. CONDENSADOR

Un condensador es un intercambiador de calor que cede calor al exterior. Su función es transformar en su interior el gas refrigerante comprimido que proviene del compresor en líquido refrigerante.

El refrigerante, que llega al condensador, lo hace en estado de vapor saturado o recalentado, y posee una temperatura superior a la del medio en donde se encuentra, por lo que el medio absorberá el calor latente del refrigerante, debido a esta entrega o pérdida de calor y a la elevada presión a la que está, el gas se condensa.

Los condensadores en su parte exterior pueden ser enfriados por aire o por agua. En refrigeración doméstica los condensadores son enfriados por aire y estos a su vez también se dividen en dos grupos que son del tipo de circulación forzada y del tipo de circulación natural.

Si se trata de un condensador enfriado por circulación forzada, el enfriamiento lo realiza un ventilador, el cual impulsa una corriente de aire sobre la superficie del condensador.

En cambio si se trata de un condensador enfriado por circulación natural, en este actúa el fenómeno de convección natural del aire, el aire caliente de menor densidad que el frío tiende a elevarse, estableciendo así la corriente de convección mediante la cual al elevarse el aire calentado por la extracción del calor del condensador será sustituido por aire más frío, proceso que seguirá produciéndose de forma ininterrumpida durante todo el tiempo en que en el condensador haya una temperatura superior a la del ambiente.

En nuestro caso el arcón frigorífico tiene un condensador enfriado por circulación forzada.

CONSUMO DE VENTILADOR	60 W
NÚMERO Y ÁNGULO DE LA CUCHILLA	5/28°
FLUJO DE AIRE	900 (m ³ /h)
NÚMERO DE MOTORES	1
CAPACIDAD (T. EVAPORACION 25°C)	2.687 Kcal/h

Tabla 6.3.2.2. *Características del Condensador*

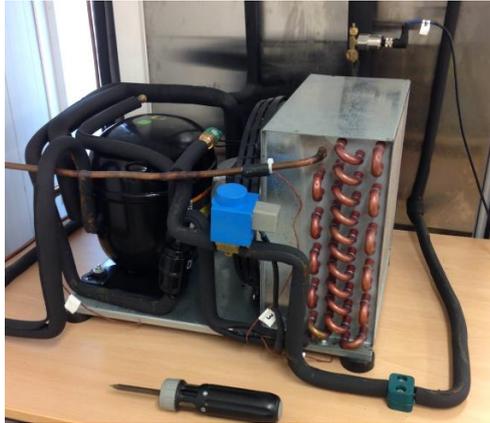


Figura 15. Condensador de nuestro arcón

6.3.4. DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN

La función principal de este dispositivo es la de generar una caída de presión del refrigerante proveniente del condensador a alta temperatura y presión.

Además de la misión principal de reducir la presión y la temperatura del refrigerante, cumple otra misión secundaria, que es regular el caudal de refrigerante que pasa al evaporador. Para cumplir con este objetivo, este dispositivo de control debe ser capaz de transformar el refrigerante en estado líquido en un aerosol, pequeñas gotas de refrigerante en suspensión a la entrada del evaporador, para que de esta manera facilite su evaporación en él.

Existen principalmente dos tipos de dispositivos de expansión:

- Tubos capilares.
- Válvulas de expansión termostáticas (VET).

Los *Tubos Capilares* es el dispositivo de expansión más sencillo que existe hoy en día, pues consiste en un tubo la mayoría de las veces de cobre de pequeña sección circular y generalmente un filtro deshidratador en el principio del tubo para evitar la entrada de humedad y con ello evitar obstrucciones cuando ésta se congela. Su nombre proviene de la similitud con el espesor del cabello.



Figura 15. *Tubo Capilar*

La reducción de presión, provocada por el tubo capilar ocurre debido a los siguientes factores: El refrigerante tiene que vencer la fuerza de fricción provocada por las paredes del tubo y Cuando el refrigerante líquido entra dentro del tubo capilar se produce una estrangulación, (aumenta la velocidad y disminuye la presión) debido a esto parte del líquido se evapora al

cambiar de presión, la densidad del vapor es menor que la del líquido. De allí que, la densidad promedio del refrigerante disminuye a medida que circula por el tubo.

Ventajas:

- Bajo costo de fabricación.
- Fácil de reparar.
- No requiere mantenimiento.
- Permiten la igualdad de presiones del sistema después de la parada del compresor (ya que el tubo es un orificio que queda siempre abierto), permitiendo que el motor tenga un bajo par de arranque.

Desventajas:

- Susceptible a taponarse debido al reducido orificio que posee.
- Bajo rendimiento cuando se apartan de las condiciones de trabajo.
- Rigidez: no permite controlar ni regular el caudal de refrigerante que ingresa al evaporador, cuando existen variaciones en la carga térmica o/y de temperatura del medio.

La *Válvula de Expansión Termostática (VET)* es el dispositivo de expansión más ampliamente usado en los sistemas de refrigeración comerciales, esta es la encargada de regular el caudal de refrigerante a alta presión proveniente del condensador, la cual envía el refrigerante al evaporador en respuesta al grado de sobrecalentamiento del vapor refrigerante que sale del mismo.

Estas válvulas Figura 16, van dotadas de un bulbo termostático B que se coloca a la salida del evaporador, y en íntimo contacto con él, a fin de asegurar que se encuentre a la temperatura de salida del evaporador. Este bulbo está parcialmente lleno de líquido, generalmente del mismo tipo de refrigerante a utilizar en la instalación, que se vaporiza a la temperatura anteriormente citada, y mediante un tubo capilar que une al bulbo con la válvula, ejerce su presión sobre un diafragma D, que mediante un sistema mecánico M en contacto con él, transmite el movimiento del diafragma a la aguja A, que cierra más o menos el paso del refrigerante procedente del condensador, produciéndose la laminación al expandirse el líquido desde el conducto de entrada obturado parcialmente por la aguja, hacia el cuerpo de la válvula.

El equipo mecánico de válvula termostática, se completa con un resorte R, cuya tensión puede regularse por medio de un tornillo T que sirve para modificar el recalentamiento del vapor a la salida del evaporador.

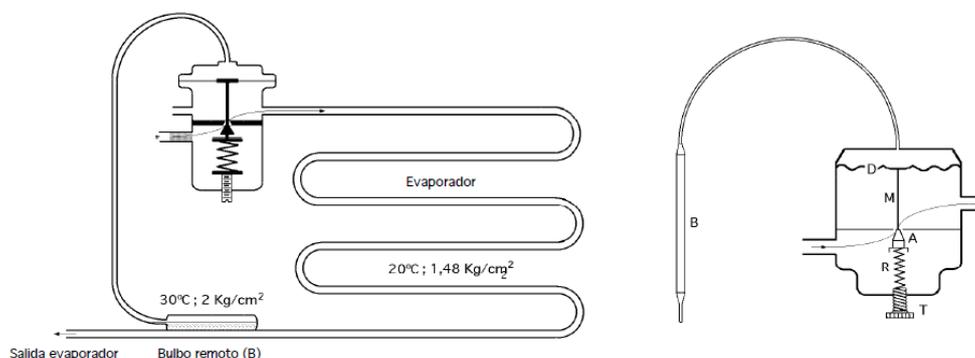


Figura 16. *Funcionamiento de la Válvula de Expansión Termostática*

Ventajas:

- Amplia gama de temperaturas. Se puede utilizar tanto en aplicaciones de congelación y refrigeración como en aire acondicionado.
- Posee un excelente control de la capacidad frigorífica del evaporador al cumplir con la demanda que exige el evaporador.
- Previene la entrada de líquido al compresor, asegurando un mínimo recalentamiento bajo todas las condiciones de carga, si es que está correctamente configurado.

Desventajas:

- Comparado con el tubo capilar, la VET es mucho más cara y deben tomarse ciertas precauciones al realizar su instalación.

El dispositivo de expansión utilizado en la instalación experimental es una VET.



Figura 17. Válvula de Expansión Termostática

6.3.5. EVAPORADOR

El evaporador es un intercambiador de calor en donde tiene lugar la evaporación del refrigerante. La evaporación del refrigerante necesita calor para producirse, calor que absorbe del interior que se encuentra a mayor temperatura que el refrigerante, en nuestro caso se encuentra dentro del arcón frigorífico en la parte superior de este. Está formado por un haz de tuberías en las que se evapora el refrigerante.

En refrigeración doméstica y comercial se emplean por lo general dos tipos de evaporadores:

- Evaporadores inundados.
- Evaporadores de expansión seca.

Se conoce como *Evaporador Inundado* aquel que en su interior está ocupado en su mayoría por refrigerante líquido, quedando solo un pequeño espacio libre disponible que se llena con el vapor que toma la línea de succión.

Los evaporadores inundados están constituidos por una serie de tubos conectados por un extremo a otro tubo de diámetro mayor, por el que entra el refrigerante líquido, y por el otro extremo se unen a otro tubo, también de diámetro mayor que el anterior, a través del cual se efectúa de forma homogénea la aspiración del refrigerante vaporizado, por el compresor. Para que la distribución de refrigerante líquido sea uniforme, es necesario que los evaporadores de este tipo se instalen bien nivelados; se suele dotar a los tubos de aletas de refrigeración para mejorar las condiciones de funcionamiento.

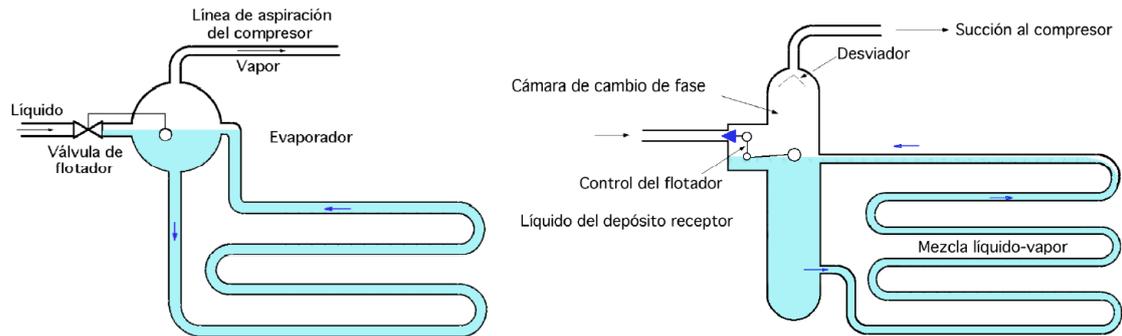


Figura 18. Evaporadores inundados

Ventajas:

- Ritmo elevado de transmisión de calor.
- Circulación de menor caudal de refrigerante por el evaporador.
- Aspiración por el compresor de vapor saturado.
- Queda asegurado que el compresor aspira siempre vapor saturado.

Desventajas:

- Carga de refrigerante elevada en el circuito.
- Dificultades de retorno de aceite al compresor.
- Elemento de alimentación voluminoso.

En los *Evaporadores de Expansión Seca*, la admisión de refrigerante es controlada a través de una válvula de expansión termostática de tal forma que el líquido se evapora totalmente a lo largo de la longitud del evaporador del cual sale, generalmente, con un ligero sobrecalentamiento; el refrigerante está en la proporción estrictamente necesaria, para formar un vapor saturado seco, que va a proporcionar un buen funcionamiento en el compresor.

En el evaporador de expansión seca la cantidad de refrigerante líquido varía con la carga térmica; cuando la carga es pequeña, la cantidad de líquido en el evaporador será pequeña; al aumentar la carga, el líquido en el evaporador aumentará para ser capaz de absorber con su evaporación la mayor carga térmica

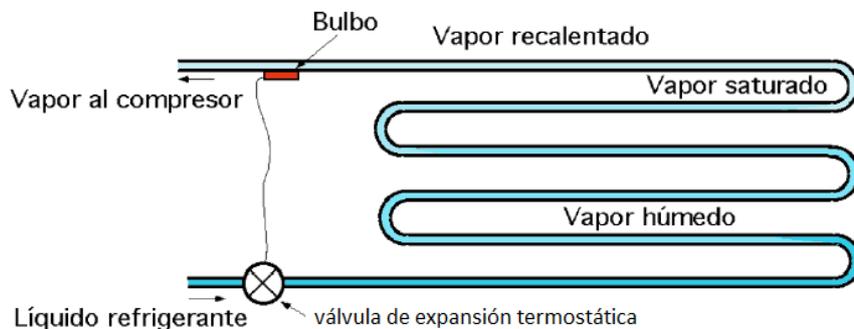


Figura 19. Evaporadores de Expansión Seca

La ventaja fundamental de estos evaporadores es la mayor facilidad de arrastre del aceite que llega hasta él. Y las desventajas fundamentales es que necesitan mayores superficies de intercambio y la pérdida de carga (al circular por ellos mayor cantidad de refrigerante) es más importante que en los inundados.

Nuestro sistema dispone de un evaporador seco de tubos y aletas con tiro de aire forzado. En la figura se puede ver un detalle del mismo.



Figura 20. Izquierda: Exterior del Evaporador del arcón. Derecha: Interior del Evaporador

6.3.6. OTROS COMPONENTES

Aparte de los componentes citados con anterioridad, hay otros que se deben mencionar:

6.3.6.1. Filtro deshidratador

Un filtro deshidratador está diseñado para mantener seca la mezcla de refrigerante y aceite, absorbiendo los contaminantes líquidos disueltos, tales como humedad y ácidos; y también, para retener por medio de filtración todas las partículas sólidas que estén siendo arrastradas a través del sistema por la mezcla de refrigerante aceite. Se sitúa en la línea líquida, es decir a continuación del condensador. En la figura 21 se puede observar uno.

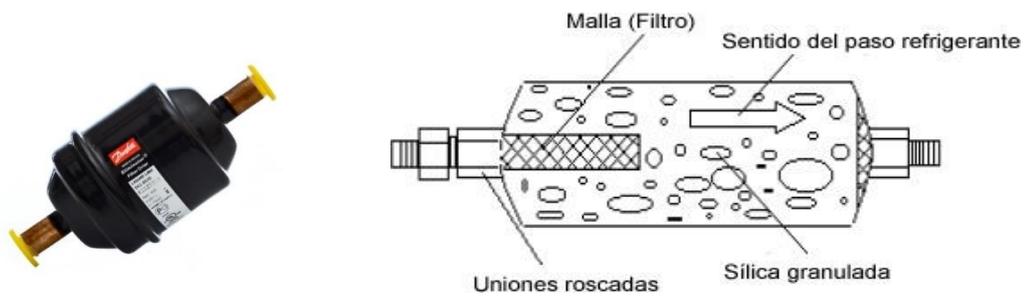


Figura 21. Izquierda: Filtro Deshidratador. Derecha: Sección del Filtro.

6.3.6.2. Válvula solenoide

En nuestro circuito frigorífico nuestra válvula solenoide crea un bypass de gas caliente desde la tubería de descarga a la entrada del evaporador figura 22 (permite el paso de gas caliente siguiendo las instrucciones del programador de desescarche). [8]

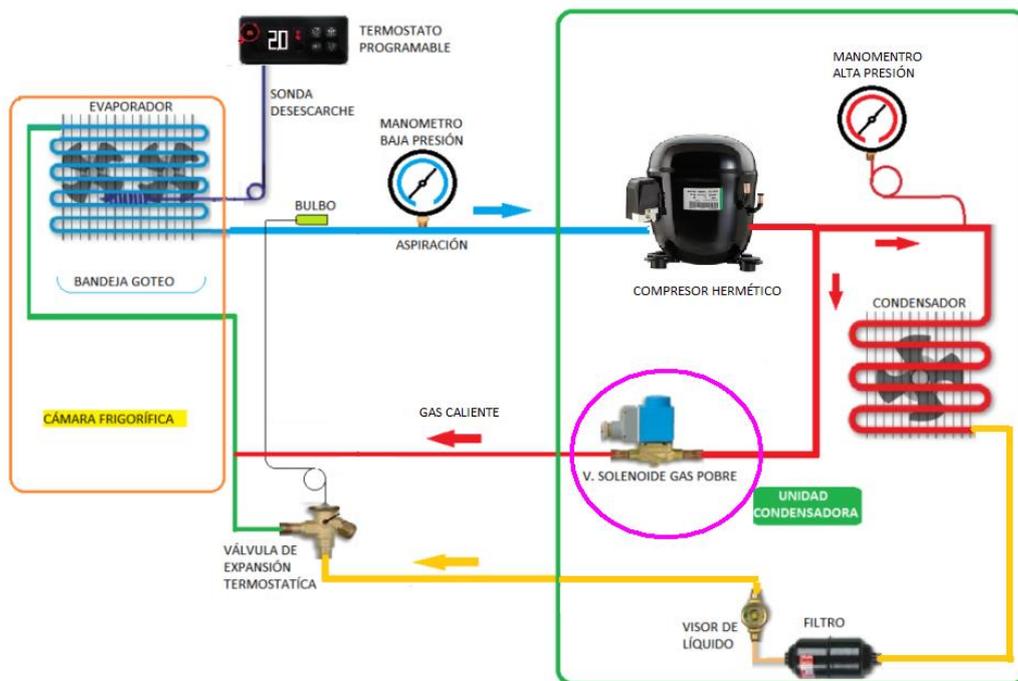


Figura 22. Válvula Solenoide del Circuito Frigorífico del Arcón Adquirido

7. CONCEPTOS TEÓRICOS SOBRE LOS CICLOS DE REFRIGERACIÓN

7.1. INTRODUCCIÓN

Una vez descritos en el capítulo anterior los principales componentes del sistema frigorífico del arcón adquirido por parte del IIE, se va proceder a explicar en qué consisten los ciclos de refrigeración y los principales parámetros utilizados.

Se puede definir que la producción de frío es un proceso o conjuntos de procesos, que pueden producir bajas temperaturas de manera controlada. Existen una gran diversidad de métodos de producción de frío, los cuales en su mayoría están basados en la extracción de calor de un espacio por medio de un fluido al que llamamos refrigerante, el cual se utiliza, para cambiar su estado de agregación, como puede ser la evaporación, fusión, sublimación, etc. cuyas transiciones se desarrollan a bajas temperaturas, que como consecuencia baja la temperatura del recinto.

El frío se obtiene de diversas maneras dentro de las que sobresalen:

- Enfriamiento por evaporación.
 - Por compresión.
 - Por absorción.
 - Por absorción.
- La disolución de ciertos gases o sales.
- El paso de una corriente eléctrica a través de la unión de dos metales diferentes

Hoy en día el que más extendido se encuentra comercialmente es el primer método que se hace en circuito cerrado, es decir, el fluido refrigerante describe un ciclo que lo hace regresar a su estado inicial. Su papel es el de retirar calor al medio que se quiere enfriar y transportarlo a otro que lo absorbe figura 22 página anterior (en el caso del arcón, el ambiente). Más concretamente, en nuestro sistema se utiliza enfriamiento por compresión.

7.2. CICLOS DE REFRIGERACIÓN

Como se ha dicho en el apartado anterior nuestro sistema produce frío mediante la refrigeración mecánica que consiste en forzar mecánicamente la circulación de un refrigerante en un circuito cerrado dividido en dos zonas: de alta y baja presión, con el propósito de que el fluido absorba calor del recinto que queremos refrigerar (interior del arcón), en el evaporador en la zona de baja presión y lo ceda (al ambiente) en la de alta presión, en el condensador. [9]

7.2.1. Ciclo de Carnot

El ciclo de Carnot es un ciclo termodinámico ideal reversible entre dos fuentes de temperatura, en el cual el rendimiento es el máximo posible (sirve de referencia para evaluar el desempeño de un dispositivo real que trabaje bajo las mismas condiciones de temperatura). Una máquina térmica que realiza este ciclo se denomina máquina de Carnot.

En la figura X puede verse un esquema de esta máquina y un diagrama P-V del ciclo. Trabaja absorbiendo una cantidad de calor Q_1 de la fuente de alta temperatura y cede un calor Q_2 a la de baja temperatura produciendo un trabajo hacia el exterior.

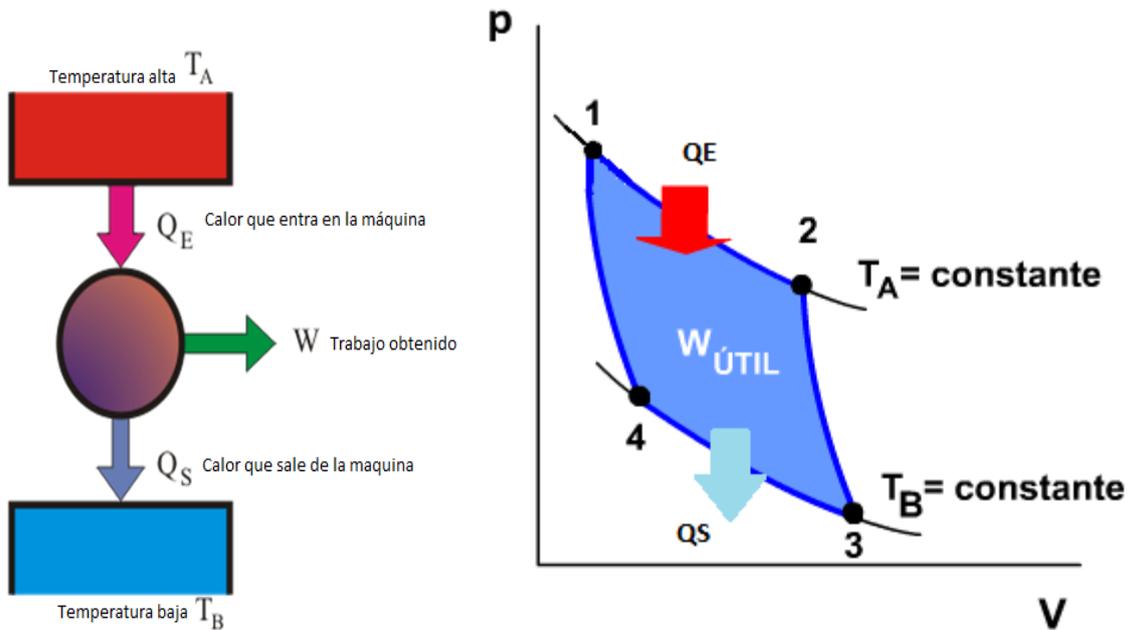


Figura 23. Izquierda: Esquema de una máquina de Carnot. Derecha: Diagrama P-V del ciclo de Carnot.

El rendimiento viene definido, como en todo ciclo, por:

$$\eta = \frac{W}{Q_E} = \frac{Q_E - Q_S}{Q_E} = 1 - \frac{Q_S}{Q_E}$$

Dónde:

Q_E = El calor cedido desde el ciclo.

Q_S = El calor transferido al ciclo.

W = Trabajo generado.

El ciclo de Carnot consta de cuatro etapas; dos procesos isotermos y dos adiabáticos:

En el proceso 1-2 Expansión isotérmica: En esta etapa el gas se encuentra en un primer momento a temperatura T_A , ocupando un volumen mínimo $V_{mín}$ y a presión alta. El gas se pone en contacto con el foco caliente a T_A y se expande lentamente. Se extrae trabajo del sistema, lo que provocaría un enfriamiento a una temperatura ligeramente inferior a T_A , que es

compensado por la entrada de calor Q_C desde el baño térmico. Puesto que la diferencia de temperaturas entre el baño y el gas es siempre diferencial, este proceso es reversible. De esta manera la temperatura permanece constante. En el diagrama pV , los puntos de este paso están sobre una hipérbola dada por la ley de los gases ideales ($pV = nRT$).

En el proceso 2-3 Expansión adiabática: La expansión isotérmica termina en un punto tal que el resto de la expansión pueda realizarse sin intercambio de calor. Esta expansión adiabática hace que el gas se enfríe hasta alcanzar exactamente la temperatura T_B en el momento en que el pistón alcanza el punto máximo de su carrera y el gas alcanza su volumen máximo $V_{máx}$. Durante esta etapa todo el trabajo realizado por el gas proviene de su energía interna

En el proceso 3-4 Compresión isotérmica: se pone en contacto el sistema con la fuente de calor a baja temperatura T_B y el gas comienza a comprimirse, pero no aumenta su temperatura porque va cediendo calor a la fuente fría. Al no cambiar la temperatura tampoco lo hace la energía interna, y la cesión de calor implica que hay que hacer un trabajo sobre el sistema.

Por último, en el proceso 4-1 Compresión adiabática: se mantiene aislado térmicamente el sistema mientras se comprime, con lo cual aumenta su temperatura hasta el estado inicial. La energía interna aumenta y el calor es nulo, habiendo que comunicar un trabajo al sistema.

7.2.2. Ciclo de Carnot inverso

Al ser un ciclo reversible, podemos invertir cada uno de los procesos y convertir la máquina de Carnot en un refrigerador. Este refrigerador extrae una cierta cantidad de calor Q_E del foco frío, requiriendo para ello una cierta cantidad de trabajo W , arrojando una cantidad de calor Q_S en el foco caliente.

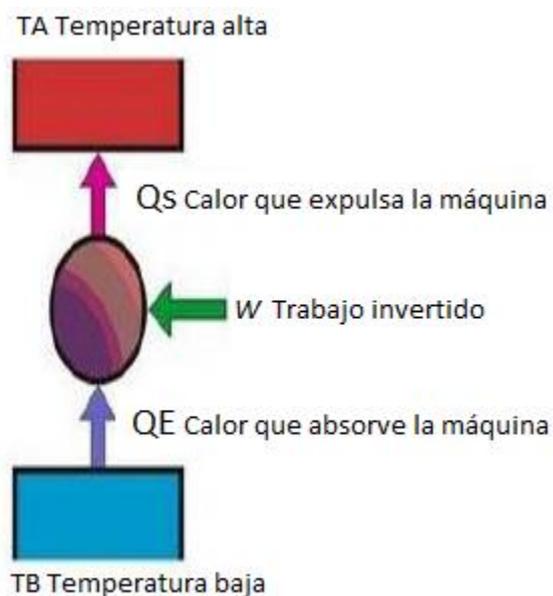


Figura 24. Esquema Máquina Inversa de Carnot

Para el ciclo invertido se tiene interés en la cantidad de trabajo requerido para extraer una cantidad de calor dada de la fuente de baja temperatura. Esta relación del efecto de refrigeración a la entrada del trabajo se conoce como coeficiente de operación (COP). El objetivo de un refrigerador es extraer la mayor cantidad posible de calor de una fuente que está a baja temperatura gastando la mínima cantidad de trabajo posible.

De ese modo el COP de un refrigerador se puede expresar como:

$$COP = \frac{\text{Calor extraído}}{\text{Trabajo compresor}} = \frac{|Q_E|}{|W|} = \frac{|Q_E|}{|Q_S| - |Q_E|} = \frac{T_f}{T_c - T_f} > 1$$

7.2.3. Ciclo de compresión de vapor

Es el ciclo más utilizado en refrigeración doméstica y es el utilizado por el arcón frigorífico, por lo tanto, se va a explicar en detalle.

La refrigeración por compresión consiste en forzar mecánicamente la circulación del refrigerante en un circuito cerrado creando zonas de alta y baja presión con el propósito de que el fluido absorba calor en el evaporador y lo ceda en el condensador.

7.2.3.1. Ciclo de compresión de vapor ideal

En la figura 25 se puede ver un diagrama p-h del ciclo ideal (una de las formas de representar este tipo de ciclos) y un esquema del circuito de refrigeración, ahora se comentará que le pasa al refrigerante en cada una de las partes.

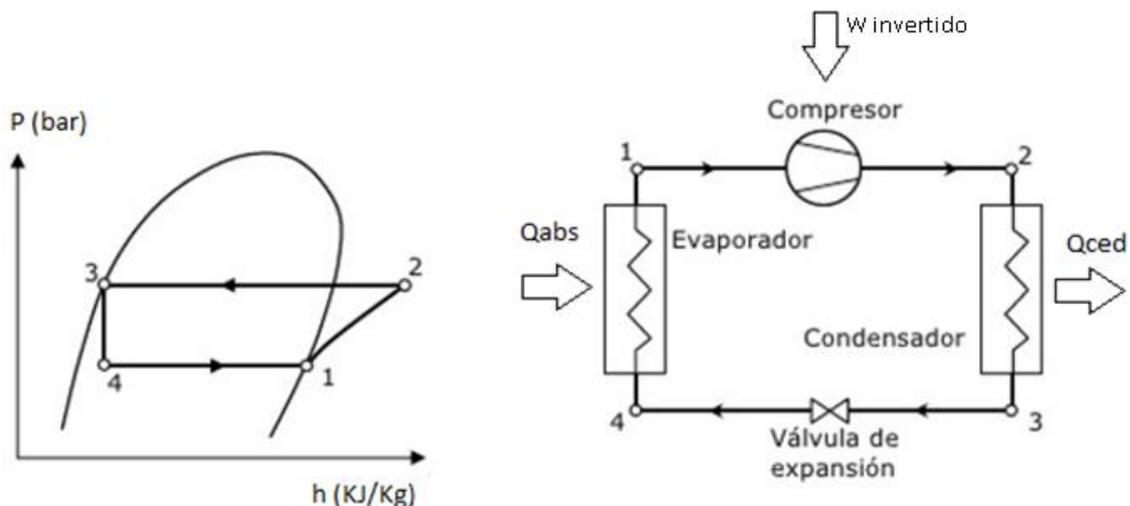


Figura 25. Izquierda: diagrama p-h del ciclo ideal. Derecha: esquema del Esquema Máquina Inversa de Carnot

El compresor es accionado por un motor eléctrico, éste se encarga de comprimir el refrigerante que está en estado gaseoso (proveniente del evaporador) y lo descarga en la tubería que lo

conduce hacia el condensador a alta temperatura y presión (puntos 1-2), a lo largo de la longitud del condensador va enfriándose (cede calor al medio) y en consecuencia se condensa el vapor. Ya en fase líquida (punto 3), el refrigerante, que continúa sometido a alta presión, se dirige hacia la válvula de expansión (en el caso del arcón VET) que hace que caiga su presión drásticamente (punto 4) consiguiendo un vapor húmedo que se irá evaporando a lo largo del evaporador (absorbiendo calor de su entorno), ya en estado de vapor se dirige finalmente a la tubería de aspiración de compresor (punto 1) donde el ciclo se inicia de nuevo.

7.2.3.2. Ciclo de compresión de vapor real

Un ciclo real de refrigeración como el mostrado en la figura 26 por compresión de vapor, difiere de uno ideal por varias razones. Entre las más comunes están las irreversibilidades que suceden en varios componentes. Dos fuentes comunes de irreversibilidades son la fricción del fluido (que provoca caídas de presión) y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores.

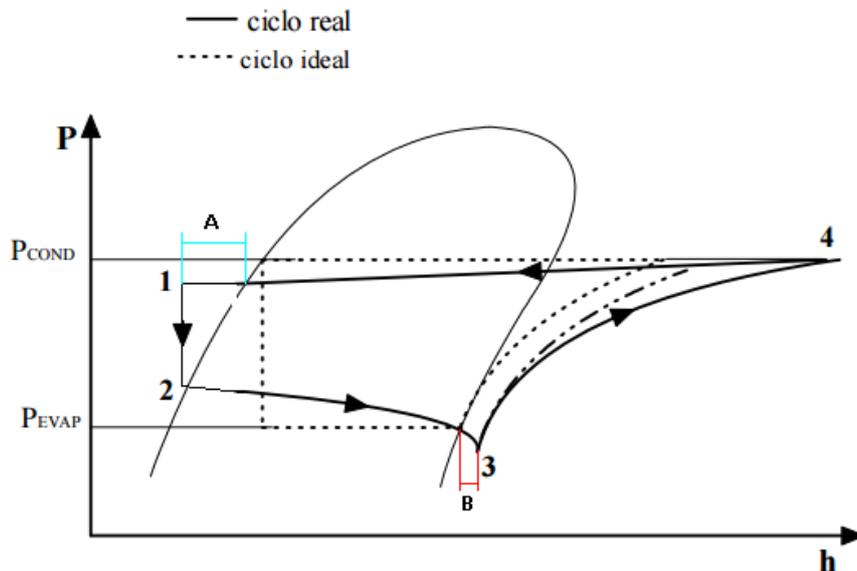


Figura 26. Diagrama P-h del ciclo real de máquina frigorífica de compresión de vapor

Para la obtención de resultados se ha simplificado el ciclo real de tal forma que se despreciarán las pérdidas de carga en condensador, evaporador y la aspiración del compresor figura 27. Con esta simplificación bastan la presión de la zona de baja y alta presión junto con las temperaturas a la entrada y salida del compresor y la temperatura a la salida del condensador para definir el ciclo que denominaremos real simplificado, reflejado en la siguiente figura.

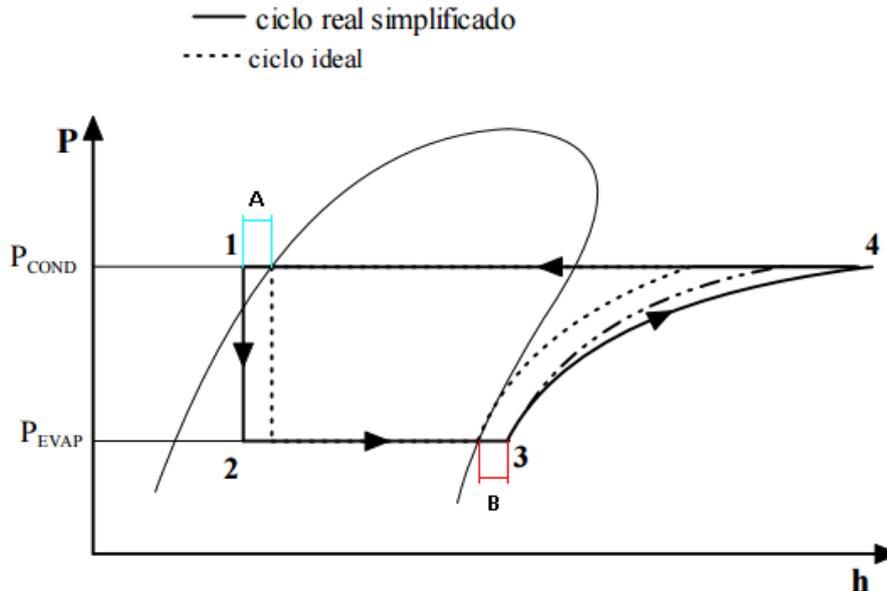


Figura 27. Diagrama P-h del "ciclo real simplificado".

-Compresor real: El proceso de compresión en el ciclo ideal es internamente reversible y adiabático y, en consecuencia, isentrópico. Sin embargo, el proceso de compresión real incluirá fricciones, las cuales incrementan la entropía y la transferencia de calor que puede aumentar o disminuir la entropía, dependiendo de la dirección.

-Evaporador real: En los ciclos ideales de refrigeración, el fluido de trabajo sale del evaporador y entra al compresor como vapor saturado. Pero es imposible de mantener este estado del refrigerante con tanta precisión. En lugar de eso se procura diseñar el sistema de manera que se sobre calienta ligeramente el refrigerante a la entrada del compresor para así garantizar evaporación completa al momento de ingresar al compresor (zona B en la figura). Asimismo, en línea que conecta al evaporador al compresor suele producirse caídas de presión del refrigerante y cierta ganancia de calor no deseable, trayendo como resultado un aumento en el volumen específico del refrigerante y por ende un incremento en los requerimientos de potencia de entrada al compresor.

-Condensador real: En los ciclos ideales de refrigeración, el fluido de trabajo sale del condensador como líquido saturado a la presión de salida del compresor. Sin embargo, es inevitable que se produzcan caídas de presión en el condensador así como en las líneas que conectan al compresor y a la válvula de estrangulamiento, además de la imposibilidad de mantener con precisión la regulación del condensador para tener a la salida líquido saturado, y es indeseable enviar refrigerante a la válvula de estrangulamiento sin condensar en su totalidad, debido a que reduce la capacidad de absorción de calor, por lo que se considera el subenfriamiento como alternativa para disminuir la entalpía de entrada a la válvula de estrangulamiento (zona A de la figura) y en consecuencia aumentar la capacidad de absorción de calor (efecto refrigerante). [10]

7.3. EL REFRIGERANTE

Se denomina refrigerante o fluido frigorígeno al líquido o gas utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración, absorbe calor a bajas temperatura y presión, cediendo calor

a temperatura y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar, generalmente, con cambios de fase del fluido.

Los refrigerantes son los fluidos vitales en cualquier sistema de refrigeración mecánica. Cualquier sustancia que cambie de líquido a vapor y viceversa, puede funcionar como refrigerante, y dependiendo del rango de presiones y temperaturas a que haga estos cambios, va a tener una aplicación útil comercialmente. Existen un gran número de refrigerantes, pero solo unos pocos son los utilizados en la mayoría de las aplicaciones de refrigeración.

A principios del siglo XX, se desarrollaron las unidades domésticas y los refrigerantes en uso en ese tiempo, padecían de una o más propiedades riesgosas. Algunos eran tóxicos, otros inflamables, y otros más operaban a muy altas presiones.

En 1929 se le solicitó a la compañía química DuPont Corporation, que ayudara a desarrollar un nuevo refrigerante (los llamados clorofluorocarbonos CFC). Con este desarrollo nació la industria de los refrigerantes halogenados, ninguno de los cuales existía antes. El primero de ellos fue el Freón 12 (R-12), que durante muchos años, fue el más popular. De allí siguieron el Freón 11 (R-11), el Freón 21 (R-212), el Freón 114 (R-114), y el Freón 22 (R-22), cada uno con sus características especiales

El 1 de octubre de 2000 fueron prohibidos, tanto su venta como su uso por el Reglamento Europeo (CE) nº 2037/2000, por ser sustancias que agotan la capa de ozono.

El daño que puede provocar un refrigerante se mide con base en dos valores:

- Su potencial para dañar la capa de ozono (ODP).
- Su potencial para calentar el planeta (GWP).

En la tabla 5.1 aparecen los principales refrigerantes utilizados junto con su daño potencial.

REFRIGERANTE	ODP	GWP	SUSTITUIDO POR
R-11	1	4000	R-123
R-12	1	8100	R-134A,R-600A,R-290
R-22	0	1700	R-134A,R-290,R717, R-407C, R-410A
R-125	0	220	
R-134A	0	1300	
R-410A	0	1725	
R-290	0	3	
R-600A	0	5	
R-404A	0	3922	

Tabla 7.1. Datos ODP y GWP de refrigerantes

Posteriormente, con el aumento de la conciencia ecológica entre toda la población mundial, se han encontrado otras soluciones para sustituir los anteriores refrigerantes, son conocidas con el nombre de "refrigerantes verdes", o refrigerantes de bajo GWP como el R-407C, el R-134A y el R-410A. Sin embargo, estos gases de bajo GWP no podrán usarse en 2022 para equipos nuevos, aunque aún no tienen fecha límite para servicio y mantenimiento.

Actualmente, nos encontramos ante un proceso de evolución en el sector de los gases refrigerantes y la refrigeración, con cierta incertidumbre sobre qué tipos de gases refrigerantes

van a utilizarse en el futuro y cómo deberán adaptarse las máquinas refrigerantes y los aparatos de refrigeración industrial, comercial e incluso doméstica, a los mismos.

Curiosamente, todo este problema está haciendo que se vuelva la vista hacia los ahora denominados «refrigerantes naturales» como el amoníaco (R717), su aplicación en equipos de refrigeración comercial se ha mantenido hasta hoy en día y muchos profesionales lo consideran como el refrigerante del futuro.

7.3.1. Características de los refrigerantes

En este apartado se describirán algunas de las principales características que debe tener un buen refrigerante:

- Las Presiones de condensación no deben ser excesivas de modo que no se requieran instalaciones demasiado pesadas
- Punto de congelación: Debe de ser inferior a cualquier temperatura que existe en el sistema, para evitar congelaciones en el evaporador.
- Calor específico: Debe de ser lo más alto posible para que una pequeña cantidad de líquido absorba una gran cantidad de calor.
- Volumen específico: Debe de ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y compresión
- Densidad: Deben de ser elevadas para usar líneas de líquidos pequeñas.
- La temperatura de condensación, a la presión máxima de trabajo debe ser la menor posible.
- Temperaturas de Evaporación bajas, de modo que la instalación no requiera depresiones demasiado bajas (alto vacío) en el evaporador
- Punto crítico lo más elevado posible.
- No deben ser líquidos inflamables, corrosivos ni tóxicos.
- Dado que deben interaccionar con el lubricante del compresor, deben ser miscibles en fase líquida y no nociva con el aceite.

7.3.2. Características del R-404A

El sistema frigorífico del arcón adquirido utiliza como fluido refrigerante el R-404A, que es una mezcla compuesta por R-125, R-134 y R-134A (composición en peso %: 44/52/4 respectivamente). Sus características termodinámicas las constituyen como el sustitutivo ideal del R-502 para el sector de la refrigeración en nuevas instalaciones para bajas y medias temperaturas.

Comúnmente utilizado en las instalaciones de refrigeración a compresión simple, de congelación y otras aplicaciones a temperatura de evaporación comprendidas entre -45°C y +10°C.

La capacidad frigorífica teórica es un 5% inferior respecto al R-502 a temperaturas de evaporación de -40°C. El coeficiente de rendimiento (COP) es entre un 5 y un 8% inferior al R-502. Aumentando el sobrecalentamiento, el COP del R-404A puede ser mayor que el del R-502. En el caso de los retrofits del R-502 y sus sustitutos HCFC (R-408A, DI-44), hay que eliminar el 95% del aceite mineral o alquilbencénico original, por un aceite polioléster, cambiar el filtro secador, la válvula de expansión, juntas tóricas de goma por plásticas y en ocasiones sobredimensionar el condensador. [11]

8. MANTENIMIENTO DE LOS EVAPORADORES

8.1. INTRODUCCIÓN

Como se ha explicado con anterioridad el evaporador es donde tiene lugar la evaporación del refrigerante y por esto absorbe calor del interior del arcón. Este componente del circuito frigorífico debe tener un mantenimiento determinado el cual se va a explicar con detalle a continuación.

Si hablamos del evaporador es inevitable hablar de los desescarches, ya que tarde o temprano el agua contenida en el aire se condensa y se congela sobre la superficie de los tubos para formar hielo y escarcha. Cuanto menor es la temperatura del evaporador mayor es la velocidad de formación de escarcha. Por supuesto no se tiene formación de escarcha en aquellos evaporadores donde la temperatura de trabajo es superior a 0º C.

La formación de escarcha, nieve o hielo dependerá de las condiciones internas y externas del evaporador.

Cuando empieza a formarse hielo, lo primero que se produce es escarcha en la superficie de los tubos y aletas. La escarcha está formada por una multitud de cristales que incrementan de forma sustancial la superficie de intercambio de calor, y en un principio mejoran la transmisión de calor.

Pero hay que tener en cuenta que el hielo es mal conductor del calor por lo que la velocidad de transferencia de calor desde el espacio refrigerado hacia el refrigerante se reduce. Esto provoca que la temperatura de evaporación del refrigerante sea cada vez más baja por lo que se formará más escarcha lo que hace más difícil que entre en calor desde el exterior. El proceso de formación de hielo es acumulativo, lo cual hace que si no se evita, con el tiempo el evaporador se bloquee de hielo (y pierda su capacidad de absorber calor). En consecuencia la eliminación del hielo acumulado del evaporador de forma periódica es indispensable. Si el hielo no se elimina, el producto termina estropeándose.

El proceso de eliminación de hielo de un evaporador es lo que en términos frigoríficos se conoce como desescarche.

8.2. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS DESESCARCHES

En este capítulo se describirán las características del desescarche, los distintos tipos que existen y las posibilidades de operación que estos sistemas ofrecen, después de explicarlos brevemente, se expondrá qué tipos de desescarche posee el arcón ensayado.

Para deshacer el hielo que se acumula en la superficie de los evaporadores, hay que aportar calor para efectuar la fusión del hielo. Este aporte de calor puede ser tanto desde dentro del evaporador como desde fuera de él.

El aporte puede ser desde cualquier foco con temperatura positiva, por ejemplo puede ser aire, agua, resistencias eléctricas, gas caliente procedente de la descarga del compresor y también con líquido caliente procedente del recipiente de líquido.

Los refrigeradores comerciales, exhibidores, gabinetes, arcones y cámaras para el almacenamiento de mercadería generalmente emplean los cinco siguientes métodos de desescarche:

- Desescarche por aire
- Desescarche por agua
- Desescarche por inversión de ciclo
- Desescarche por resistencia eléctrica
- Desescarche por gas caliente

8.2.1. Desescarche por aire

En circuitos independientes donde solo hay un evaporador, un condensador y un compresor, para realizar el desescarche por aire, lo normal es parar la inyección, el ventilador continúa en marcha, y el compresor para por presostato de baja. El desescarche se realiza durante un tiempo fijo ajustado, y al finalizar este tiempo, se activa la inyección de líquido de nuevo y el compresor arrancará por presión. No se requiere ningún retardo especial, y el programador de desescarche solo actúa sobre la válvula solenoide de líquido.

Las cuatro maneras de controlar este tipo de desescarche son: manual; con control de presión de succión; iniciado y terminado por reloj; e iniciado por reloj y finalizado por control de presión de succión.

8.2.2. Desescarche por agua

Primero se cierra una válvula que está situada en la línea de líquido y el compresor aspira el refrigerante hasta sacarlo completamente del evaporador. A continuación, se para el compresor, y también el ventilador o ventiladores del evaporador, para evitar que el agua se pueda proyectar al interior del frigorífico.

A continuación, se pone en marcha el rociador de agua, que se aplica con duchas que se colocan en la parte superior del evaporador. Se tiene en marcha este sistema durante algunos minutos hasta que la escarcha se ha descongelado y se le ha permitido drenar completamente el agua formada. En cámaras que trabajan a temperaturas muy bajas se recomienda utilizar una agua glicolada para evitar que pueda congelarse.

El control se realiza de forma muy parecida al desescarche por aire, pero con la diferencia de tener que introducir dos temporizaciones. La primera para vaciar el refrigerante que queda en el evaporador de forma que el compresor y los ventiladores paran por baja presión y la segunda, una vez que ha finalizado el tiempo de desescarche para que gotee el agua del evaporador y no se congele al realizar la inyección.

8.2.3. Desescarche por inversión de ciclo

Este método consiste en invertir el ciclo frigorífico durante el desescarche, es decir, el evaporador pasa a actuar como condensador y el refrigerante cede el calor a la escarcha acumulada en su superficie, produciendo la función del hielo. Para llevar a cabo este tipo de desescarche se utiliza una válvula de cuatro vías que es la encargada de cambiar el sentido de

circulación del gas caliente de la descarga. La válvula de cuatro vías se sitúa a la salida del compresor conectando éste con: el condensador, la aspiración del compresor y el evaporador. El circuito de estas instalaciones con este tipo de desescarche se complica ligeramente, ya que se necesitan dos válvulas de expansión y otras dos válvulas antirretorno (sólo dejan pasar el refrigerante en un sentido) colocadas en paralelo con las mencionadas válvulas de expansión.

El procedimiento de desescarche por inversión del ciclo tiene la ventaja de que la eliminación del hielo se produce de manera muy rápida. En cambio, presenta el inconveniente de aumentar el coste de la instalación al necesitar algunos dispositivos indispensables para realizar y controlar la inversión de ciclo.

8.2.4. Desescarche por resistencia eléctrica

Hoy en día el método de desescarche por resistencia eléctrica es probablemente el más utilizado por su simplicidad y eficacia, sobre todo en sistemas pequeños de refrigeración (muebles expositores, arcones de tiendas, neveras domésticas, etc.) 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 en el interior del evaporador, en perfecto contacto con sus aletas. Cuando se activan las resistencias eléctricas, éstas se calientan y ceden su calor directamente a las aletas del evaporador, fundiendo la escarcha acumulada en ellas.

La resistencia eléctrica se debe situar en el último punto del evaporador donde se funde el hielo, pero esto solo se puede determinar experimentalmente, ya que la dinámica del evaporador y la geometría del local donde está situado condicionan la formación de hielo en dicho evaporador. Además de esto, 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 supone un aumento de temperatura que tendrá que ser contrarrestado por el equipo frigorífico una vez haya acabado el desescarche.

Las tres maneras de controlar este tipo de desescarche son: manual; iniciado y terminado por reloj; e iniciado por reloj y finalizado por temperatura del evaporador.

En el caso del arcón ensayado se dispone de este modo de desescarche, y el tipo de control que lleva incorporado es de iniciado y terminado por reloj. Exactamente se ha ensayado desescarches eléctricos cada 2, 3, 4 y 5 horas con duración de 30 min en cada una de ellas, con una resistencia de 90 W de potencia ubicado debajo del evaporador.

Las principales ventajas son:

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

Desventajas:

- 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.

8.2.5. Desescarche por gas caliente

Estos sistemas de desescarche han alcanzado un gran nivel de participación en las instalaciones de refrigeración como consecuencia del ahorro energético, este sistema es sencillo y consiste en establecer una vía de comunicación entre la descarga del compresor y la entrada del evaporador, después de la VET; esto se puede automatizar con ayuda de una válvula solenoide intercalada en la línea de gas caliente como se muestra en la figura 28. El sistema presenta el inconveniente de que al entrar los gases calientes provenientes del compresor en el evaporador, desalojan violentamente los restos de líquido refrigerante que necesariamente quedan en el evaporador, lo cual puede representar un grave riesgo para el compresor.

También se puede dar el caso de que los gases calientes al llegar al evaporador, condensen, aumentando la cantidad de líquido que podría retornar al compresor. Por lo tanto, existe el peligro de que el refrigerante líquido pueda retornar al compresor a través de la tubería de aspiración y dañarlo.

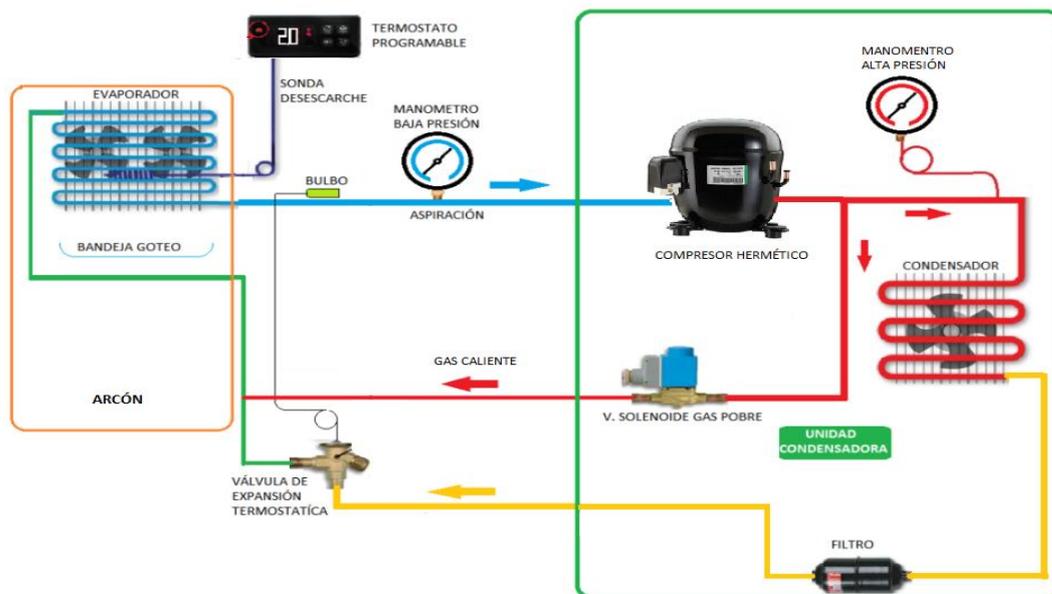


Figura 28. Circuito Frigorífico del Arcón Adquirido

Este modo de desescarche es el otro método que tiene el arcón para fundir el hielo acumulado en la superficie del evaporador, el tipo de control que lleva incorporado es el de iniciado y terminado por temperatura. Exactamente se ha ensayado desescarches por gas caliente cada 2, 3, 4 y 5 horas, con fin de desescarche al alcanzar 10°C el evaporador.

En estos dos últimos métodos de desescarche es en lo que se ha centrado este Trabajo Fin de Grado. Primero caracterizando el comportamiento del arcón en cada uno de los ensayos y posteriormente comparando los resultados de cada uno de ellos. [12]

9. EQUIPO EXPERIMENTAL, MEDIDAS Y OBTENCIÓN DE PARÁMETROS

9.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se definirán las distintas herramientas experimentales utilizadas para alcanzar los objetivos del proyecto. Se describirá el espacio que alberga el arcón que se ha ensayado, los equipos y las herramientas de medida utilizadas para obtener todos los valores.

9.2. AULA QUE ALBERGA NUESTRO ARCÓN

El aula que alberga el arcón se trata de un barracón prefabricado figura 29 el cual es un laboratorio docente del IIE el cual dispone de una bomba de calor para regular la temperatura.

Se ha tratado que la temperatura de los ensayos no varíe con el tiempo bruscamente, esto se ha conseguido con el seguimiento de cada ensayo por parte de un operario.



Figura 29. Barracón

9.3. EQUIPOS DE MEDIDA

Para que los resultados del proyecto tengan validez, es fundamental obtener unos resultados de calidad en cuanto a los ensayos realizados. Por lo tanto, hay que realizar unas medidas fiables y precisas, por esto se ha recurrido al empleo de instrumentos de medida de alta calidad, que se van a describir a continuación e indicar su localización en nuestro sistema frigorífico.

9.3.1. Transductores de presión

Se han empleado dos transductores PT5-30M, marca Emerson tanto para baja presión, como para alta presión, sus características principales son:

- Gran rendimiento con una alta exactitud.
- Reducida deriva de las medidas con el tiempo.
- Gran rendimiento dinámico.

Estos sensores se han calibrado en diferentes rangos, en función del lugar en el que han de ser situados en la instalación, para aprovechar al máximo la sensibilidad en la medida y disminuir el error. Funcionan alimentados con corriente continua a 24V y dan señal de intensidad de 4 a 20mA.

El transductor de baja presión mide de -0,8 a 7 bar y se coloca en la aspiración del compresor. El de alta presión tiene un rango de medida de 0 a 30 bar y se coloca en la descarga del compresor. En la figura 30 se pueden ver los dos transductores, así como la situación de los mismos en el circuito frigorífico.

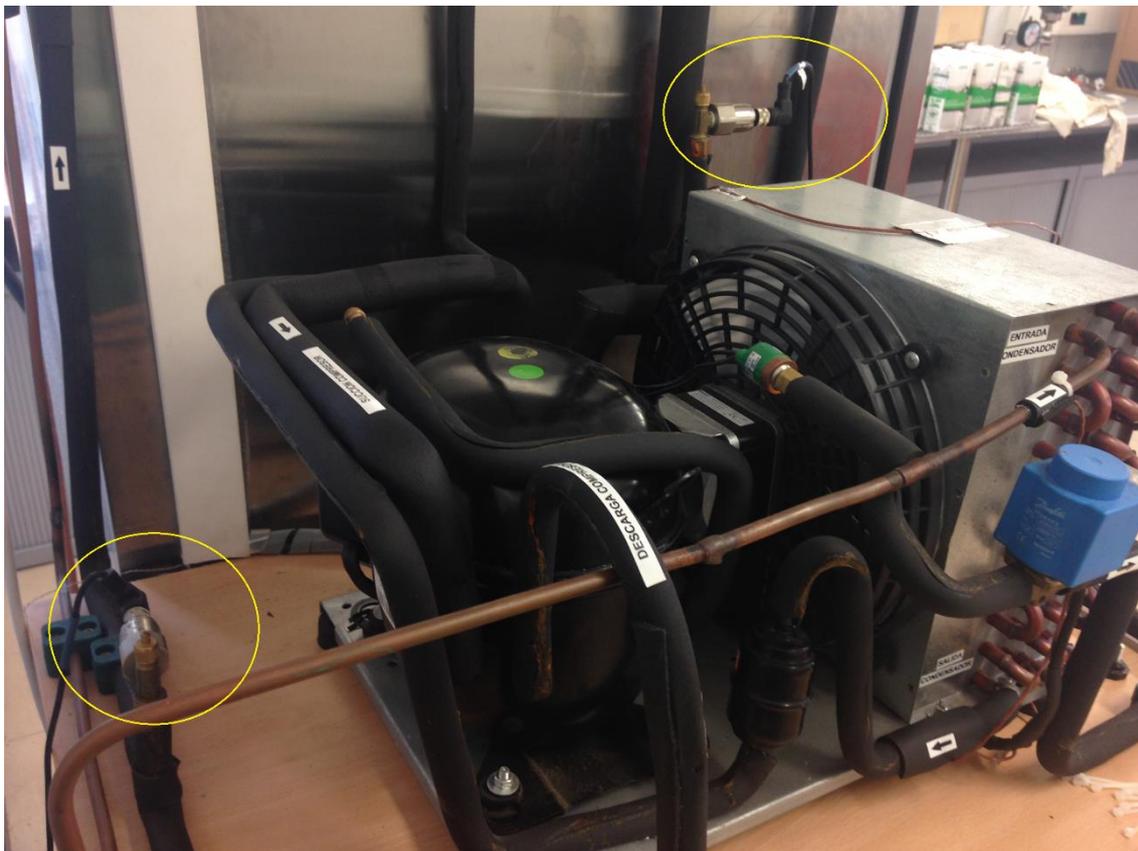


Figura 30. Situación de Transductores de Presión

9.3.2. Termopares

Para la medición de la temperatura en diferentes puntos de la instalación se utilizan termopares tipo T. Tanto el aire y la temperatura del refrigerante se miden con este tipo de termopares. Están compuestos por un cable de cobre y otro de constantán, el rango de medición es de -200 a 260°C, resisten atmósferas húmedas, reductoras y oxidantes. Tiene un sensibilidad de 43 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Los termopares se conectan entre los lugares donde se quiere saber la temperatura y el data logger, enviando una señal en voltios a este último y automáticamente se realiza la conversión a grados centígrados.

9.3.3. Sistema de adquisición de datos

Todas las señales de presión y temperatura son enviadas a un sistema de adquisición de datos. En nuestro caso se ha utilizado un Agilent 34970A, el cual es capaz de interpretar las señales y posteriormente transferirlas al ordenador mediante el protocolo de comunicación GPIB. El Agilent 34970A combina la capacidad de medición precisa con las conexiones flexibles de señales, necesarias para los sistemas disponibles en el laboratorio, ya que los módulos de adquisición de datos son intercambiables y por tanto se trata de un instrumento de gran flexibilidad y adaptabilidad. En la figura 31 aparece el data logger utilizado.



Figura 31. Sistema de Adquisición de Datos

EL data logger empleado en la instalación se ha equipado con un Multiplexor de 22 canales HP 34901A. Se trata del multiplexor más versátil de los disponibles para la unidad de adquisición de datos Agilent 34970A. Combina un gran número de canales multifunción con una tasa de escaneo de 60 canales por segundo, para así obtener un ancho espectro de datos adquiridos para la aplicación tratada. Admite las siguientes entradas: Termopares, termorresistencias de 2 y 4 hilos, termistores, transductores de presión, voltaje de corriente alterna y continua,

resistencias de 2 y 4 hilos, frecuencias, periodos y corriente alterna y continúa. Además ofrece conexión directa con el multímetro digital interno del data logger.

Para la adquisición de datos en el PC se emplea el software BenchLink Data Logger 3, de Agilent technologies. Se trata de un software basado en Windows, mediante el que se puede representar en pantalla la información proveniente de hasta 4 data loggers Agilent 34970A o 34972A, así como guardar los datos, analizarlos o exportarlos a otros programas para su análisis. Con multitud de opciones fácilmente personalizables y una interfaz de usuario amigable.

9.3.4. Vatímetro

Se utiliza un vatímetro para poder obtener el consumo de la nevera. En la figura 32 se puede ver el que se ha utilizado en nuestra instalación, un Metrahit X...Y el software utilizado para ir registrando cada consumo es el proporcionado por la misma empresa Software METRAwin10/METRAHit.



Figura 32. *Vatímetro*

10. NORMATIVA

Tanto para el diseño y puesta a punto de nuestro arcón, como para la realización de ensayos, se ha empleado la normativa citada a continuación. El presente apartado resume las normas empleadas para la realización del proyecto, y se citarán las normas de referencia recomendadas a seguir.

Se han resumido las normas más importantes concernientes a los distintos componentes de la instalación, mientras las normas cuyo contenido está menos ligado a la realización del presente proyecto tan solo se han citado.

La normativa está dividida en 5 secciones en función de la sección de la instalación a la que afectan:

- Normativa general de laboratorio y ensayos
- Normativa referente a circuitos frigoríficos
- Normativa referente a muebles frigoríficos comerciales
- Normativa referente a la seguridad
- Normativa referente al instrumental de medida

10.1. NORMATIVA GENERAL DE LABORATORIO Y ENSAYOS

UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración.

Esta norma contiene todos los requisitos que tienen que cumplir los laboratorios de ensayo y de calibración si desean demostrar que poseen un sistema de gestión, son técnicamente competentes y son capaces de generar resultados técnicamente válidos.

El uso de esta norma internacional facilitará la cooperación entre los laboratorios y otros organismos y ayudará al intercambio de información y experiencia, así como a la armonización de normas y procedimientos.

La incorporación de esta norma al proyecto sirve como referencia y para la aplicación de mejoras en la gestión del funcionamiento del laboratorio, no obstante, no se cumple íntegramente al no ser necesario para el desarrollo de todas las actividades llevadas a cabo en el laboratorio.

10.2. NORMATIVA REFERENTE A CIRCUITOS FRIGORÍFICOS

UNE-EN 12263:1999. Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Dispositivos interruptores de seguridad para limitar la presión. Requisitos y ensayos.

En cuanto al presente proyecto, se considera como una norma de consulta a la hora de conocer características y especificaciones de los dispositivos interruptores de seguridad para limitar la presión, ya que la realización del presente proyecto no contempla el diseño de ninguno de éstos dispositivos.

10.3. NORMATIVA REFERENTE A MUEBLES FRIGORÍFICOS COMERCIALES

UNE-EN ISO 23953-2006. Muebles frigoríficos comerciales. Vocabulario. Clasificación, requisitos y condiciones de ensayo.

Esta normativa especifica el vocabulario de términos y definiciones relativo a los muebles frigoríficos utilizados en la venta y/o exposición de productos alimenticios.

Esta norma singulariza los requisitos para la construcción, las características y el funcionamiento de los muebles frigoríficos comerciales utilizados en la venta y exposición de comestibles. Detalla, además, las condiciones de ensayo y los métodos para la comprobación del cumplimiento de los requisitos, así como la clasificación de los muebles, su marcado y el listado de características que el fabricante debe declarar.

10.4. NORMATIVA REFERENTE A LA SEGURIDAD

Este apartado de la normativa sirve de referencia en cuanto a seguridad en laboratorios, requisitos de seguridad para compresores, instalaciones eléctricas y sistemas de refrigeración.

UNE-EN 378-1, 2, 3, 4:2008. Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales.

Esta norma europea se refiere a los requisitos de seguridad y medioambientales para el diseño, construcción, fabricación, instalación, funcionamiento, mantenimiento y desmantelamiento de los sistemas y equipos de refrigeración en relación con el respeto al medio ambiente local y global, pero no a la eliminación final de los refrigerantes.

El objetivo de esta norma es minimizar los posibles riesgos a las personas, bienes y al medio ambiente provenientes de los sistemas de refrigeración y refrigerantes. Estos riesgos están asociados esencialmente a las características físicas y químicas de los refrigerantes así como a las presiones y temperatura existentes en los circuitos de refrigeración.

UNE-EN 61010-1:2002. Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Parte 1: Requisitos generales.

Esta parte de la norma detalla los requisitos generales de seguridad para equipos eléctricos destinados a usos profesionales, procesos industriales y educativos, los cuales pueden incorporar dispositivos de cálculo.

10.5. NORMATIVA REFERENTE A LA SEGURIDAD

UNE-EN 60584-1:1997. Termopares. Parte 1: Tablas de referencia.

Esta norma internacional proporciona tablas de referencia para ser empleadas en la conversión de las fuerzas electromotrices de los termopares en sus temperaturas medias equivalentes y viceversa.

UNE-EN 60584-2:1996. Termopares. Parte 2: Tolerancias.

Esta norma contiene las tolerancias de fabricación para los termopares de metales preciosos y metales comunes de acuerdo con las tablas de referencia f.e.m./Temperatura de la Norma CEI 584-1. Los valores de las tolerancias corresponden a las de los termopares fabricados a partir de hilos cuyos diámetros están normalmente comprendidos entre 0,25mm y 3mm, tal como se suministran al usuario. Estos valores no indican la desviación del calibrado durante la utilización.

11. MODIFICACIÓN DEL CIRCUITO FRIGORÍFICO

Como se ha mencionado con anterioridad el arcón necesita una serie de modificaciones para que la adquisición de datos por parte de los alumnos y docentes se facilite en la mayor medida posible.

En un principio el arcón llevaba la unidad condensadora la parte superior de él figura33.



Figura 33. Izquierda: Frontal del Arcón Frigorífico. Derecha: Trasero del Arcón

Lo primero que se decidió fue modificar el circuito frigorífico para poder bajar la unidad condensadora a una mesa que se instalaría junto el arcón. Para ello se prolongaron las tuberías de cobre hasta la nueva posición elegida.



Figura 34. Izquierda: Unidad Condensadora. Derecha: Trasero del Arcón

Al mismo tiempo se optó por instalarles ruedas tanto al arcón como a la mesa adjunta para facilitar sus traslados.



Figura 35. Arcón y Mesa Adjunta con Ruedas

En esta fase se decidió también donde iban a ir cada uno de los sensores que iban a monitorear el arcón para nuestro propósito. En las figuras 36, 37 y 38 se muestra dónde va cada sensor.



Figura 36 Situación Termopares: 1- Descarga; 2- Entrada Condensador; 3- Salida Condensador; 4- Gas Caliente; 5- Ambiente



Figura 37 Situación Termopares: 1- Entrada VET; 2- Salida Evaporador; 3- Evaporador

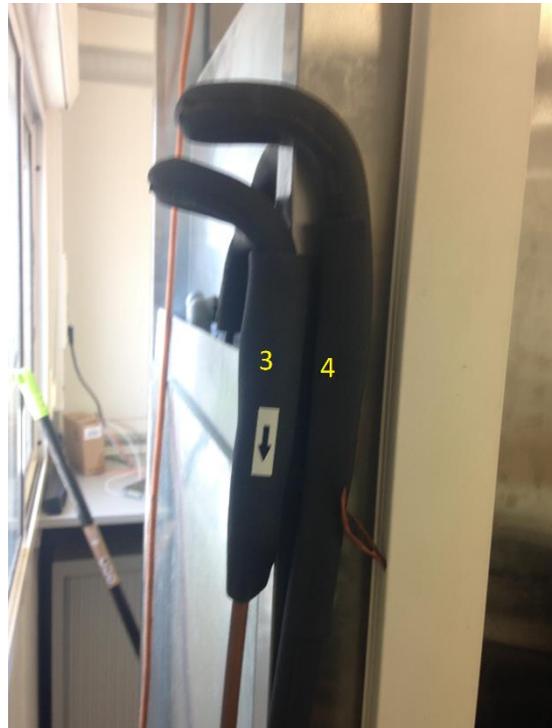


Figura 38 Situación Termopares: 1- Interior del Arcón; 2- Brick de Leche; 3- Entrada Bandeja Drenaje; 4- Salida Bandeja Drenaje

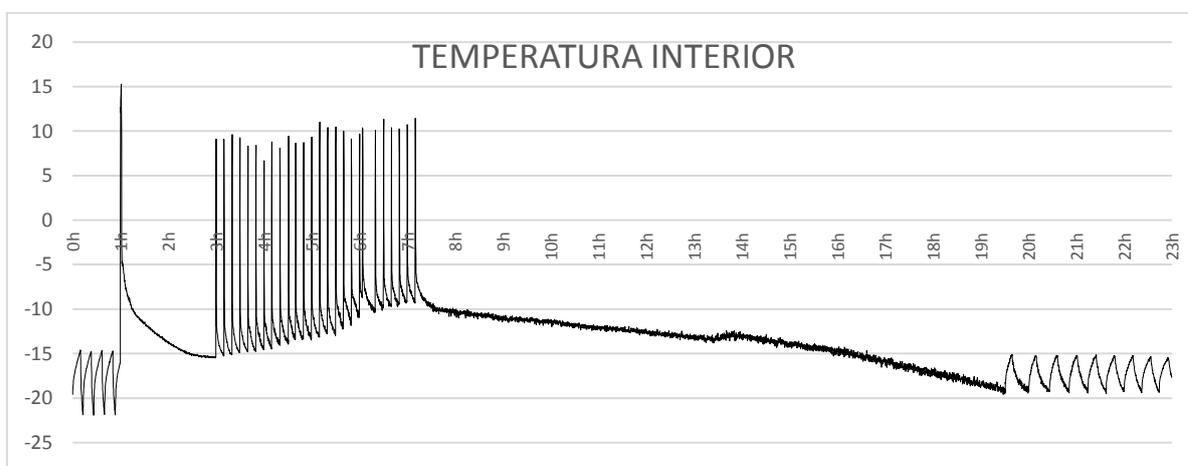
12. CREACIÓN DE ESCARCHA EN EL EVAPORADOR

Como ya se ha dicho al principio de este proyecto, el objetivo principal de este TFG es la optimización del tiempo desescarche de un arcón frigorífico, pero para alcanzar este propósito antes se debe crear escarcha en la superficie del evaporador del arcón para posteriormente eliminarla y estudiar cual es la mejor opción de desescarche, para ello este TFG se ha basado en la normativa (UNE-EN ISO 23953-2006. Muebles frigoríficos comerciales), pero estos ensayos no se han desarrollado para el estudio de los desescarches, sino para la caracterización del consumo de energía eléctrica, estanquidad y temperatura y normalmente funcionando en régimen estacionario.

Por esta razón se tuvo que modificar estos ensayos para nuestros objetivos en concreto, con tal de que se adapte a las condiciones normales de funcionamiento que tendría este arcón frigorífico en un restaurante o en una zona determinada.

Por motivos de brevedad en este TFG no se han expuesto todos los ensayos que se hicieron en el proyecto para intentar crear escarcha en la superficie del evaporador, solo se ha expuesto el ensayo con el que se consiguió acumular más escarcha en el evaporador.

Para poder alcanzar el objetivo de crear escarcha en la superficie del evaporador, no se programó ningún tipo de desescarche en el arcón frigorífico. Con las gráficas que se presentarán a continuación explicaremos cómo se procedió y cómo afecta la acumulación de escarcha en la superficie del evaporador al buen funcionamiento de este.



Gráfica 1. *Temperatura Interior del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]*

Al comienzo del ensayo el arcón está en régimen estacionario como se observa al principio de la gráfica 1, se esperó una hora y una vez transcurrida este lapso de tiempo introducimos la carga en el arcón ensayado, la cual se trataba de 54 bricks de leche rellenos con 500 gr de agua.

La carga se ha colocado en las dos bandejas que contiene el arcón de la forma más uniforme posible como se muestra en la figura 39. A la hora de introducir la carga se ha tardado 2 minutos hasta volver a cerrar la puerta, es el primer pico que se observa en la gráfica.

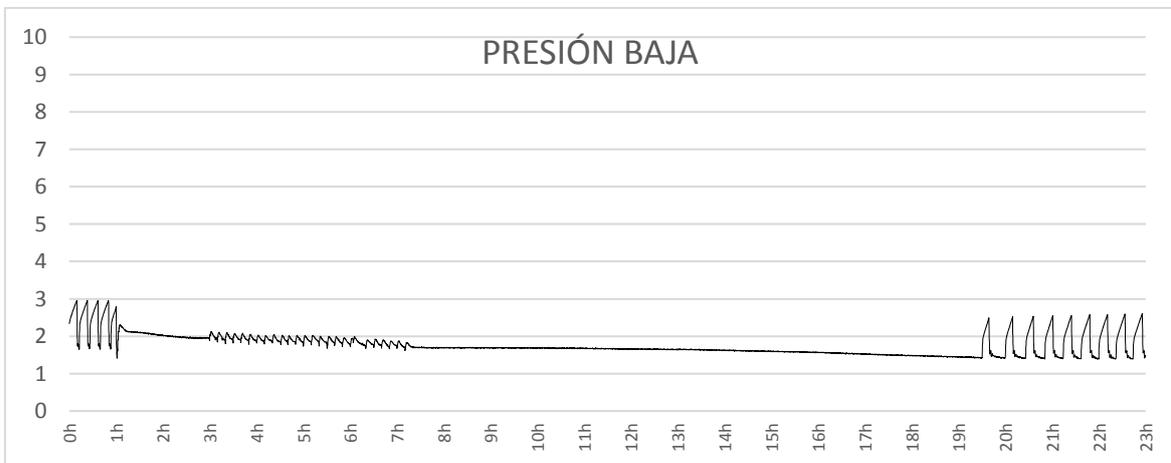


Figura 39. Disposición de la Carga en el Arcón

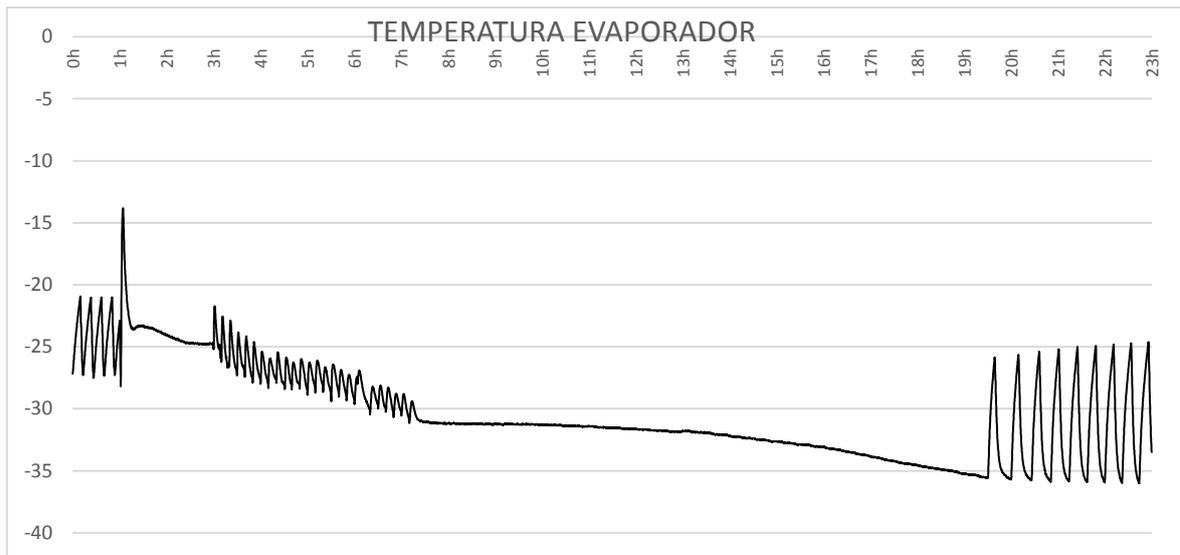
Una vez introducida la carga en el arcón se cierra la puerta de éste y se deja que funcione dos horas sin interrupción, hasta que se abren por primera vez la puerta (para introducir humedad del ambiente) durante 20 segundos, esto se repetirá 6 veces por hora durante 4 horas, es decir, cada 10 minutos abriremos la puerta durante 20 segundos, 24 veces en total se abrirá la puerta del arcón. Estas aperturas corresponden con los distintos picos consecutivos que se observan en la gráfica 1.

Después de estas aperturas el arcón se deja funcionando hasta cumplir las 24 horas que duran todos los ensayos.

En la gráfica 1 se observa que vuelve a régimen estacionario en la parte final de la gráfica pero no de la misma manera en la que comenzó, esto es debido a que se ha ido acumulando cada vez más y más escarcha en la superficie del evaporador afectando su normal funcionamiento, con la siguientes gráficas que se van a presentar se explicará cómo afecta esta escarcha.



Gráfica 2. Presión de Succión eje "Y" [Bar] eje "X" [Horas]



Gráfica 3. Temperatura Evaporador eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

En la gráfica 2 se observa que la presión va decreciendo con el paso del tiempo, esto ocurre cuando se va acumulando cada vez más y más escarcha en la superficie del evaporador del mismo modo se observa en la gráfica 3 que cada vez es menor la temperatura del evaporador cuando su temperatura correcta debería estar entorno a los -27 - -22°C , esto ocurre porque la escarcha está haciendo de aislante alrededor al evaporador y esto no permite que el evaporador absorba el calor del interior del arcón, por consiguiente cada vez irá decreciendo la temperatura del evaporador, hasta que llegar a un momento en el que no pueda absorber nada de calor del interior del arcón frigorífico.

Con el proceso mencionado anteriormente al final se consigue que se acumule escarcha en la superficie del evaporador como se puede observar en la figura 40, el cual era nuestro objetivo para posteriormente eliminarlo con las dos opciones de desescarche que tiene el arcón frigorífico ensayado y con los intervalos seleccionados, de la forma más eficiente posible.

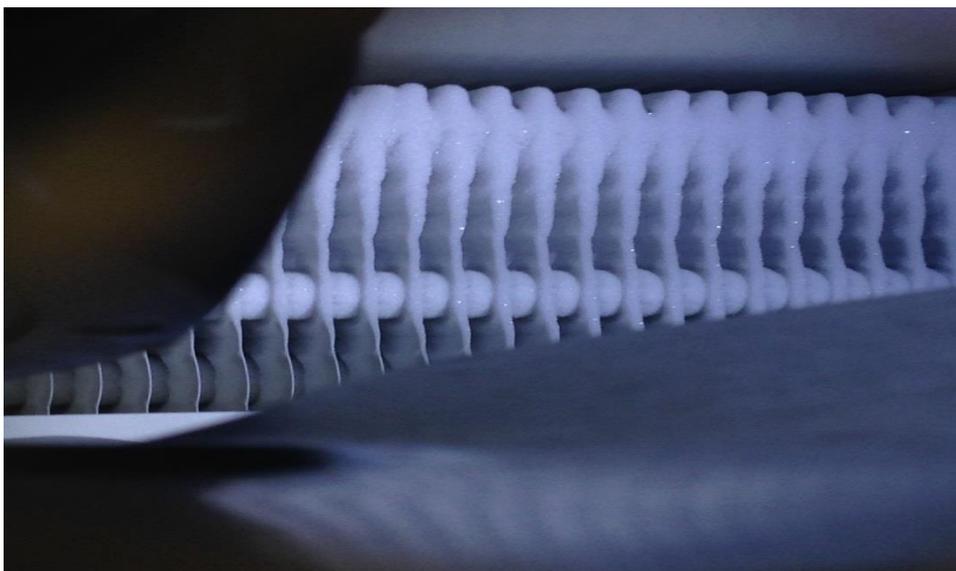


Figura 40. Escarcha Acumulada en el Evaporador

13. ENSAYOS REALIZADOS

Una vez que ya se forma escarcha en la superficie del evaporador, el siguiente paso que se realizó fue la optimización del desescarche. Para ello se realizaron una batería de ensayos de los cuales solo se eligieron los más representativos, por motivos de brevedad. A continuación se expondrán los ensayos más representativos de los intervalos de desescarches cada 2, 3, 4 y 5 horas tanto para el desescarche por gas caliente como por resistencia eléctrica y posteriormente se analizarán los datos obtenidos para determinar cuál es la mejor opción.

También es importante mencionar que la metodología de este tipo de ensayos era nueva en el Instituto Ingeniería Energética (IIE), no había precedente de ningún estudio del desescarche en un arcón frigorífico, la bibliografía al respecto y estudios detallados eran muy difíciles de encontrar, por esta razón se tuvo que realizar esta batería de ensayos, para perfilar una metodología de ensayo para este tipo de estudio en concreto.

La duración de los ensayos la marca la normativa (UNE-EN ISO 23953-2006. Muebles frigoríficos comerciales) la cual nos dice que como mínimo tiene que ser de 24 horas de duración, que es nuestro caso, el escaneo de todos los parámetros se hacen cada 10 segundos, tanto para las temperatura y las presiones como para la potencia activa consumida por el arcón frigorífico.

Todos los ensayos que se van a presentar a continuación se realizaron de la forma más idéntica posible, para luego de este modo poder comparar mejor los resultados obtenidos, se harán de la misma forma con que se ha hecho la creación de escarcha con la diferencia de que hay un parón en las aperturas de la puerta a las 14:00 para ir a comer y que hay distintos desescarches programados.

Se empieza el ensayo con el arcón en régimen estacionario en su set point que es de -18°C . Se deja que funcione durante una hora hasta que se carga con los 54 briks de leche, esta apertura de puerta dura 2 minutos. Una vez cargado el arcón se deja que funcione durante dos horas, una vez transcurrida esas 2 horas se comienza con las aperturas de la puerta, 6 veces por hora, es decir, cada 10 minutos se abre la puerta con una duración de 20 segundos cada una de ellas, después de esta primera tanda de aperturas de puerta, se hace el parón para ir a comer, cuestión que dura 1 hora, transcurrida esta hora se retoma las aperturas de puerta cada 10 minutos ya sin ninguna interrupción. La puerta se abre en total unas 24 veces. Después de haber abierto todas las veces la puerta, se deja que funcione el arcón hasta cumplir las 24 horas de duración del ensayo.

En primer lugar se han expuesto los ensayos más representativos con desescarche por gas caliente cada 2, 3, 4 y 5 horas y posteriormente los desescarche por resistencia eléctrica con los mismo periodos de desescarches.

A continuación se explicarán brevemente cada uno de los ensayos y los datos obtenidos en cada uno de ellos.

13.1 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 2 HORAS

En primer lugar se expondrá el ensayo más representativo con desescarche por gas caliente cada dos horas, este desescarche para por temperatura, es decir, cuando llega a 10°C el evaporador se detiene el aporte de calor en él.

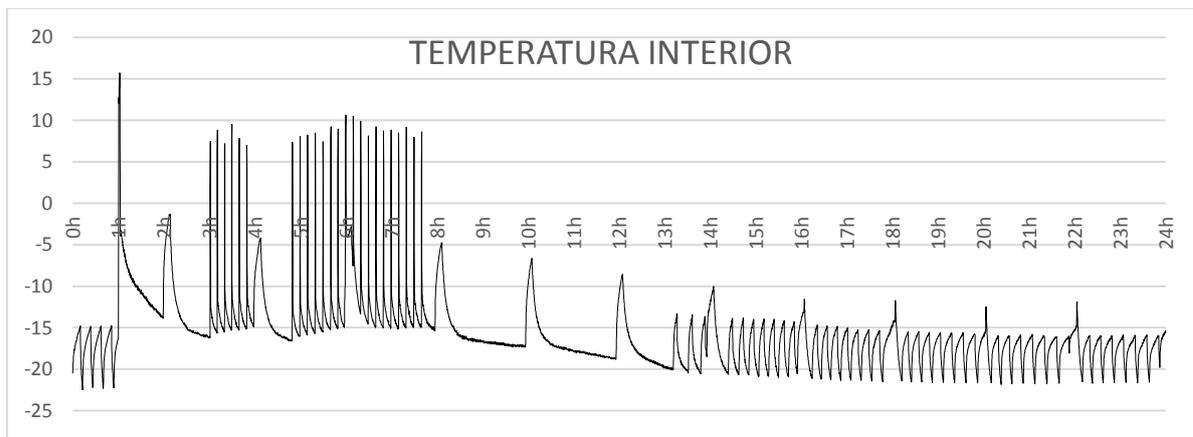
A continuación se presentarán los resultados obtenidos y se explicará brevemente, las gráficas.

	MEDIA	MEDIANA	MAXIMO	MIN
101 <SUCCION> (C)	-7,96	-10,84	14,69	-20,15
102 <DESCARGA> (C)	62,91	71,29	79,13	23,85
103 <ENT_COND> (C)	37,89	44,39	51,88	13,89
104 <SALID_COND> (C)	23,58	25,20	29,15	14,95
105 <SALID_EVAP> (C)	-8,68	-12,55	16,08	-34,18
106 <SALID_DESAGUE> (C)	50,69	57,61	68,58	19,04
107 <GAS_DESESC> (C)	23,35	24,98	29,00	15,28
108 <ENT_DESAGUE> (C)	60,38	68,28	76,59	21,44
109 <ENT_EVAP> (C)	17,30	15,38	57,60	7,30
110 <PAQUETE> (C)	-7,23	-6,48	16,59	-18,09
111 <INTERIOR> (C)	-15,69	-16,30	15,74	-22,50
112 <EVAPORADOR> (C)	-21,15	-22,74	8,44	-27,87
113 <AMBIENTE> (C)	18,94	19,22	22,07	15,45
121 <P_ALTA> (ADC)	12,45	13,07	14,57	9,46
122 <P_BAJA> (ADC)	2,39	2,05	6,27	1,45
POTENCIA ACTIVA (W)	463,43	647,80	991,70	0,83

Tabla 13.1. *Datos Obtenidos*

Las presiones que se muestran en la tabla son presiones relativas.

Con las siguientes gráficas que se presentarán, se expondrá el ensayo con más detalle. Igualmente, se explicarán las gráficas más relevantes, es decir, la que más datos nos aportan para nuestro propósito.



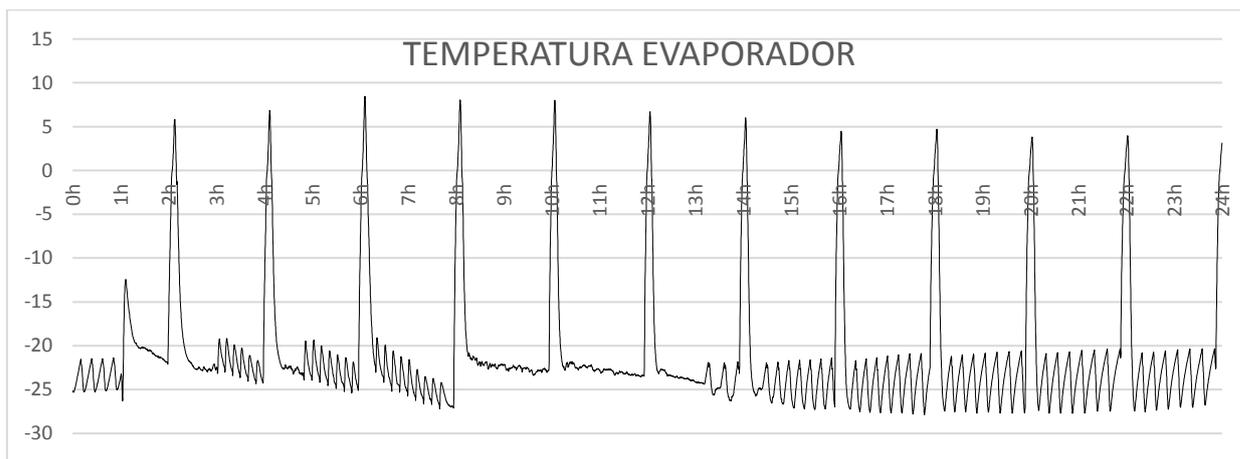
Gráfica 4. *Temperatura Interior del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]*

Al comenzar el ensayo se observa que el arcón se encuentra en régimen estacionario ya que se observan ciclos al principio de la gráfica 4, esto dura exactamente una hora que es la que se ha

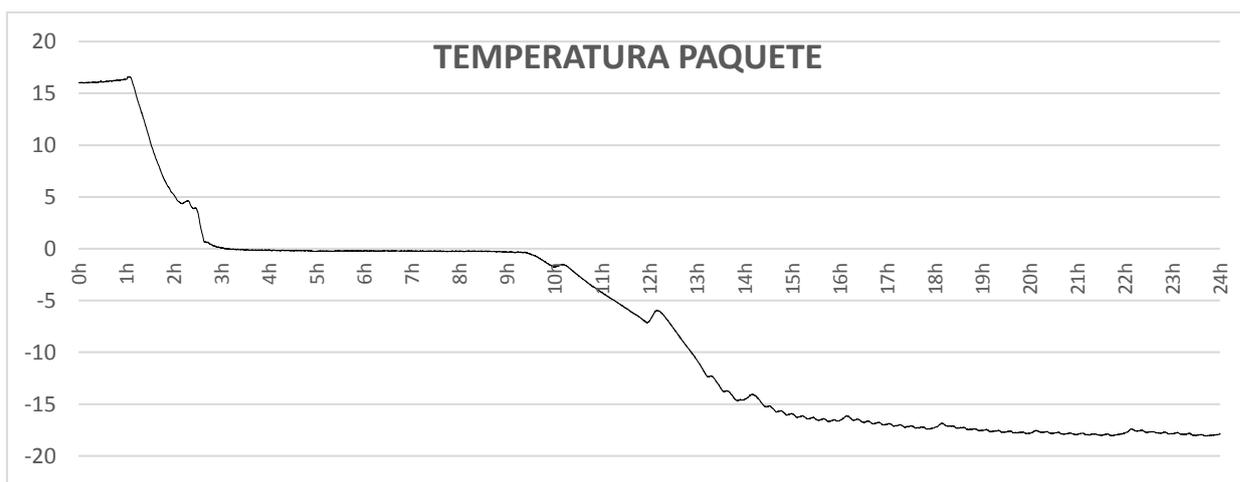
dejado transcurrir antes de abrir la puerta e introducir los bricks de leche (la carga térmica), que corresponde con el primer pico que alcanza unos 16°C cuestión en la que se tarda 2 minutos.

El siguiente pico que se ve a las dos horas se trata del primer desescarche programado para cada dos horas, después de este se observan 24 picos que corresponden con las aperturas de la puerta que dura cada una de ellas 20 segundos.

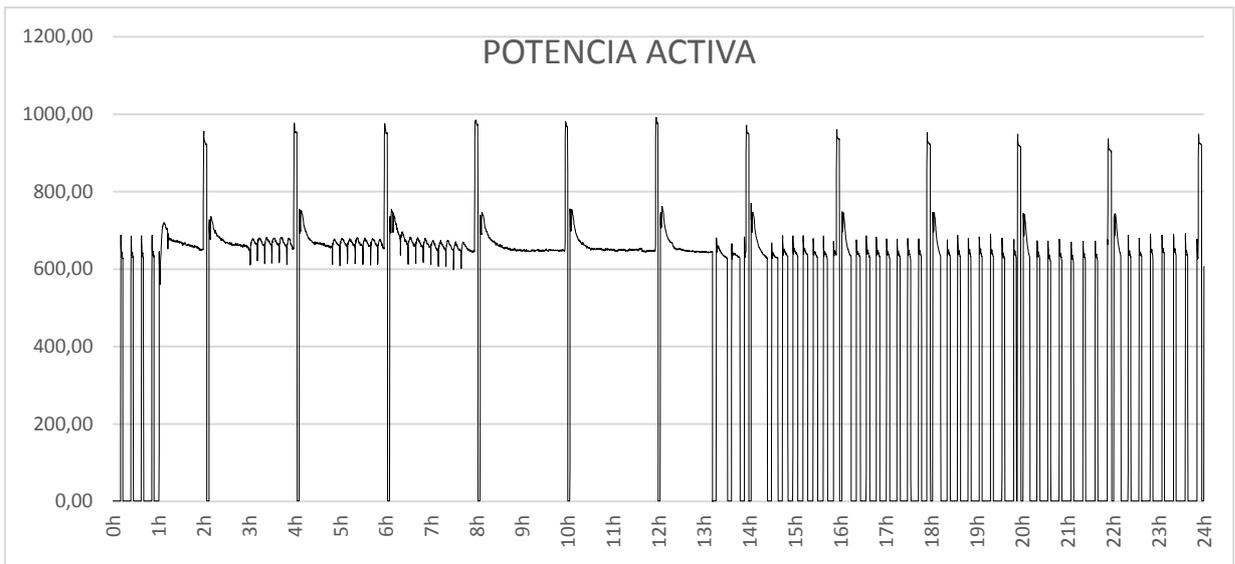
Después del sexto desescarche se observa que el arcón vuelve a régimen estacionario, es decir, tarda 13 horas y 10 minutos exactamente. Y hacia el final de la gráfica 4 vuelve a estar como al principio prácticamente.



Con la gráfica 5 se demuestra una vez más que el arcón vuelve a régimen estacionario hacia el final de la gráfica. También se observan que cada desescarche corresponde con un pico de la gráfica, en total hay 12 picos, es decir, que ha habido 12 desescarches. El primer pico más pequeño corresponde con la introducción de la carga.

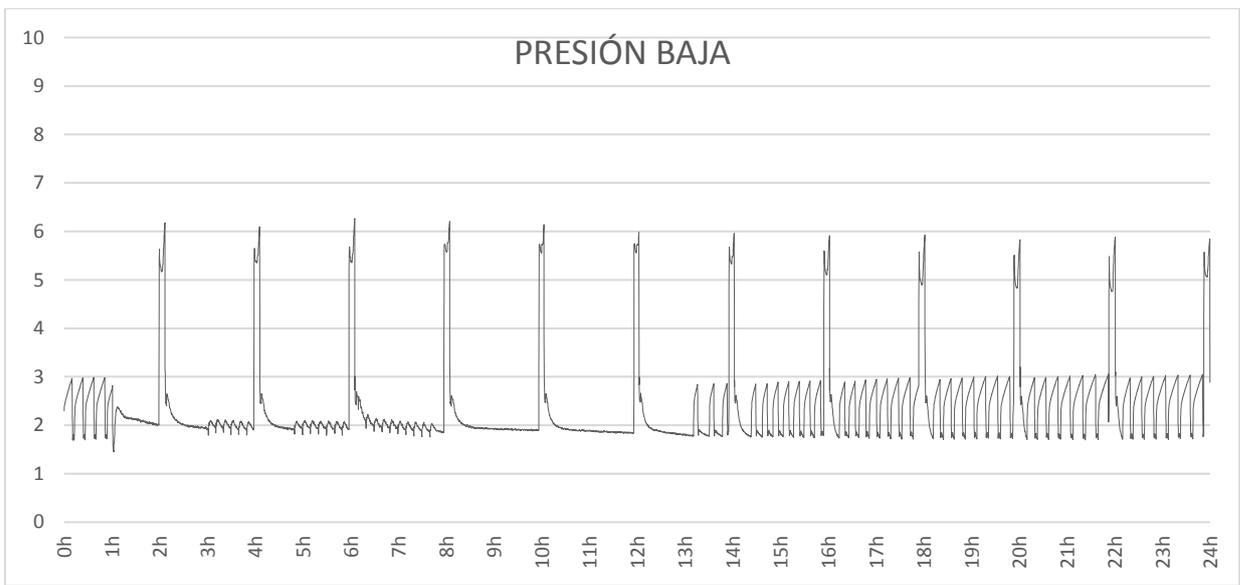


Con la gráfica 6 se puede afirmar que los paquetes (los bricks de leche) alcanzan la temperatura deseada de conservación, la cual en el caso del arcón es de -18°C.



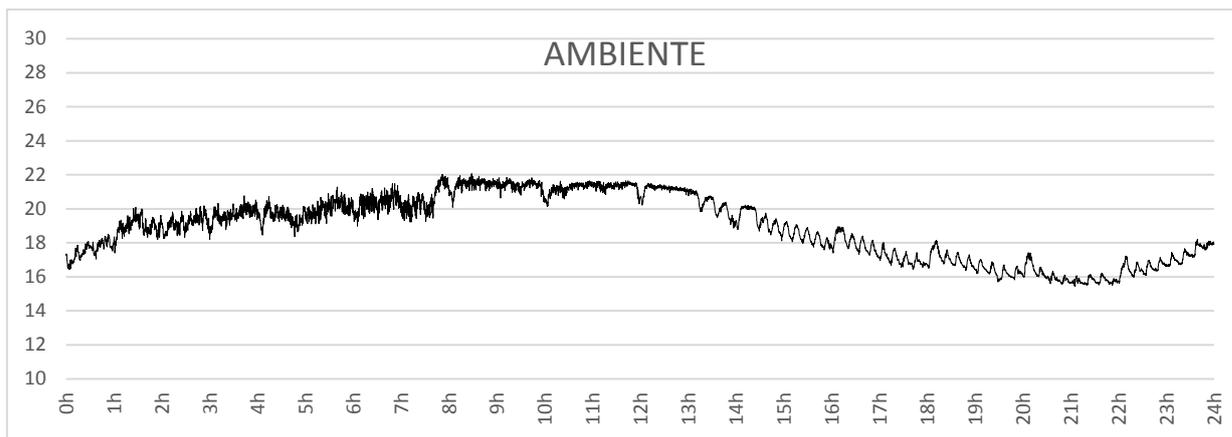
Gráfica 7. Potencia Activa eje "Y" [W] eje "X" [Horas]

En la gráfica 7 se puede observar que para cada desescarche hay un pico de potencia que suele rondar los 950 vatios, cuando trabaja normalmente el arcón ensayado suele consumir una potencia activa que ronda los 640 vatios. Se vuelve a observar el régimen estacionario hacia el final de la gráfica.



Gráfica 8. Presión Baja eje "Y" [Bar] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 8 se puede demostrar que no hay acumulación de escarcha en la superficie del evaporador, ya que ésta no tiene una tendencia decreciente como ocurría en la gráfica 2 cuando sí se acumulaba. Además, la gráfica 5 nos dice lo mismo ya que a diferencia de la gráfica 3 no va descendiendo la temperatura del evaporador cada vez más y más.



Gráfica 9. Temperatura Ambiente eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

En la gráfica 9 se muestra la temperatura ambiente dentro del barracón de ensayo se observa que la diferencia de temperatura entre la más alta y la más baja no supera los 6°C. Hay una temperatura media de 18,94 °C.

13.2 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 3 HORAS

En segundo lugar se expondrá el ensayo más representativo con desescarche por gas caliente cada tres horas, este desescarche para por temperatura, es decir, cuando llega a 10°C el evaporador se detiene el aporte de calor en él.

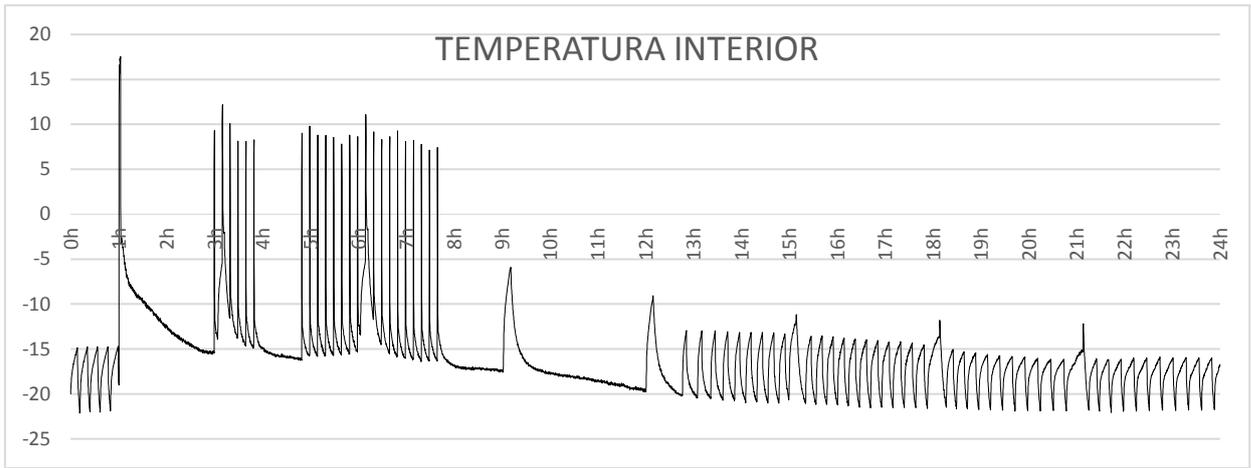
A continuación se presentarán los resultados obtenidos y explicarán, brevemente, las gráficas.

	MEDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
101 <SUCCION> (C)	-8,56	-11,06	15,26	-35,73
102 <DESCARGA> (C)	62,01	70,60	79,81	22,76
103 <ENT_COND> (C)	36,91	42,69	51,72	15,44
104 <SALID_COND> (C)	23,01	24,02	30,03	13,68
105 <SALID_EVAP> (C)	-8,44	-11,72	15,99	-32,48
106 <SALID_DESAGUE> (C)	49,57	56,31	69,15	18,45
107 <GAS_DESESC> (C)	22,77	23,80	29,87	14,26
108 <ENT_DESAGUE> (C)	59,37	67,60	76,72	20,21
109 <ENT_EVAP> (C)	16,53	15,13	58,03	9,88
110 <PAQUETE> (C)	-6,29	-4,15	18,08	-18,33
111 <INTERIOR> (C)	-15,96	-16,44	17,53	-22,13
112 <EVAPORADOR> (C)	-22,84	-23,94	9,70	-29,92
113 <AMBIENTE> (C)	18,49	18,89	23,17	13,98
121 <P_ALTA> (Bar)	12,22	12,64	14,85	9,07
122 <P_BAJA> (Bar)	2,31	2,03	6,20	1,38
POTENCIA ACTIVA (W)	445,91	642,70	986,50	0,91

Tabla 13.2. Datos Obtenidos

Las presiones que se muestran en la tabla son presiones relativas.

Con las siguientes graficas que presentarán, se explicará el ensayo con más detalle. Asimismo, se expondrán las gráficas que más datos nos aportan para nuestro propósito.

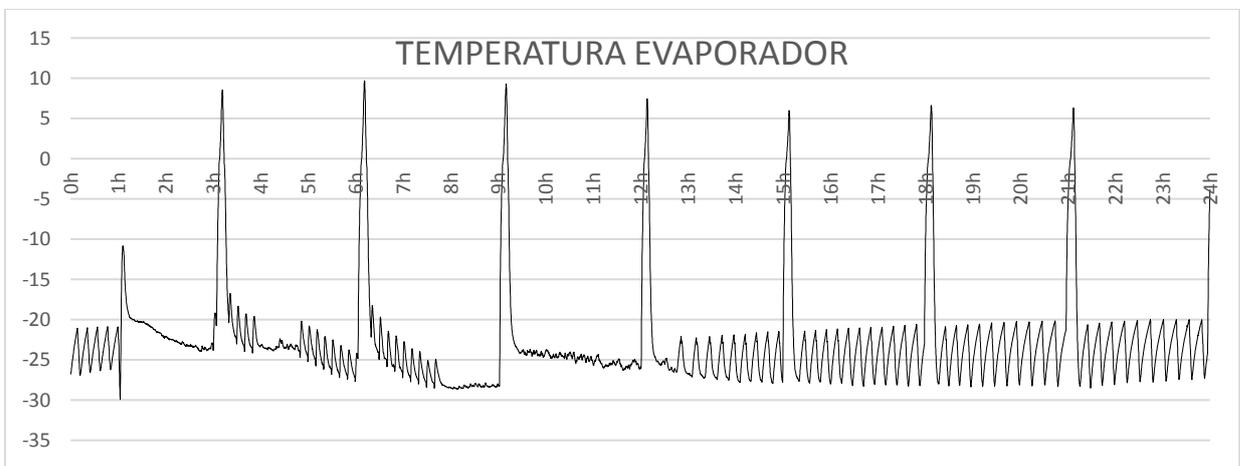


Gráfica 10. *Temperatura Interior del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]*

Al comenzar el ensayo se observa que el arcón se encuentra en régimen estacionario ya que se observan ciclos al principio de la gráfica 10, esto dura exactamente una hora que es la que se ha dejado transcurrir antes de abrir la puerta e introducir los bricks de leche (la carga térmica), que corresponde con el primer pico que alcanza unos 17°C cuestión en la que se tarda 2 minutos.

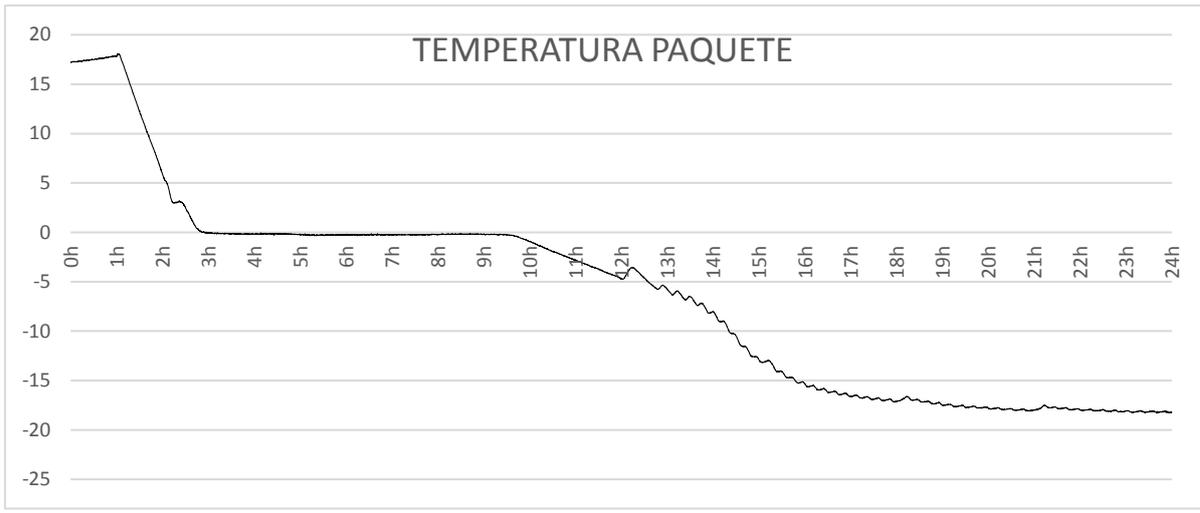
El siguiente pico que se ve a las 3 horas, coinciden con la primera tanda de aperturas de puerta, se trata del primer desescarche programado. Los picos que se observan en la gráfica 10 que sobrepasan todos los 5°C son las aperturas de la puerta.

Después de 12 horas y 46 minutos de ensayo el arcón vuelve a régimen estacionario, y hacia el final de la gráfica 10 vuelve a estar como al principio prácticamente.



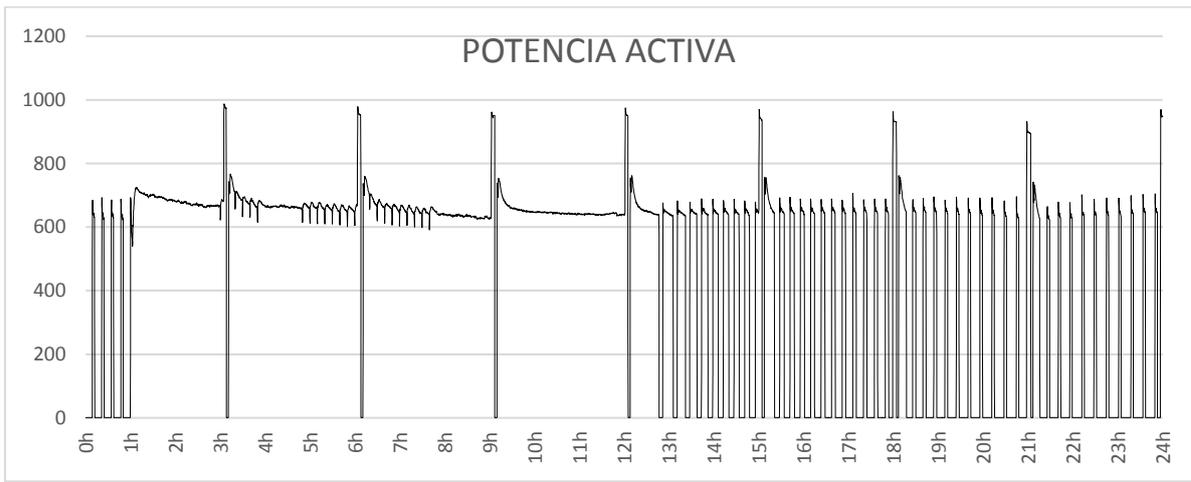
Gráfica 11. *Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]*

Con la gráfica 11 se demuestra una vez más que el arcón vuelve a régimen estacionario hacia el final de la gráfica. También se observan que cada desescarche corresponde con un pico de la gráfica, en total hay 8 picos, es decir, que ha habido 8 desescarches. El primer pico más pequeño corresponde con la introducción de la carga.



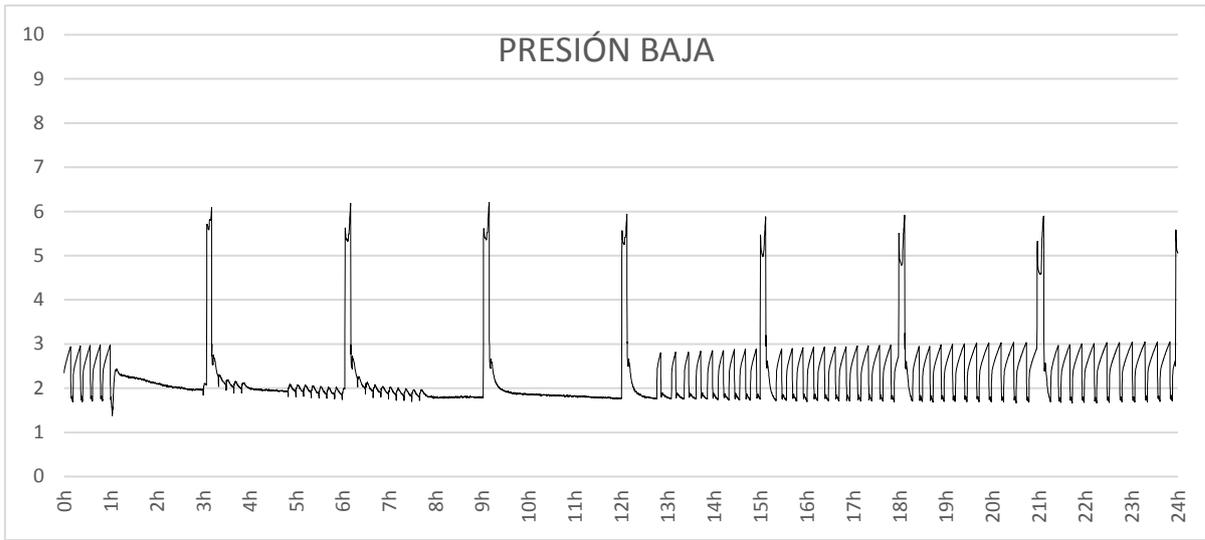
Gráfica 12. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 12 se puede afirmar que los paquetes (los bricks de leche) alcanzan la temperatura deseada de conservación, la cual en el caso del arcón es de -18°C .



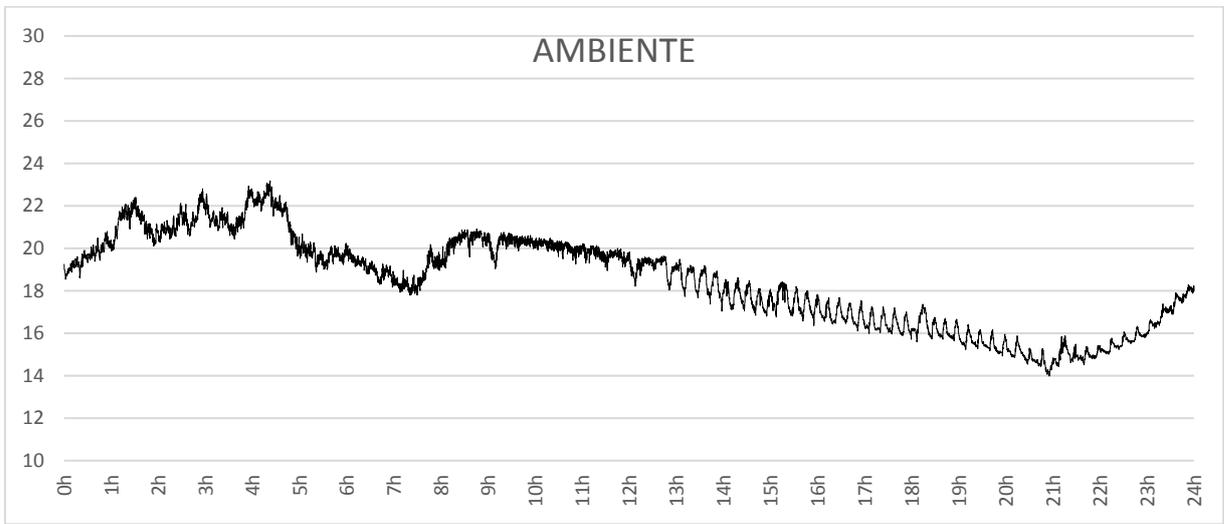
Gráfica 13. Potencia Activa eje "Y" [W] eje "X" [Horas]

En la gráfica 13 se puede observar que para cada desescarche hay un pico de potencia que suele rondar los 950 vatios, cuando trabaja normalmente el arcón ensayado suele consumir una potencia activa que ronda los 640 vatios. Se vuelve a observa el régimen estacionario hacia el final de la gráfica.



Gráfica 14. Presión Baja eje "Y" [Bar] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 14 se puede demostrar que no hay acumulación de escarcha en la superficie del evaporador, ya que esta no tiene una tendencia decreciente como ocurría en la gráfica 2 cuando sí se acumulaba. Además la gráfica 11 nos dice lo mismo ya que a diferencia de la gráfica 3 no va descendiendo la temperatura del evaporador cada vez más y más.



Gráfica 15. Temperatura Ambiente eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

En la gráfica 15 se muestra la temperatura ambiente dentro del barracón de ensayo en el cual se observa que la diferencia de temperatura entre la más alta y la más baja no supera los 9°C. Hay una temperatura media de 18,49 °C

13.3 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 4 HORAS

En tercer lugar se expondrá el ensayo más representativo con desescarche por gas caliente cada cuatro horas, este desescarche para por temperatura, es decir, cuando llega a 10°C el evaporador se detiene el aporte de calor en él.

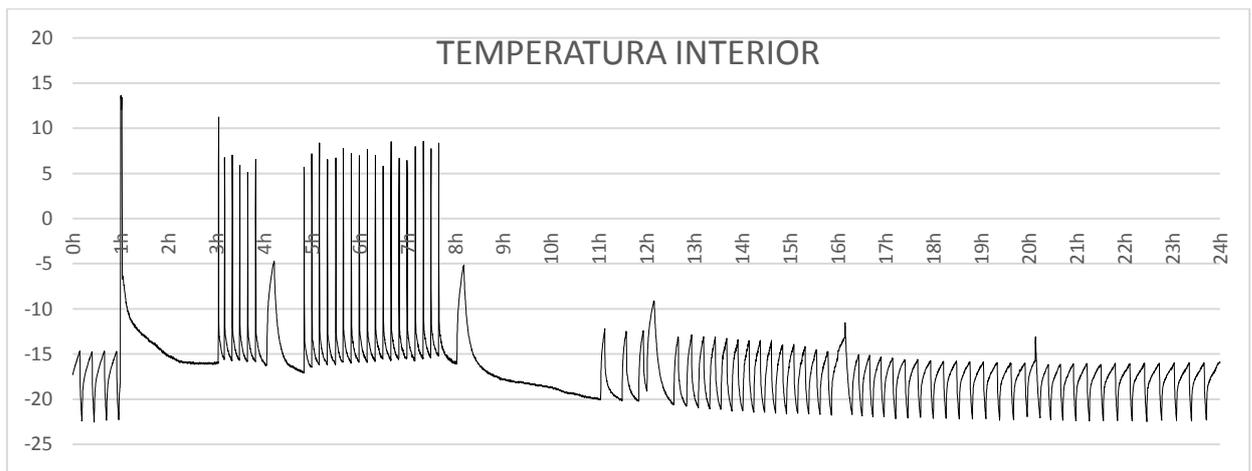
A continuación se presentarán los resultados obtenidos y explicarán, brevemente, las gráficas.

	MEDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
101 <SUCCION> (C)	-8,68	-11,43	13,32	-23,85
102 <DESCARGA> (C)	58,03	66,50	78,94	18,95
103 <ENT_COND> (C)	34,92	39,63	52,92	12,84
104 <SALID_COND> (C)	21,46	22,34	29,15	12,34
105 <SALID_EVAP> (C)	-9,23	-13,18	14,59	-36,16
106 <SALID_DESAGUE> (C)	47,46	53,79	69,94	14,69
107 <GAS_DESESC> (C)	21,21	22,13	29,00	12,99
108 <ENT_DESAGUE> (C)	55,53	63,02	75,77	15,93
109 <ENT_EVAP> (C)	14,55	13,81	58,82	8,30
110 <PAQUETE> (C)	-7,44	-4,34	14,30	-18,33
111 <INTERIOR> (C)	-16,44	-16,53	13,64	-22,55
112 <EVAPORADOR> (C)	-23,69	-24,80	6,36	-30,46
113 <AMBIENTE> (C)	17,07	17,73	22,39	12,33
121 <P_ALTA> (Bar)	11,72	12,13	14,57	8,87
122 <P_BAJA> (Bar)	2,31	2,03	6,08	1,38
POTENCIA ACTIVA (W)	405,49	637,20	986,80	0,91

Tabla 13.3. Datos Obtenidos

Las presiones que se muestran en la tabla son presiones relativas.

Con las siguientes graficas que se presentarán se explicará el ensayo con más detalle. Se expondrán las gráficas que más datos nos aportan para nuestro propósito.



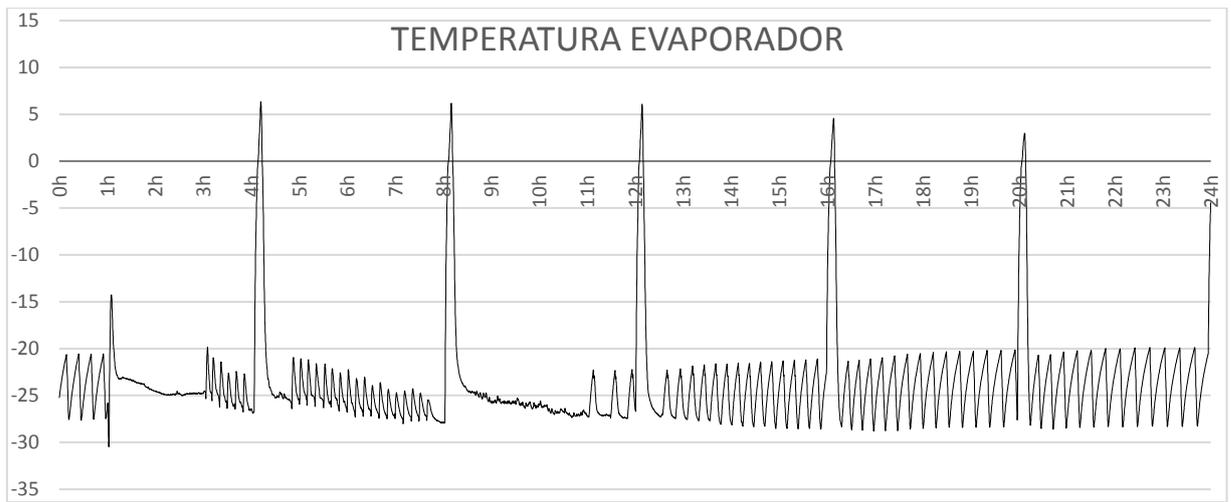
Gráfica 16. Temperatura Interior del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Al comenzar el ensayo se observa que el arcón se encuentra en régimen estacionario ya que se observan ciclos al principio de la gráfica 16, esto dura exactamente una hora que es la que se ha dejado transcurrir antes de abrir la puerta e introducir los bricks de leche (la carga térmica), que corresponde con el primer pico que alcanza unos 14°C cuestión en la que se tarda 2 minutos.

El siguiente pico que se observa es a las 3 horas, que corresponde con la primera tanda de aperturas de puerta, todas estas aperturas pasan los 5 °C, se observan en total 24 picos que sobrepasan la temperatura antes mencionada.

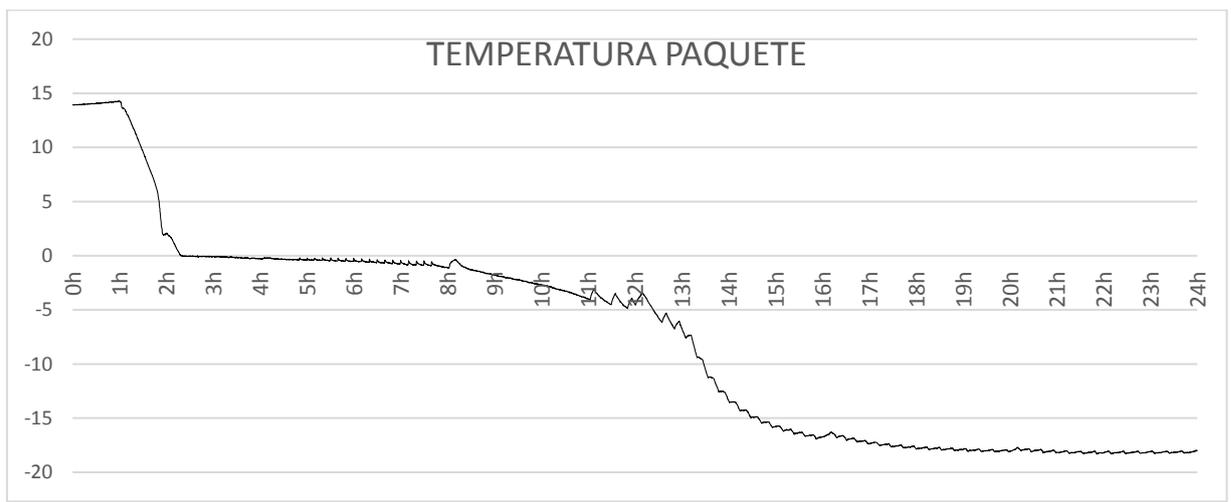
A las 4 horas se observa el primer desescarche programado y después de éste el resto de aperturas de puerta 18 picos se observan.

Después de 11 horas y 2 minutos de ensayo el arcón vuelve a régimen estacionario, y hacia el final de la gráfica 10 vuelve a estar como al principio prácticamente.



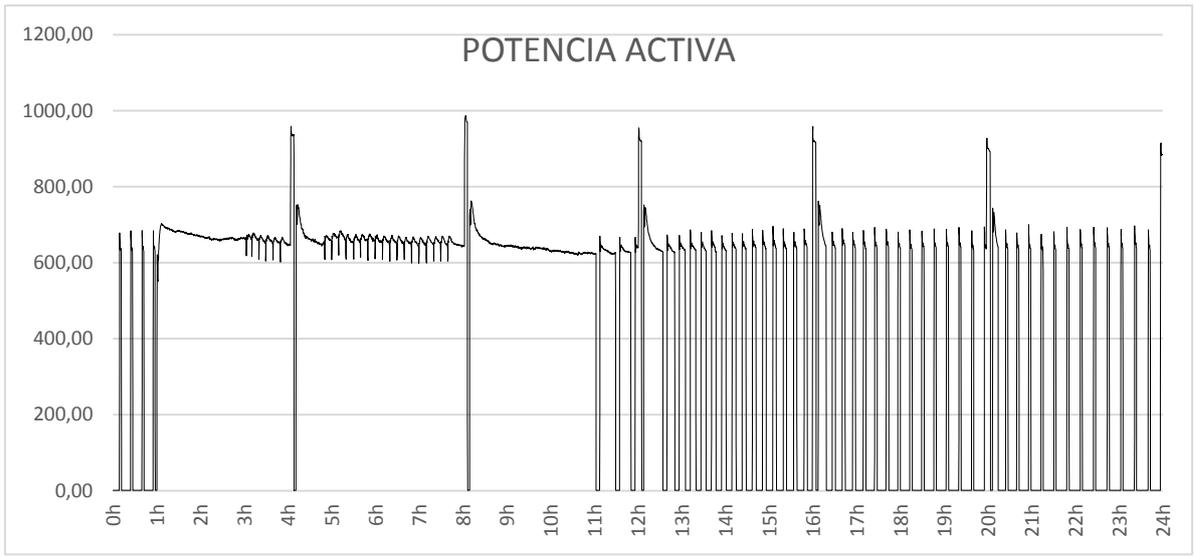
Gráfica 17. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 17 se demuestra una vez más que el arcón vuelve a régimen estacionario hacia el final de la gráfica. También se observan que cada desescarche corresponde con un pico de la gráfica, en total hay 6 picos, es decir, que ha habido 6 desescarches. El primer pico más pequeño corresponde con la introducción de la carga.



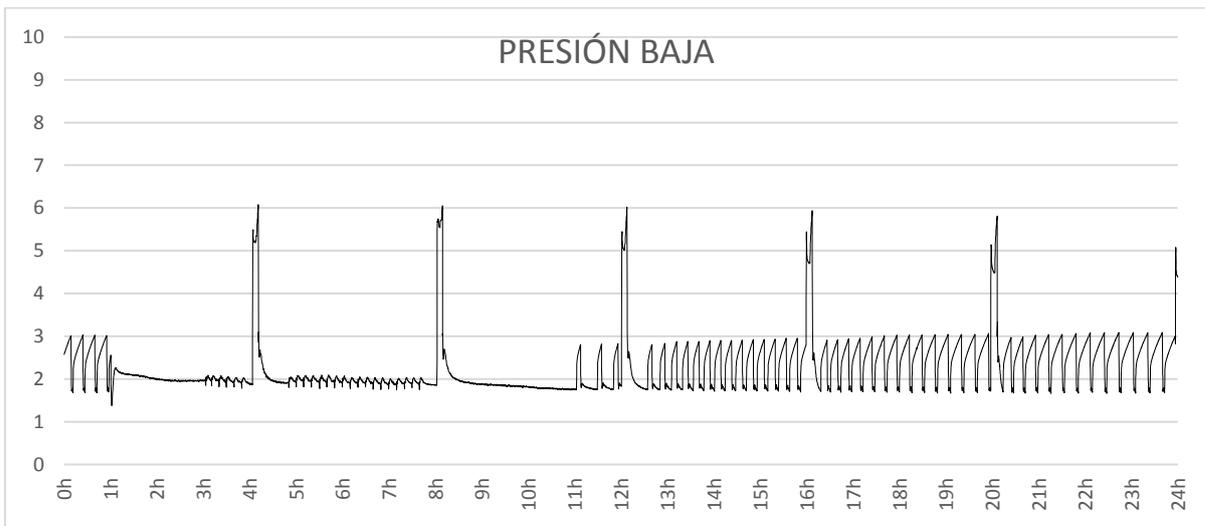
Gráfica 18. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 18 se puede afirmar que los paquetes (los bricks de leche) alcanzan la temperatura deseada de conservación, la cual en el caso del arcón es de -18°C.



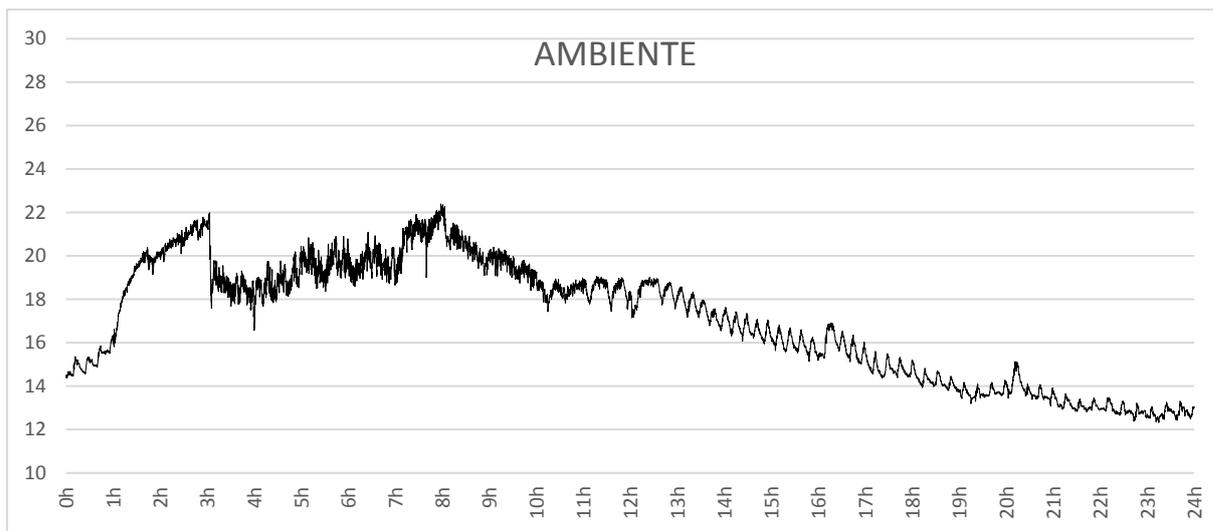
Gráfica 19. Potencia Activa eje "Y" [W] eje "X" [Horas]

En la gráfica 19 se puede observar que para cada desescarche hay un pico de potencia que suele rondar los 950 vatios, cuando trabaja normalmente el arcón ensayado suele consumir una potencia activa que ronda los 640 vatios. Se vuelve a observar el régimen estacionario hacia el final de la gráfica.



Gráfica 20. Presión Baja eje "Y" [Bar] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 20 se puede demostrar que no hay acumulación de escarcha en la superficie del evaporador, ya que esta no tiene una tendencia decreciente como ocurría en la gráfica 2 cuando si se acumulaba. Además, la gráfica 17 nos dice lo mismo ya que a diferencia de la gráfica 3 no va descendiendo la temperatura del evaporador cada vez más y más.



Gráfica 21. Temperatura Ambiente eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

En la gráfica 21 se muestra la temperatura ambiente dentro del barracón de ensayo se observa que la diferencia de temperatura entre la más alta y la más baja no supera los 10°C. Hay una temperatura media de 17,07 °C

13.4 DESESCARCHE POR GAS CALIENTE CADA 5 HORAS

En cuarto lugar se expondrá el ensayo más representativo con desescarche por gas caliente cada cinco horas, este desescarche para por temperatura, es decir, cuando llega a 10°C el evaporador se detiene el aporte de calor en él.

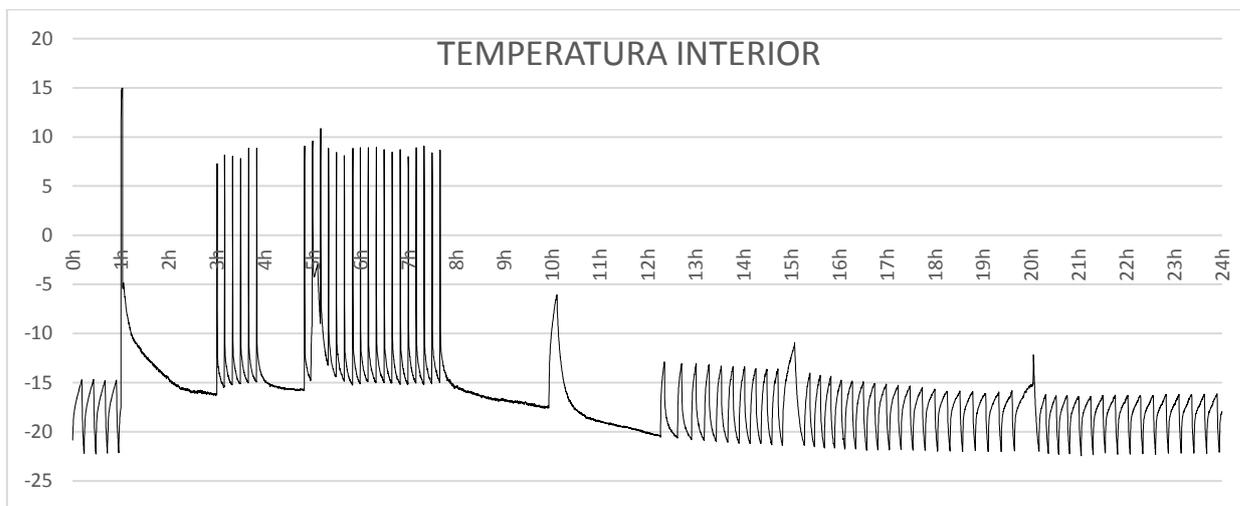
A continuación se van a presentar los resultados obtenidos y se va explicar brevemente las gráficas.

	MEDIA	MEDIANA	MAXIMO	MINIMO
101 <SUCCION> (C)	-8,97	-11,35	13,06	-18,34
102 <DESCARGA> (C)	60,01	69,89	79,68	20,94
103 <ENT_COND> (C)	35,69	41,26	53,84	14,60
104 <SALID_COND> (C)	22,08	23,33	29,08	13,10
105 <SALID_EVAP> (C)	-9,74	-13,03	14,43	-26,25
106 <SALID_DESAGUE> (C)	48,05	54,60	71,76	16,39
107 <GAS_DESESC> (C)	21,83	23,10	28,87	13,72
108 <ENT_DESAGUE> (C)	57,49	66,56	76,50	18,69
109 <ENT_EVAP> (C)	14,79	14,44	59,99	9,66
110 <PAQUETE> (C)	-6,42	-4,66	16,04	-18,36
111 <INTERIOR> (C)	-16,26	-16,53	14,98	-22,44
112 <EVAPORADOR> (C)	-23,89	-24,76	6,09	-29,75
113 <AMBIENTE> (C)	17,71	18,26	22,07	13,41
121 <P_ALTA> (Bar)	11,89	12,45	14,48	8,93
122 <P_BAJA> (Bar)	2,26	2,02	6,19	1,37
POTENCIA ACTIVA (W)	417,95	635,60	987,60	0,867

Tabla 13.4. Datos Obtenidos

Las presiones que se muestran en la tabla son presiones relativas.

Con las siguientes gráficas que se presentarán se explicará el ensayo con más detalle. Se expondrán las gráficas que más datos nos aportan para nuestro propósito.

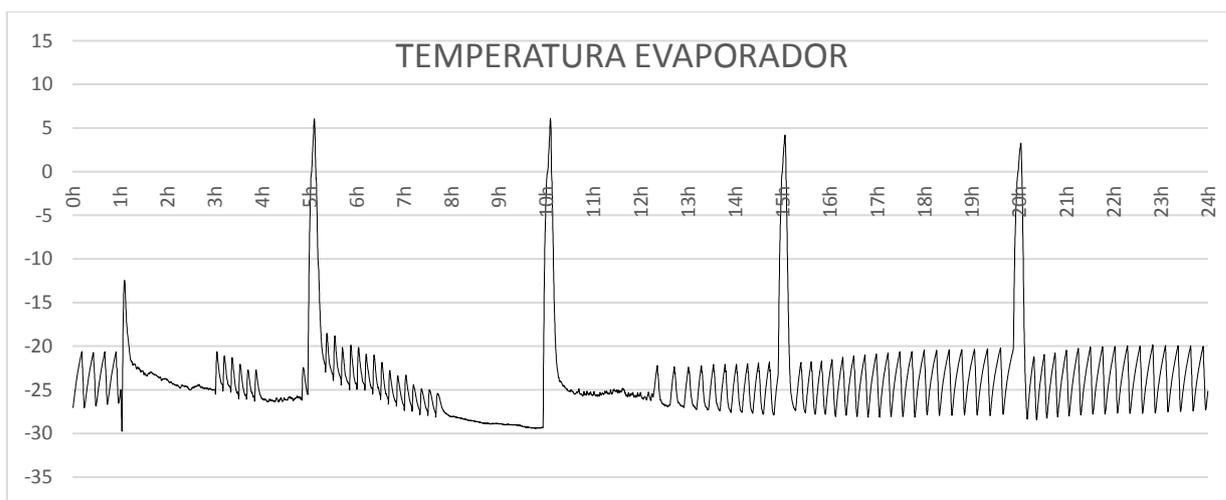


Gráfica 22. Temperatura Interior del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Al comenzar el ensayo se observa que el arcón se encuentra en régimen estacionario ya que se observan ciclos al principio de la gráfica 22, esto dura exactamente una hora que es la que se ha dejado transcurrir antes de abrir la puerta e introducir los bricks de leche (la carga térmica), que corresponde con el primer pico que alcanza unos 15°C cuestión en la que se tarda 2 minutos.

Los siguientes picos que se observan se tratan de la primera tanda de aperturas de puerta, el primer desescarche se observa a las 5 horas coincidiendo con la vuelta de comer y con la siguiente tanda de aperturas de puerta, todas estas aperturas superan los 5°C.

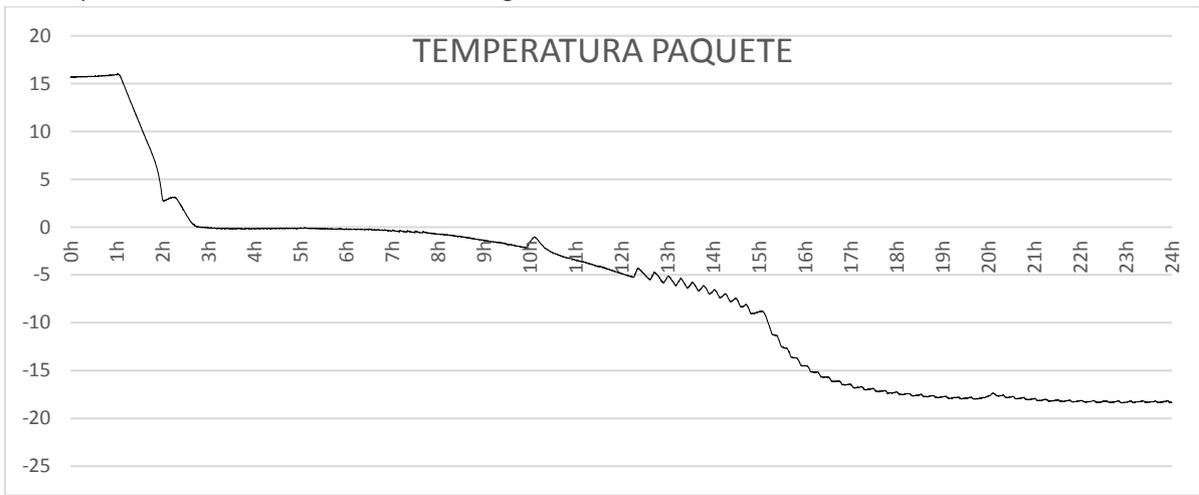
Después de 12 horas y 16 minutos de ensayo el arcón vuelve a régimen estacionario, y hacia el final de la gráfica 10 vuelve a estar como al principio prácticamente.



Gráfica 23. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

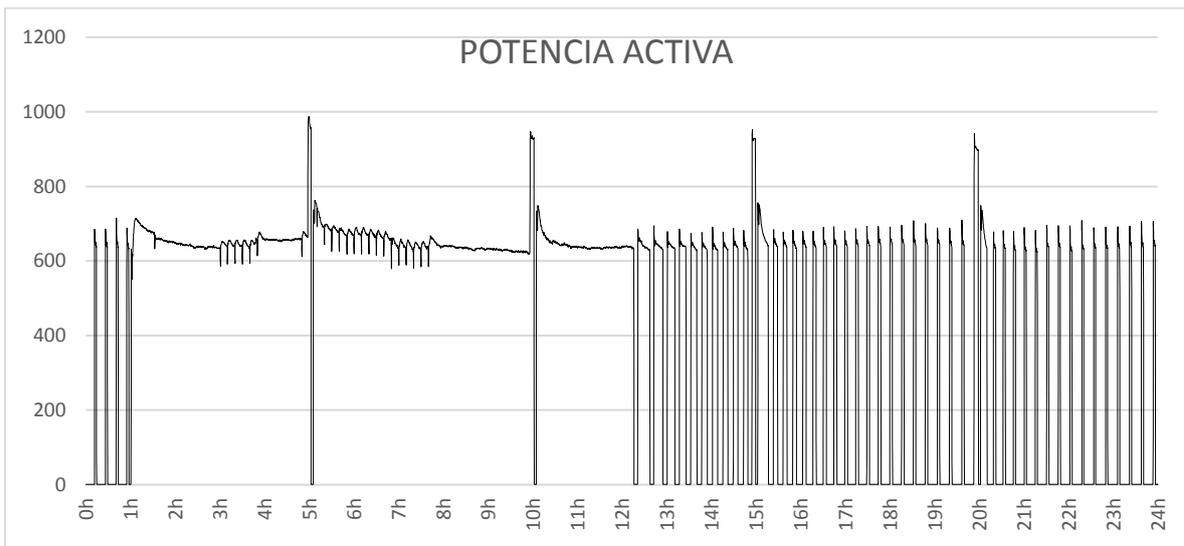
Con la gráfica 23 se demuestra una vez más que el arcón vuelve a régimen estacionario hacia el final de la gráfica. También se observan que cada desescarche corresponde con un pico de la

gráfica, en total hay 4 picos, es decir, que ha habido 4 desescarches. El primer pico más pequeño corresponde con la introducción de la carga.



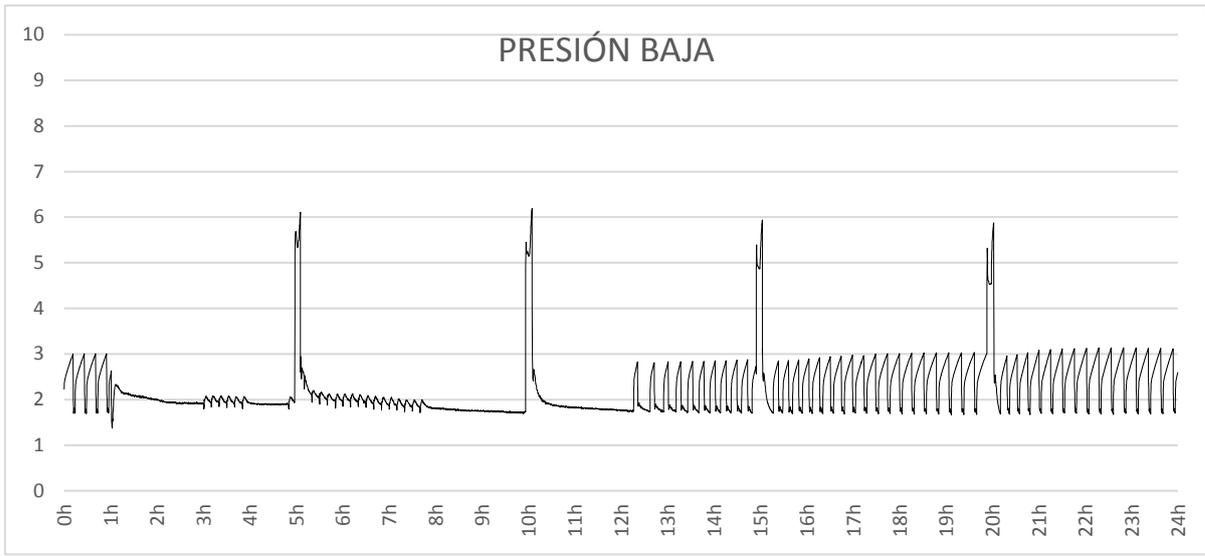
Gráfica 24. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 24 se puede afirmar que los paquetes (los bricks de leche) alcanzan la temperatura deseada de conservación, la cual en el caso del arcón es de -18°C.



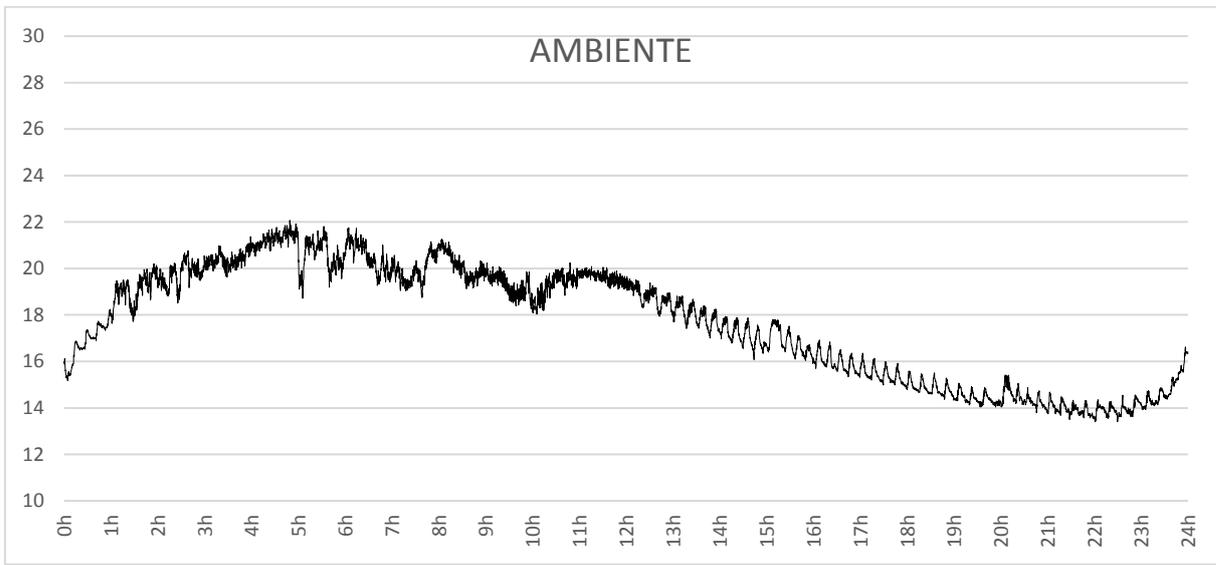
Gráfica 25. Potencia Activa eje "Y" [W] eje "X" [Horas]

En la gráfica 25 se puede observar que para cada desescarche hay un pico de potencia que suele rondar los 950 vatios, cuando trabaja normalmente el arcón ensayado suele consumir una potencia activa que ronda los 640 vatios. Se vuelve a observar el régimen estacionario hacia el final de la gráfica.



Gráfica 26. Presión Baja eje "Y" [Bar] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 25 se puede demostrar que no hay acumulación de escarcha en la superficie del evaporador, ya que esta no tiene una tendencia decreciente como ocurría en la gráfica 2 cuando si se acumulaba. Además la gráfica 23 nos dice lo mismo ya que a diferencia de la gráfica 3 no va descendiendo la temperatura del evaporador cada vez más y más.



Gráfica 27. Temperatura Ambiente eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

En la gráfica 27 se muestra la temperatura ambiente dentro del barracón de ensayo se observa que la diferencia de temperatura entre la más alta y la más baja no supera los 9°C. Hay una temperatura media de 17,71 °C.

13.5 DESESCARCHE POR REISTENCIA ELÉCTRICA CADA 2 HORAS

En quinto lugar se expondrá el ensayo más representativo con desescarche por resistencia eléctrica cada dos horas, este desescarche para por tiempo, es decir, cuando llega a los 30 minutos la resistencia se apaga y cesa el aporte de calor al evaporador.

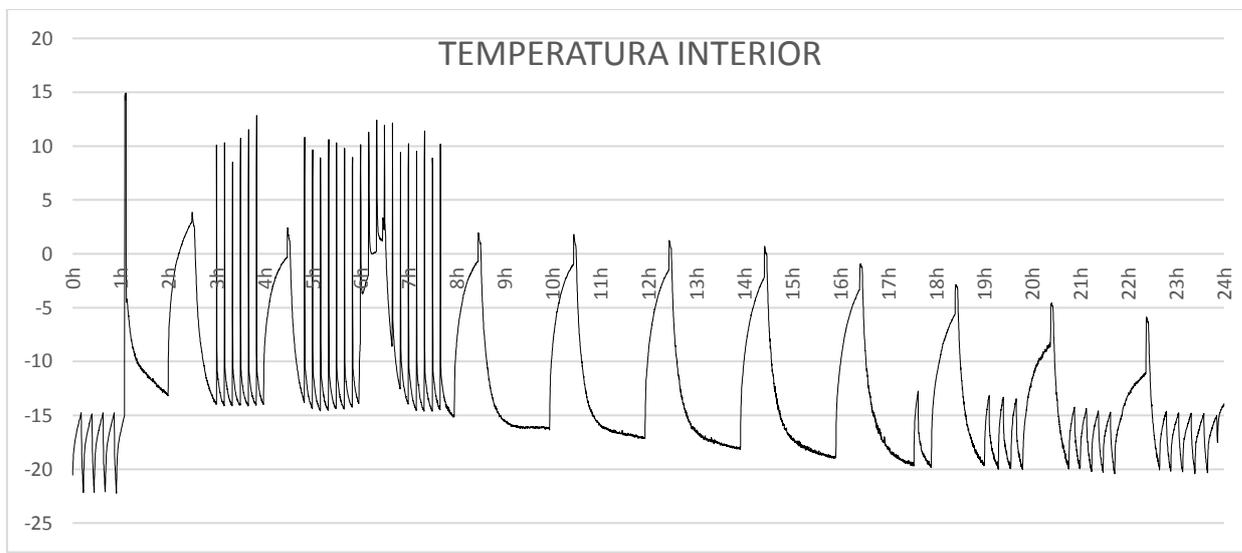
A continuación se presentarán los resultados obtenidos y se va explicar, brevemente, las gráficas.

	MEDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
101 <SUCCION> (C)	-8,55	-10,08	6,17	-26,12
102 <DESCARGA> (C)	58,92	71,02	80,64	18,70
103 <ENT_COND> (C)	37,85	45,71	54,79	3,67
104 <SALID_COND> (C)	22,90	23,38	30,96	10,99
105 <SALID_EVAP> (C)	-7,72	-11,56	16,25	-36,09
106 <SALID_DESAGUE> (C)	49,86	60,81	70,38	13,90
107 <GAS_DESESC> (C)	22,66	23,14	31,53	12,55
108 <ENT_DESAGUE> (C)	55,95	67,69	77,62	14,65
109 <ENT_EVAP> (C)	14,79	14,36	20,47	-3,80
110 <PAQUETE> (C)	-1,67	-0,24	15,95	-15,70
111 <INTERIOR> (C)	-12,30	-13,97	14,94	-22,23
112 <EVAPORADOR> (C)	-19,51	-23,63	-0,06	-31,00
113 <AMBIENTE> (C)	19,22	19,45	23,90	14,76
121 <P_ALTA> (Bar)	10,91	12,35	15,70	-6,42
122 <P_BAJA> (Bar)	2,93	2,13	6,28	-1,74
POTENCIA ACTIVA (W)	432,97	634,80	932,80	0,92

Tabla 13.5. Datos Obtenidos

Las presiones que se muestran en la tabla son presiones relativas.

Con las siguientes gráficas que se van a presentar se explicará el ensayo con más detalle. Se expondrán las gráficas que más datos nos aportan para nuestro propósito.

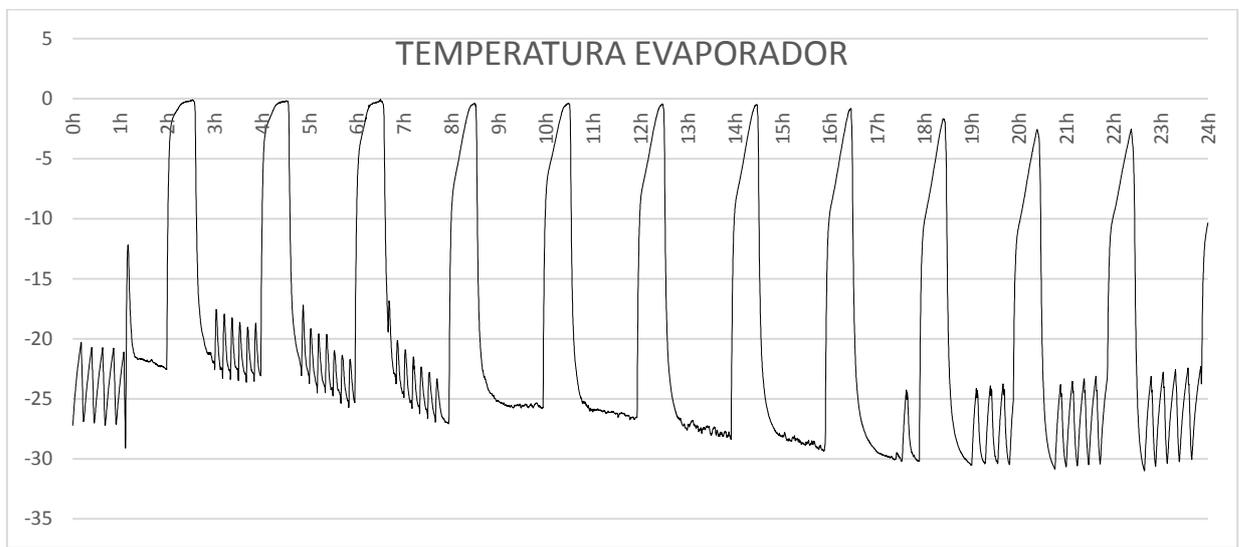


Gráfica 28. Temperatura Interior del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Al comenzar el ensayo se observa que el arcón se encuentra en régimen estacionario ya que se observan ciclos al principio de la gráfica 28, esto dura exactamente una hora que es la que se ha dejado transcurrir antes de abrir la puerta e introducir los bricks de leche (la carga térmica), que corresponde con el primer pico que alcanza unos 15°C cuestión en la que se tarda 2 minutos.

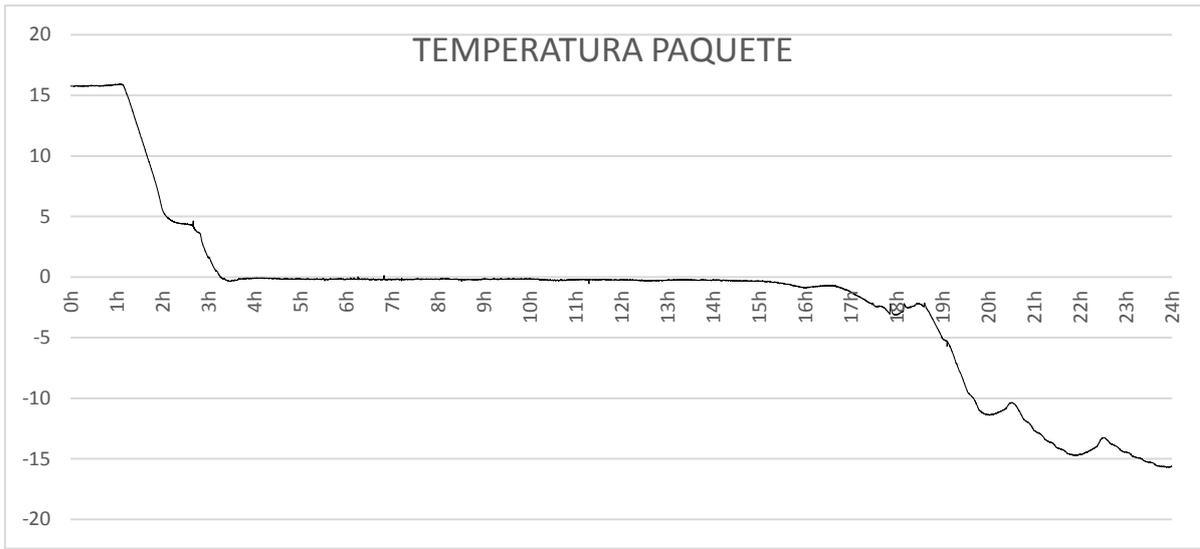
El siguiente pico que se observa en la gráfica 28 a las 2 horas se trata del primer desescarche programado el cual dura 30 minutos, los siguientes picos corresponden con la primera tanda de aperturas de puerta. Después de esta tanda se vuelve a ver un desescarche a las 4 horas, después de este desescarche se observan el resto de aperturas de puerta que siempre superan los 5°C. Se observa también que el tercer desescarche coincide con la última tanda de aperturas de puerta.

Después de 17 horas y 32 minutos de ensayo el arcón vuelve a régimen estacionario, y hacia el final de la gráfica 28 vuelve a estar como al principio prácticamente.



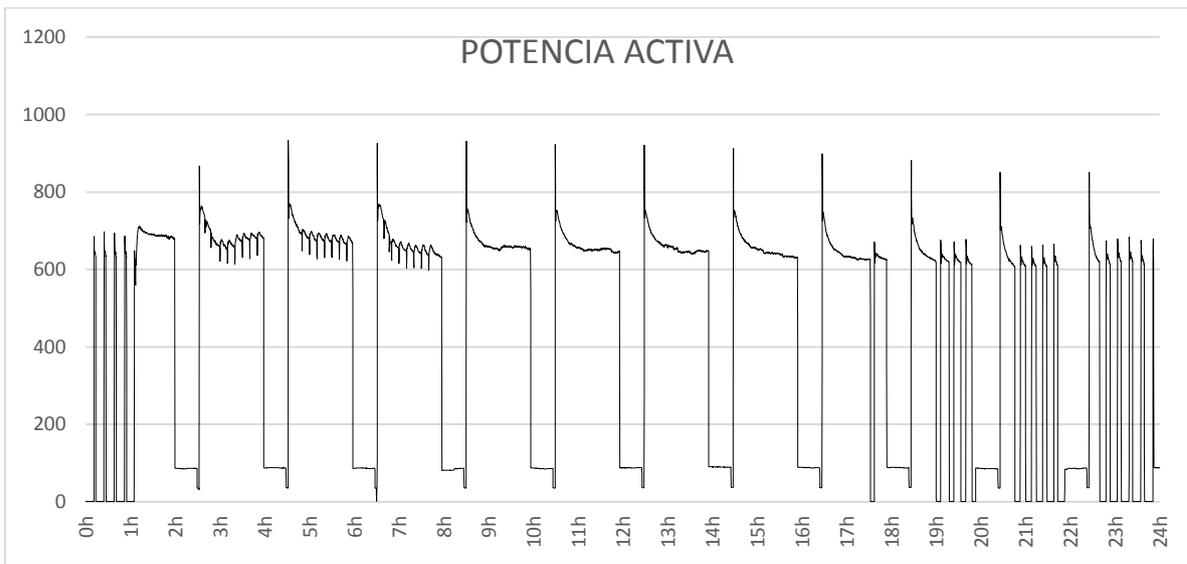
Gráfica 29. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 29 se demuestra una vez más que el arcón vuelve a régimen estacionario hacia el final de la gráfica. También se observan que cada desescarche corresponde con un pico de la gráfica, en total hay 12 picos, es decir, que ha habido 12 desescarches. El primer pico más pequeño corresponde con la introducción de la carga.



Gráfica 30. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

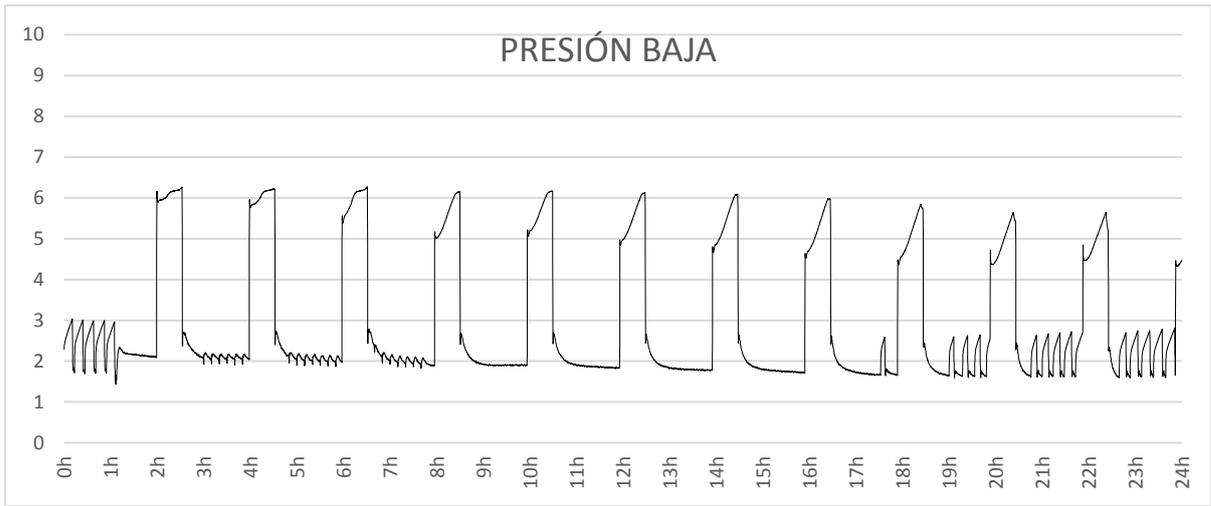
Con la gráfica 30 no se puede afirmar como en los ensayos con desescarche por gas caliente que los paquetes (los bricks de leche) alcanzan la temperatura deseada de conservación (-18°C) ya que no se observa al final del ensayo pero se puede suponer que lo hará a lo largo del día siguiente ya que se observa una tendencia decreciente.



Gráfica 31. Potencia Activa eje "Y" [W] eje "X" [Horas]

En la gráfica 31 se puede observar que para cada desescarche hay un escalón en descenso, y un consumo de 86 W durante 30 minutos que corresponde con la potencia de nuestra resistencia, después de este descenso se observa nuevamente uno pero más pequeño con un consumo de 36 W que corresponde con el ventilador del evaporador, se trata del tiempo de drenaje, éste dura 3 minutos. En total se contabilizan 12 escalones que corresponden con los 12 desescarches.

Cuando el arcón trabaja normalmente el arcón ensayado suele consumir una potencia activa que ronda los 640 vatios. Se vuelve a observar el régimen estacionario hacia el final de la gráfica.



Gráfica 32. Presión Baja eje "Y" [Bar] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 32 se puede demostrar que no hay acumulación de escarcha en la superficie del evaporador, ya que esta no tiene una tendencia decreciente como ocurría en la gráfica 2 cuando sí se acumulaba. Además, la gráfica 29 nos dice lo mismo ya que a diferencia de la gráfica 3 no va descendiendo la temperatura del evaporador cada vez más y más.



Gráfica 33. Temperatura Ambiente eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

En la gráfica 33 se muestra la temperatura ambiente dentro del barracón de ensayo se observa que la diferencia de temperatura entre la más alta y la más baja no supera los 9°C. Hay una temperatura media de 19,22 °C.

13.6 DESESCARCHE POR RESISTENCIA ELÉCTRICA CADA 3 HORAS

En sexto lugar se expondrá el ensayo más representativo con desescarche por resistencia eléctrica cada tres horas, este desescarche para por tiempo, es decir, cuando llega a los 30 minutos la resistencia se apaga y cesa el aporte de calor al evaporador.

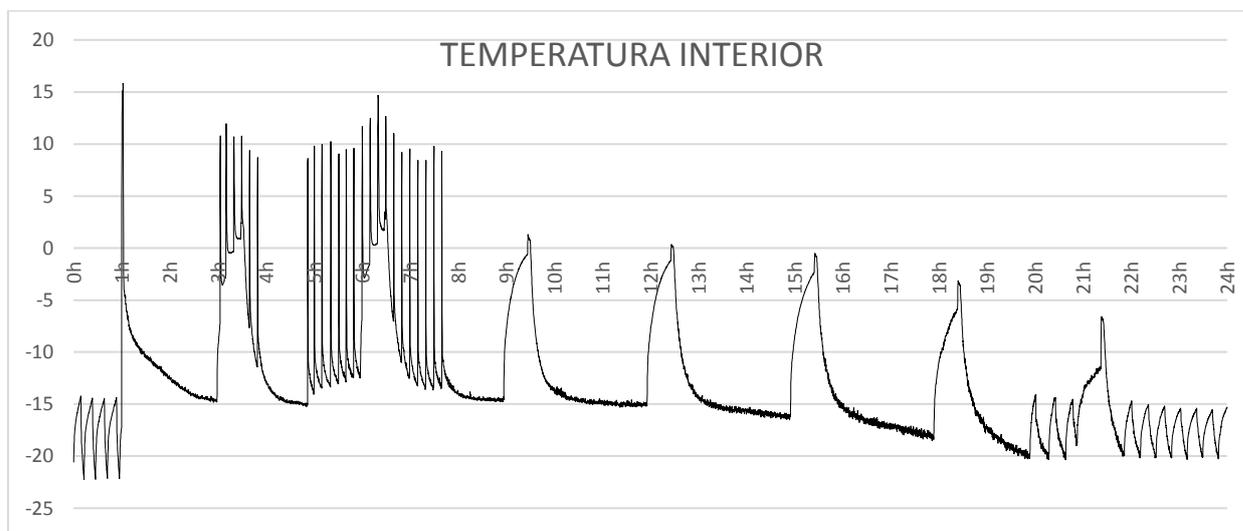
A continuación se presentarán los resultados obtenidos y explicará, brevemente, las gráficas.

	MEDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
101 <SUCCION> (C)	-12,19	-14,59	8,81	-28,33
102 <DESCARGA> (C)	65,33	75,35	79,08	23,91
103 <ENT_COND> (C)	41,35	48,07	53,79	7,19
104 <SALID_COND> (C)	23,92	25,45	29,53	13,42
105 <SALID_EVAP> (C)	-12,86	-16,54	12,02	-29,38
106 <SALID_DESAGUE> (C)	55,56	64,67	68,83	18,16
107 <GAS_DESESC> (C)	23,64	25,21	29,63	15,30
108 <ENT_DESAGUE> (C)	61,92	71,76	75,28	18,57
109 <ENT_EVAP> (C)	15,41	15,57	19,07	-2,66
110 <PAQUETE> (C)	-3,36	-1,08	15,06	-17,74
111 <INTERIOR> (C)	-12,87	-14,55	15,83	-22,25
112 <EVAPORADOR> (C)	-25,06	-28,24	-0,26	-33,23
113 <AMBIENTE> (C)	20,14	20,24	22,34	16,56
121 <P_ALTA> (Bar)	11,52	13,01	15,34	3,32
122 <P_BAJA> (Bar)	2,34	1,84	6,16	1,39
POTENCIA ACTIVA (W)	486,89	630,60	921,20	0,93

Tabla 13.6. Datos Obtenidos

Las presiones que se muestran en la tabla son presiones relativas.

Con las siguientes gráficas que se presentarán, se explicará el ensayo con más detalle. Se expondrán las gráficas que más datos nos aportan para nuestro propósito.

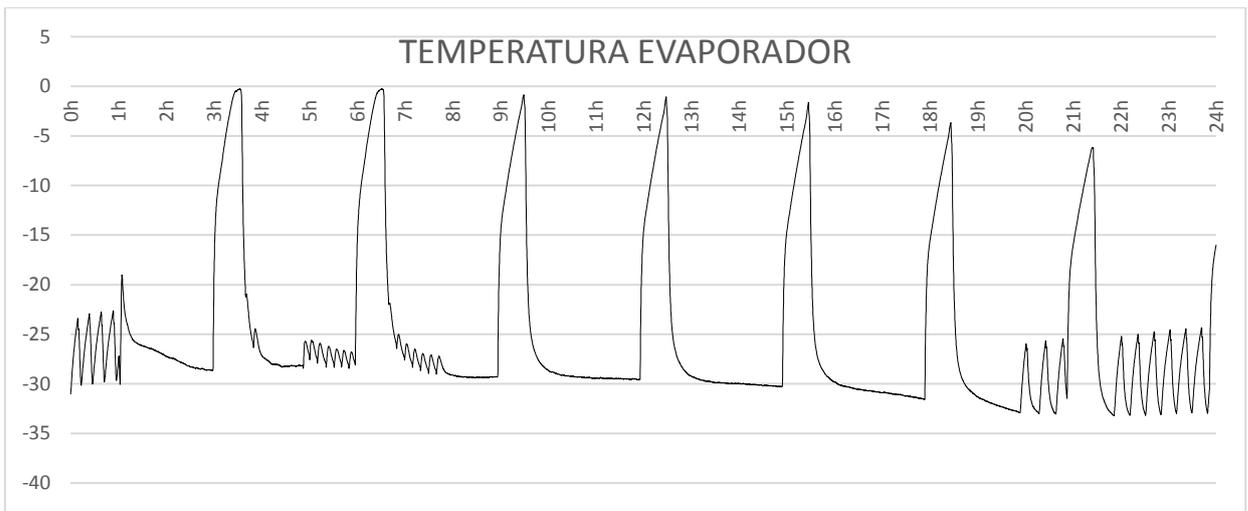


Gráfica 34. Temperatura Interior del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Al comenzar el ensayo se observa que el arcón se encuentra en régimen estacionario ya que se observan ciclos al principio de la gráfica 28, esto dura exactamente una hora que es la que se ha dejado transcurrir antes de abrir la puerta e introducir los bricks de leche (la carga térmica), que corresponde con el primer pico que alcanza unos 15°C cuestión en la que se tarda 2 minutos.

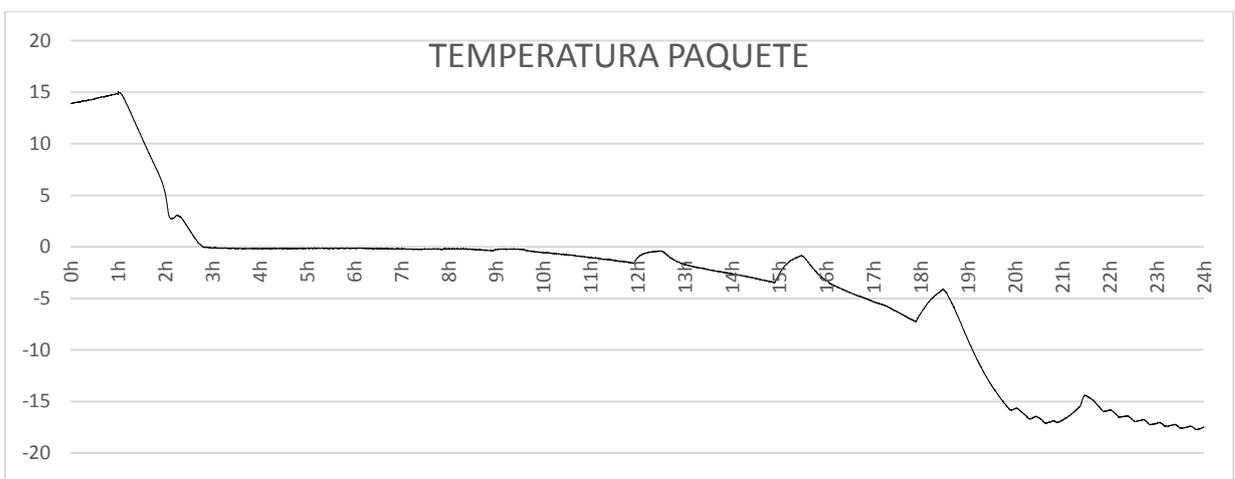
El siguiente pico que se ve a las 3 horas, coinciden con la primera tanda de aperturas de puerta, se trata del primer desescarche programado. Los picos que se observan en la gráfica 34 que sobrepasan todos los 5°C son las aperturas de la puerta.

Después de 19 horas y 54 minutos de ensayo el arcón vuelve a régimen estacionario, y hacia el final de la gráfica 28 vuelve a estar como al principio prácticamente.



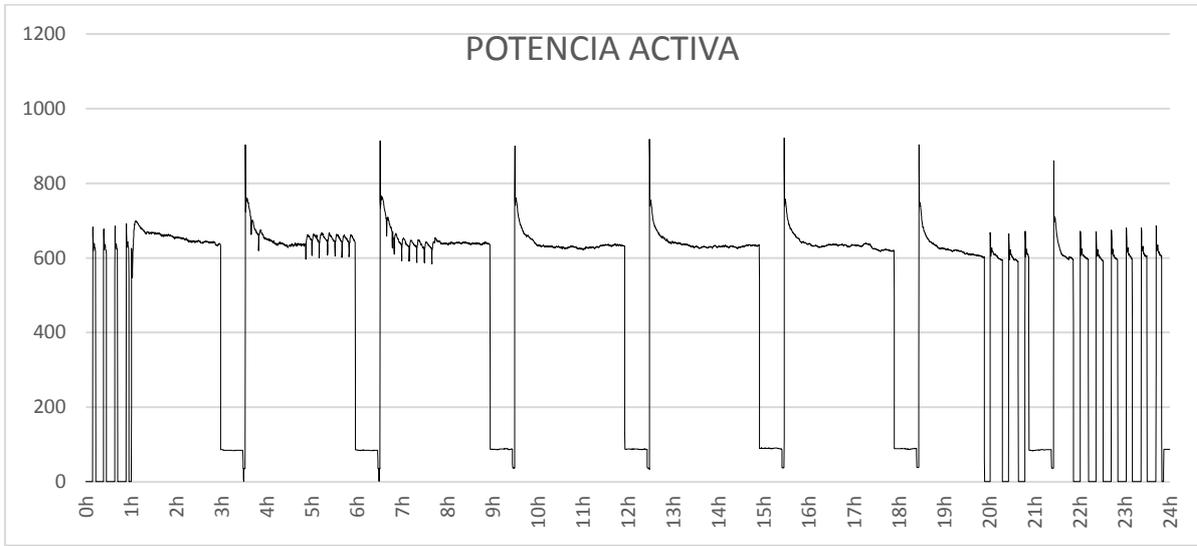
Gráfica 35. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 35 se demuestra una vez más que el arcón vuelve a régimen estacionario hacia el final de la gráfica. También se observan que cada desescarche corresponde con un pico de la gráfica, en total hay 8 picos, es decir, que ha habido 8 desescarches. El primer pico más pequeño corresponde con la introducción de la carga.



Gráfica 36. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

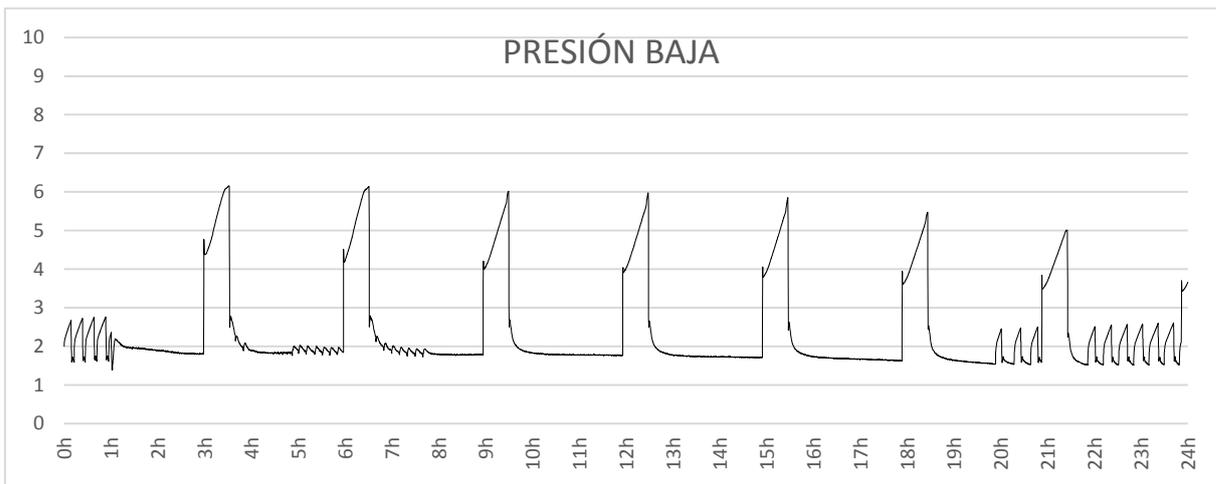
Con la gráfica 36 se puede afirmar como en los ensayos con desescarche por gas caliente que los paquetes (los bricks de leche) alcanzan la temperatura deseada de conservación (-18°C) al final del ensayo.



Gráfica 37. Potencia Activa eje "Y" [W] eje "X" [Horas]

En la gráfica 37 se puede observar que para cada desescarche hay un escalón en descenso, y un consumo de 86 W durante 30 minutos que corresponde con la potencia de nuestra resistencia, después de este descenso se observa nuevamente uno pero más pequeño con un consumo de 36 W que corresponde con el ventilador del evaporador, se trata del tiempo de drenaje, este dura 3 minutos. En total se contabilizan 8 escalones que corresponden con los 8 desescarches.

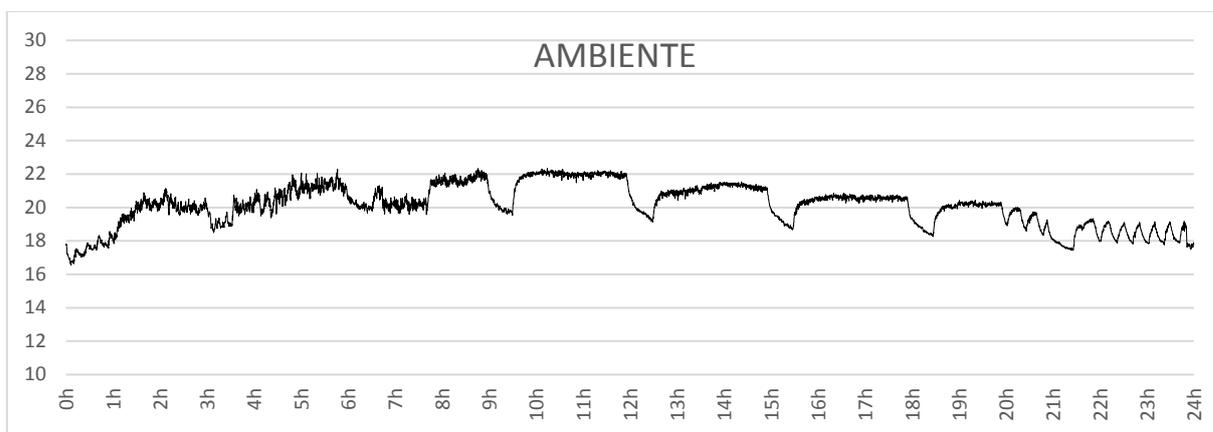
Cuando el arcón trabaja normalmente el arcón ensayado suele consumir una potencia activa que ronda los 640 vatios. Se vuelve a observar el régimen estacionario hacia el final de la gráfica.



Gráfica 38. Presión Baja eje "Y" [Bar] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 38 se puede demostrar que no hay acumulación de escarcha en la superficie del evaporador, ya que ésta no tiene una tendencia decreciente como ocurría en la gráfica 2 cuando

sí se acumulaba. Además, la gráfica 35 nos dice lo mismo ya que a diferencia de la gráfica 3 no va descendiendo la temperatura del evaporador cada vez más y más.



Gráfica 39. Temperatura Ambiente eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

En la gráfica 39 se muestra la temperatura ambiente dentro del barracón de ensayo se observa que la diferencia de temperatura entre la más alta y la más baja no supera los 6°C. Hay una temperatura media de 20,14 °C.

13.7 DESESCARCHE POR RESISTENCIA ELÉCTRICA CADA 4 HORAS

En séptimo lugar se expondrá el ensayo más representativo con desescarche por resistencia eléctrica cada cuatro horas, este desescarche para por tiempo, es decir, cuando llega a los 30 minutos la resistencia se apaga y cesa el aporte de calor al evaporador.

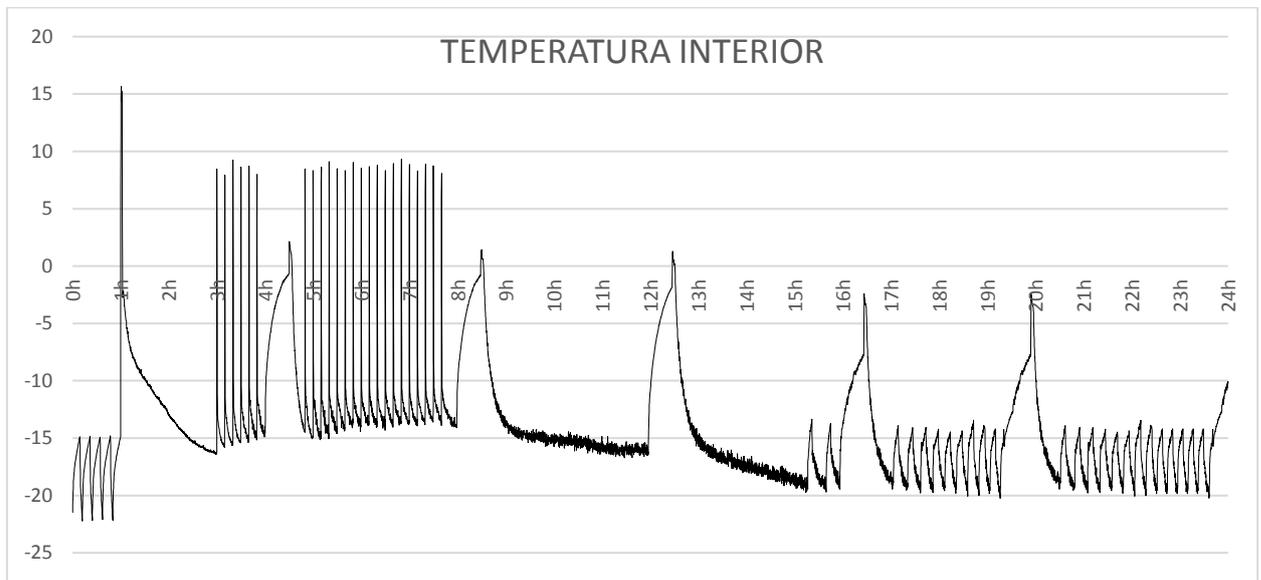
A continuación se presentarán los resultados obtenidos y explicará brevemente las gráficas.

	MEDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
101 <SUCCION> (C)	-10,94	-13,04	9,83	-22,51
102 <DESCARGA> (C)	68,97	76,31	80,19	25,54
103 <ENT_COND> (C)	44,44	50,23	54,21	9,96
104 <SALID_COND> (C)	25,44	26,43	29,41	15,99
105 <SALID_EVAP> (C)	-10,68	-13,97	14,65	-33,89
106 <SALID_DESAGUE> (C)	58,71	65,61	69,04	19,04
107 <GAS_DESESC> (C)	25,21	26,22	29,71	17,48
108 <ENT_DESAGUE> (C)	65,72	72,79	76,24	19,76
109 <ENT_EVAP> (C)	16,53	16,40	19,21	0,19
110 <PAQUETE> (C)	-3,02	-0,62	19,83	-14,79
111 <INTERIOR> (C)	-13,91	-14,99	15,65	-22,23
112 <EVAPORADOR> (C)	-21,51	-24,16	1,51	-29,13
113 <AMBIENTE> (C)	20,82	20,88	22,88	18,01
121 <P_ALTA> (Bar)	12,42	13,41	15,69	3,86
122 <P_BAJA> (Bar)	2,43	1,94	6,29	1,37
POTENCIA ACTIVA (W)	526,54	636,90	928,90	0,73

Tabla 13.7. Datos Obtenidos

Las presiones que se muestran en la tabla son presiones relativas.

Con las siguientes gráficas que se van a presentar se explicará el ensayo con más detalle. Se explicaran las gráficas que más datos nos aportan para nuestro propósito.



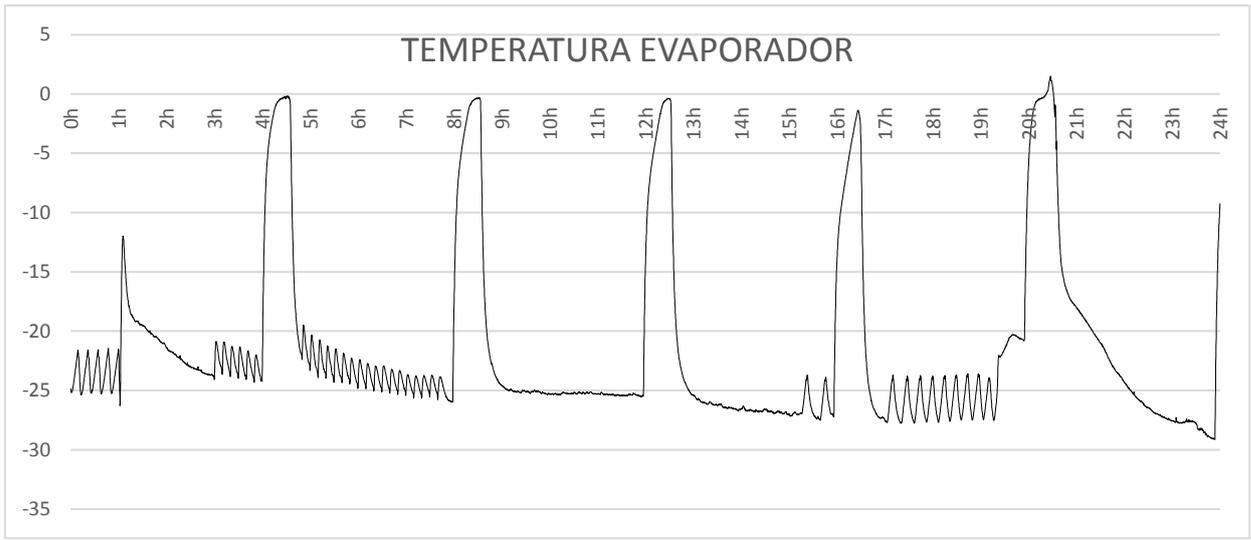
Gráfica 40. Temperatura Interior del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Al comenzar el ensayo se observa que el arcón se encuentra en régimen estacionario ya que se observan ciclos al principio de la gráfica 40, esto dura exactamente una hora que es la que se ha dejado transcurrir antes de abrir la puerta e introducir los bricks de leche (la carga térmica), que corresponde con el primer pico que alcanza unos 15°C cuestión en la que se tarda 2 minutos.

El siguiente pico que se observa es a las 3 horas, que corresponde con la primera tanda de aperturas de puerta, todas estas aperturas pasan los 5 °C, se observan en total 24 picos que sobrepasan la temperatura antes mencionada.

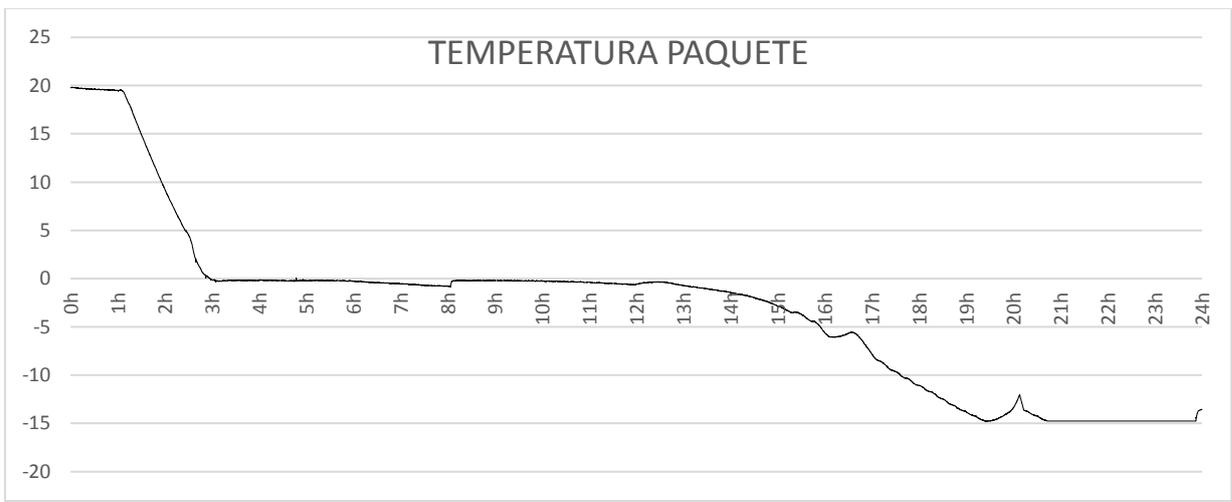
A las 4 horas se observa el primer desescarche programado y después de éste el resto de aperturas de puerta 18 picos se observan.

Después de 15 horas y 16 minutos de ensayo el arcón vuelve a régimen estacionario, y hacia el final de la gráfica 40 vuelve a estar como al principio prácticamente.



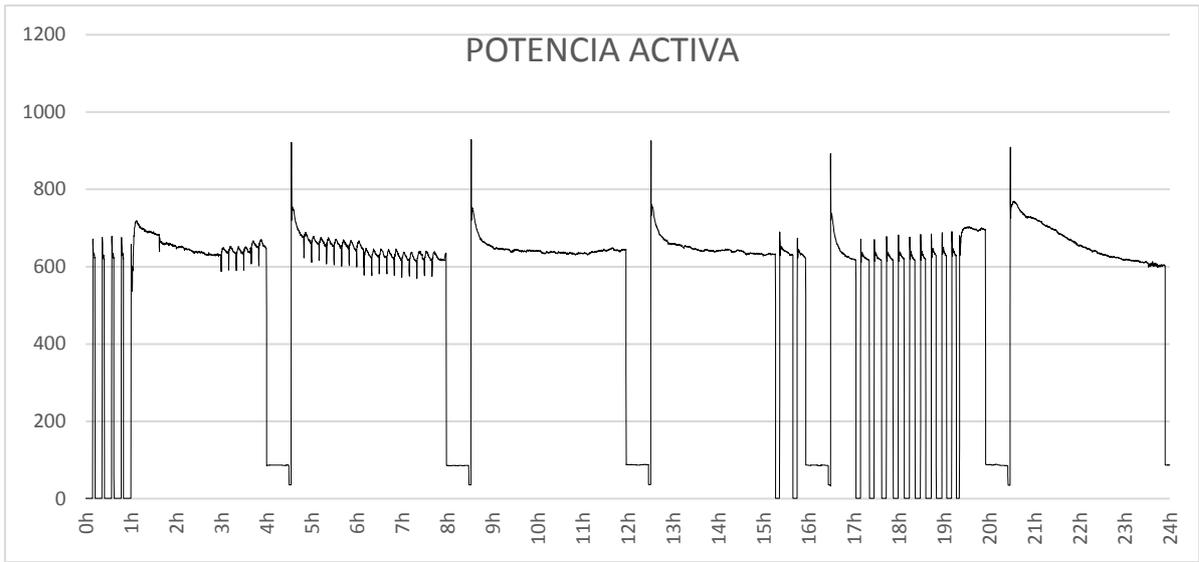
Gráfica 41. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 41 se demuestra una vez más que el arcón vuelve a régimen estacionario hacia el final de la gráfica. También se observan que cada desescarche corresponde con un pico de la gráfica, en total hay 6 picos, es decir, que ha habido 6 desescarches. El primer pico más pequeño corresponde con la introducción de la carga.



Gráfica 42. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

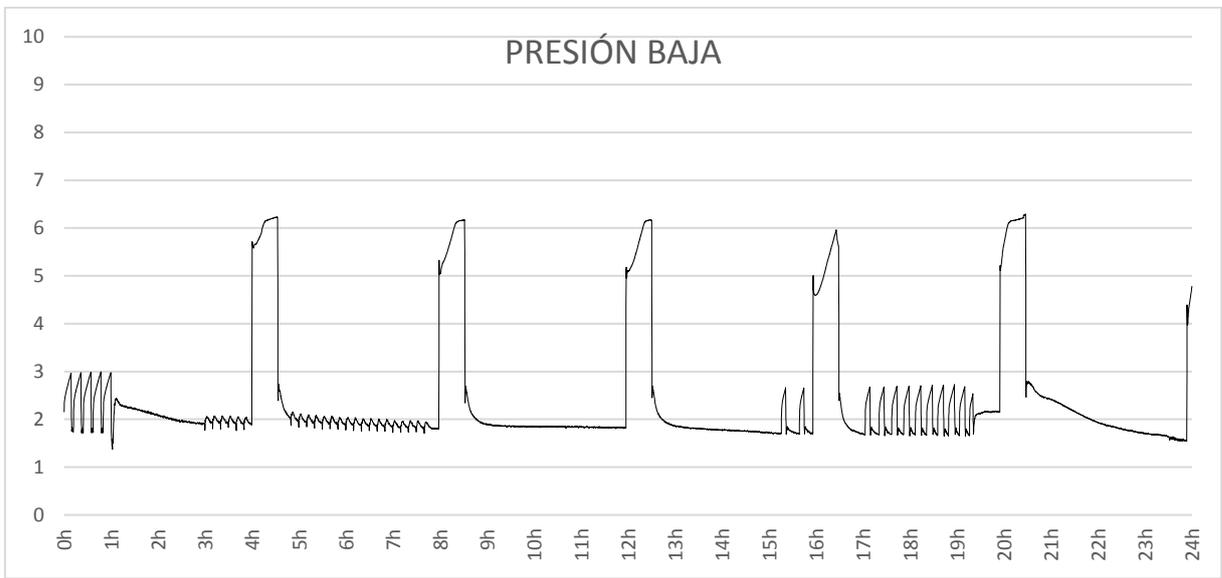
Con la gráfica 42 no se puede afirmar como en los ensayos con desescarche por gas caliente que los paquetes (los bricks de leche) alcanzan la temperatura deseada de conservación (-18°C).



Gráfica 43. Potencia Activa eje "Y" [W] eje "X" [Horas]

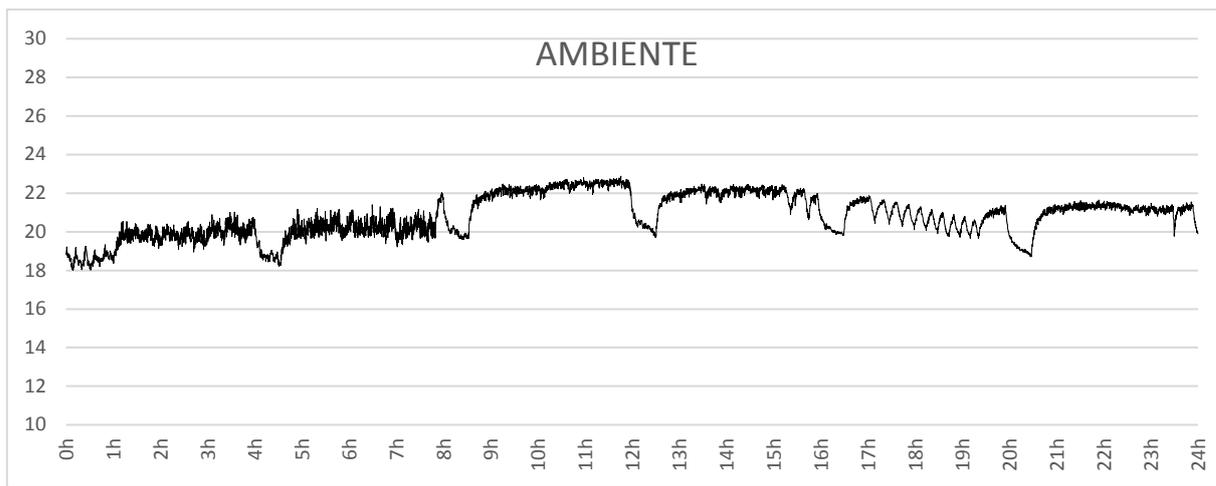
En la gráfica 43 se puede observar que para cada desescarche hay un escalón en descenso, y un consumo de 86 W durante 30 minutos que corresponde con la potencia de nuestra resistencia, después de este descenso se observa nuevamente uno pero más pequeño con un consumo de 36 W que corresponde con el ventilador del evaporador, se trata del tiempo de drenaje, éste dura 3 minutos. En total se contabilizan 6 escalones que corresponden con los 6 desescarches.

Cuando el arcón trabaja normalmente el arcón ensayado suele consumir una potencia activa que ronda los 640 vatios. Se vuelve a observar el régimen estacionario hacia el final de la gráfica.



Gráfica 44. Presión Baja eje "Y" [Bar] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 44 no se puede demostrar que no hay acumulación de escarcha en la superficie del evaporador, ya que ésta tiene una tendencia decreciente como ocurría en la gráfica 2 cuando también se acumulaba. Además, la gráfica 35 nos dice lo mismo ya que al igual que en la gráfica 3 va descendiendo la temperatura del evaporador cada vez más y más.



Gráfica 45. Temperatura Ambiente eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

En la gráfica 45 se muestra la temperatura ambiente dentro del barracón de ensayo se observa que la diferencia de temperatura entre la más alta y la más baja no supera los 5°C. Hay una temperatura media de 20,82 °C.

13.8 DESESCARCHE POR RESISTENCIA ELÉCTRICA CADA 5 HORAS

Y en último lugar se expondrá el ensayo más representativo con desescarche por resistencia eléctrica cada cinco horas, este desescarche para por tiempo, es decir, cuando llega a los 30 minutos la resistencia se apaga y cesa el aporte de calor al evaporador.

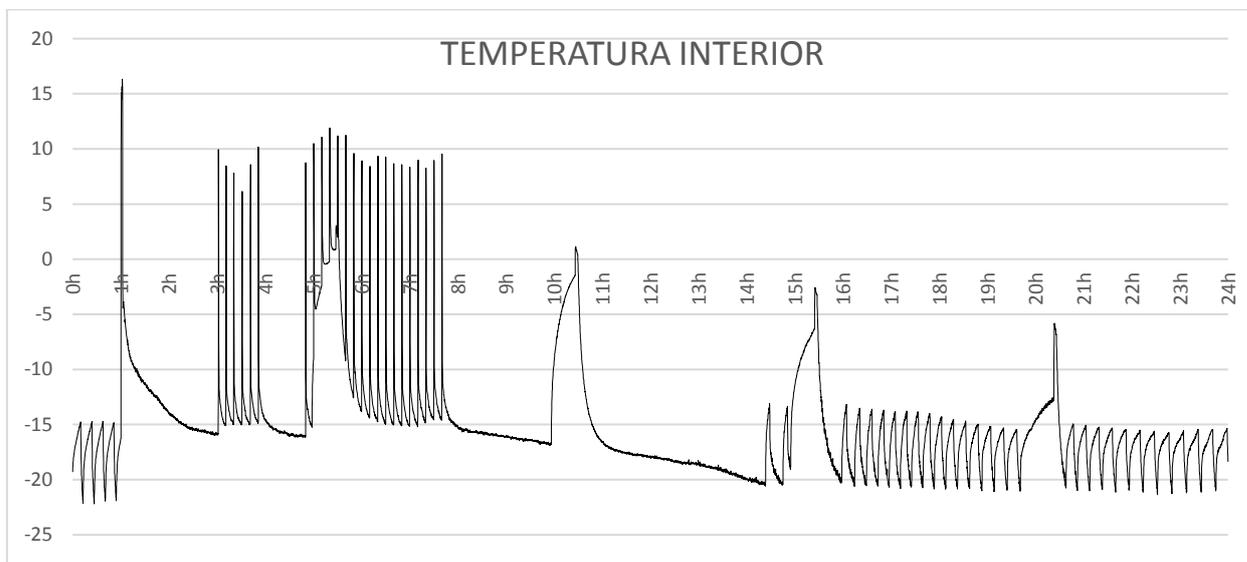
A continuación se presentarán los resultados obtenidos y se explicará, brevemente, las gráficas.

	MEDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
101 <SUCCION> (C)	-9,55	-11,44	3,34	-17,80
102 <DESCARGA> (C)	61,60	73,73	79,44	18,59
103 <ENT_COND> (C)	36,97	45,88	50,90	4,66
104 <SALID_COND> (C)	22,91	24,77	30,58	11,03
105 <SALID_EVAP> (C)	-10,29	-13,72	15,62	-36,76
106 <SALID_DESAGUE> (C)	49,04	59,20	66,50	13,54
107 <GAS_DESESC> (C)	22,64	24,50	30,49	12,90
108 <ENT_DESAGUE> (C)	58,57	70,54	76,12	14,45
109 <ENT_EVAP> (C)	14,79	15,05	19,54	-0,91
110 <PAQUETE> (C)	-3,92	-0,27	16,04	-17,35
111 <INTERIOR> (C)	-15,05	-15,90	16,33	-22,19
112 <EVAPORADOR> (C)	-23,80	-25,30	-0,09	-31,14
113 <AMBIENTE> (C)	18,94	19,96	23,36	14,05
121 <P_ALTA> (ADC)	11,72	12,79	15,50	4,44
122 <P_BAJA> (ADC)	2,36	1,98	6,30	1,38
POTENCIA ACTIVA (W)	431,79	628,70	937,10	0,928

Tabla 13.8. Datos Obtenidos

Las presiones que se muestran en la tabla son presiones relativas.

Con las siguientes gráficas que se van a presentar se explicará el ensayo con más detalle. Se expondrán las gráficas que más datos nos aportan para nuestro propósito.

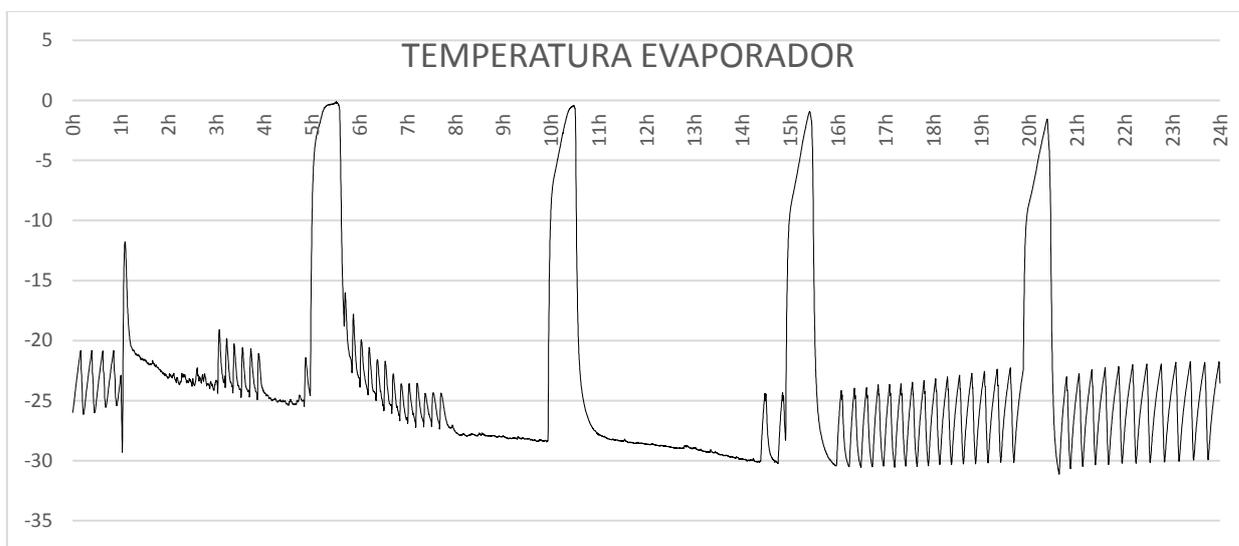


Gráfica 46. Temperatura Interior del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Al comenzar el ensayo se observa que el arcón se encuentra en régimen estacionario ya que se observan ciclos al principio de la gráfica 46, esto dura exactamente una hora que es la que se ha dejado transcurrir antes de abrir la puerta e introducir los bricks de leche (la carga térmica), que corresponde con el primer pico que alcanza unos 15°C cuestión en la que se tarda 2 minutos.

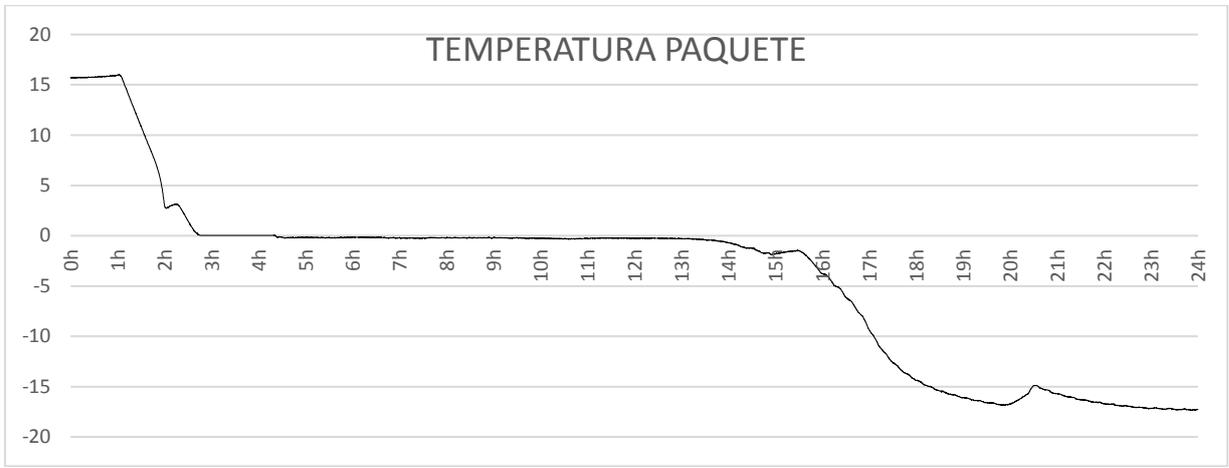
Los siguientes picos que se observan se tratan de la primera tanda de aperturas de puerta, el primer desescarche se observa a las 5 horas coincidiendo con la vuelta de comer y con la siguiente tanda de aperturas de puerta, todas estas aperturas superan los 5°C.

Después de 14 horas y 23 minutos de ensayo el arcón vuelve a régimen estacionario, y hacia el final de la gráfica 10 vuelve a estar como al principio prácticamente.



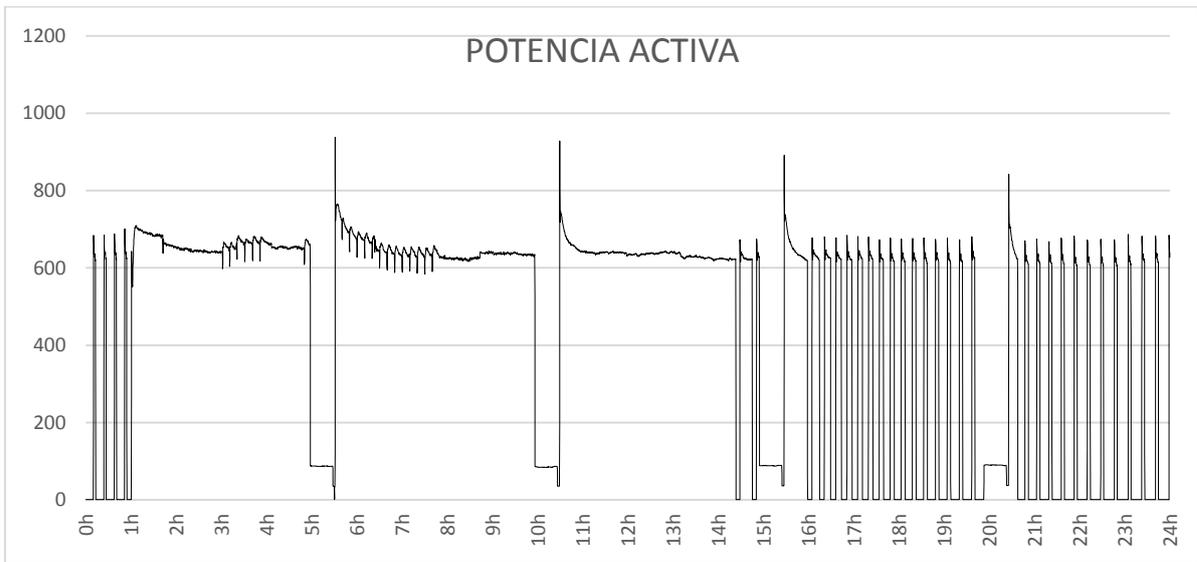
Gráfica 47. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 47 se demuestra una vez más que el arcón vuelve a régimen estacionario hacia el final de la gráfica. También, se observan que cada desescarche corresponde con un pico de la gráfica, en total hay 4 picos, es decir, que ha habido 4 desescarches. El primer pico más pequeño corresponde con la introducción de la carga.



Gráfica 48. Temperatura Evaporador del arcón eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

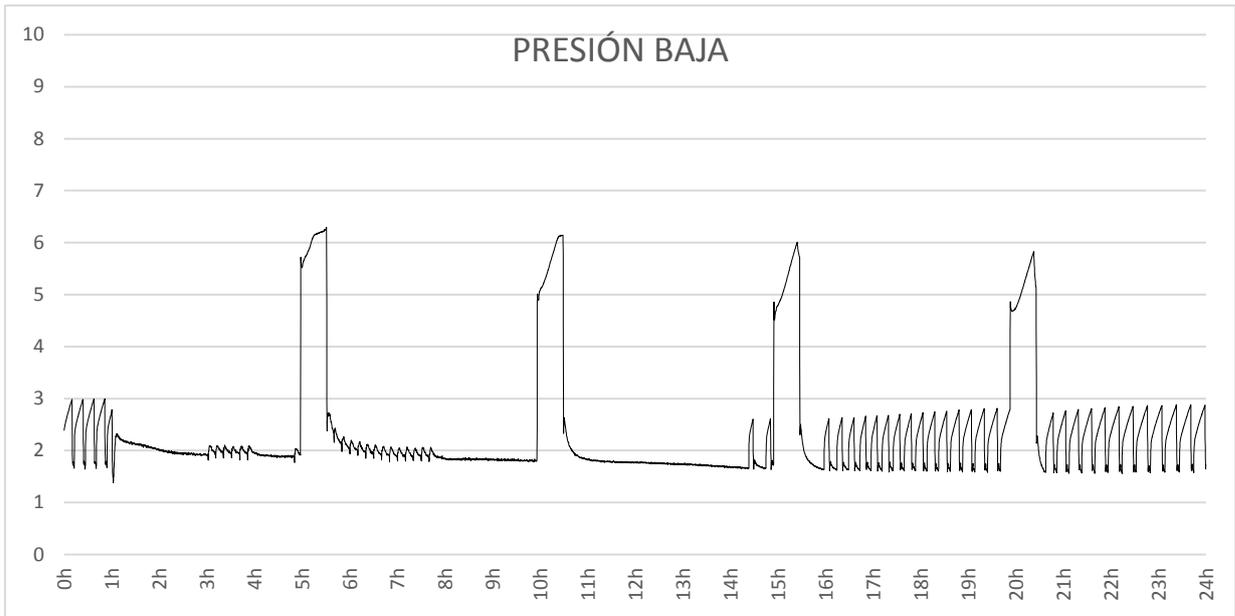
Con la gráfica 48 no se puede afirmar como en los ensayos con desescarche por gas caliente que los paquetes (los bricks de leche) alcanzan la temperatura deseada de conservación (-18°C).



Gráfica 49. Potencia Activa eje "Y" [W] eje "X" [Horas]

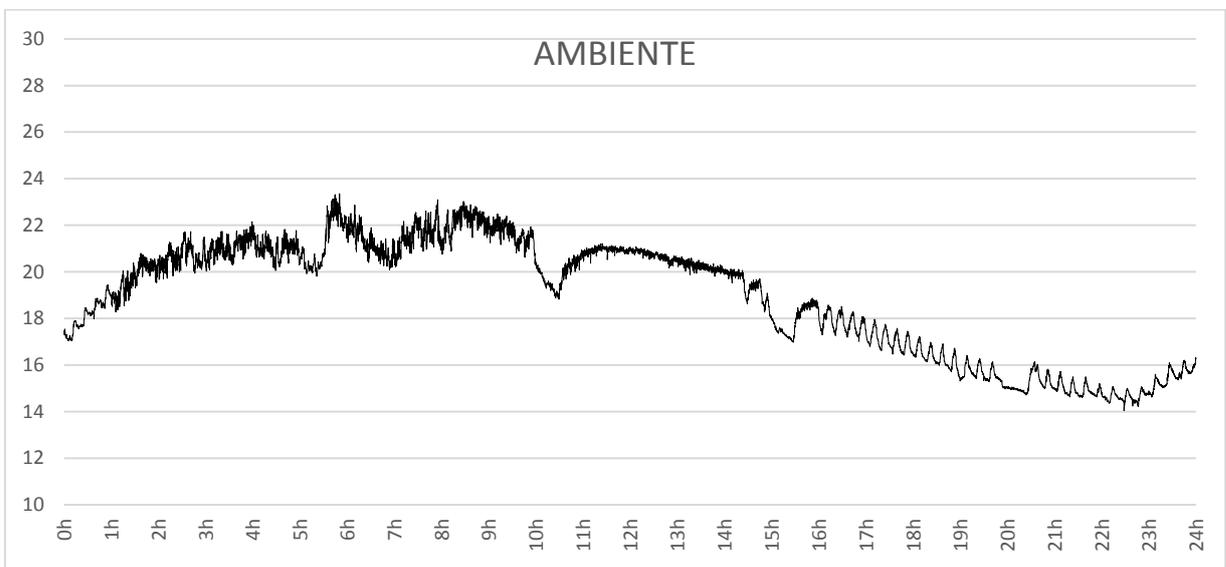
En la gráfica 49 se puede observar que para cada desescarche hay un escalón en descenso, y un consumo de 86 W durante 30 minutos que corresponde con la potencia de nuestra resistencia, después de este descenso se observa nuevamente uno pero más pequeño con un consumo de 36 W que corresponde con el ventilador del evaporador, se trata del tiempo de drenaje, éste dura 3 minutos. En total se contabilizan 4 escalones que corresponden con los 4 desescarches.

Cuando el arcón trabaja normalmente el arcón ensayado suele consumir una potencia activa que ronda los 640 vatios. Se vuelve a observar el régimen estacionario hacia el final de la gráfica.



Gráfica 50. Presión Baja eje "Y" [Bar] eje "X" [Horas]

Con la gráfica 50 no se puede demostrar que no hay acumulación de escarcha en la superficie del evaporador, ya que esta tiene una tendencia decreciente como ocurría en la gráfica 2 cuando también se acumulaba. Además la gráfica 47 nos dice lo mismo ya que al igual que en la gráfica 3 va descendiendo la temperatura del evaporador cada vez más y más.



Gráfica 51. Temperatura Ambiente eje "Y" [°C] eje "X" [Horas]

En la gráfica 51 se muestra la temperatura ambiente dentro del barracón de ensayo se observa que la diferencia de temperatura entre la más alta y la más baja no supera los 9°C. Hay una temperatura media de 18,94 °C.

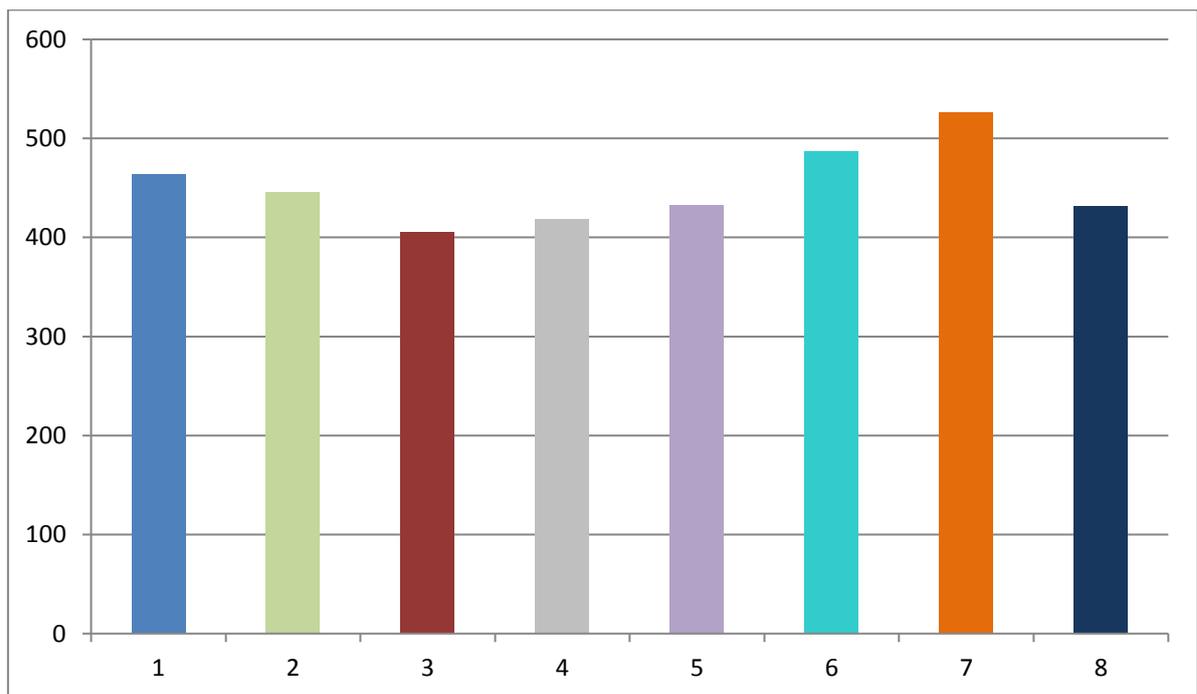
14. CONCLUSIONES

Una vez expuestos todos los ensayos más representativos para cada tipo y periodo de desescarche, solo queda decidir cuál es el mejor de ellos.

Y para ello se ha pensado que la mejor manera de hacerlo es presentar una pequeña tabla resumen de todos los ensayos realizados destacando los parámetros en que nos hemos basado para elegir el mejor desescarche para nuestro arcón.

DESESCARCHE CADA	2 Horas	3 Horas	4 Horas	5 Horas	2 Horas Reist.	3 Horas Resist.	4 Horas Resist.	5 Horas Resist.
POTENCIA MEDIA (W)	463,46	445,91	405,49	417,95	432,97	486,89	526,54	431,79
SUMATORIO DE POTENCIAS	4004719	3853119	3503867	3611491	3741300	4207181	4549852	3731124
Tº INTERIOR MEDIA (ºC)	-15,69	-15,96	-16,44	-16,26	-12,30	-12,87	-13,76	-15,05
TIEMPO EN VOLVER A REGIMEN ESTACIONARIO (HORAS,MINUTOS)	13,10	12,46	11,2	12,16	17,32	19,54	15,16	14,23
Tº PAQUETE MINIMO(ºC)	-18,09	-18,33	-18,33	-18,36	-15,70	-17,74	-14,79	-17,35
Tº EVAPORADOR MEDIA (ºC)	-21,15	-22,84	-23,69	-23,89	-19,51	-25,06	-21,51	-23,80
Tº AMBIENTE MEDIA (ºC)	18,94	18,49	17,07	17,71	19,22	20,14	20,82	18,94

Tabla 14.1. *Tabla Resumen*



Gráfica 52. *Potencia Activa Media eje "Y" [W] eje "X" [Ensayos]*

Con la tabla 14.1, la gráfica 52 y analizando detenidamente las demás gráficas y datos obtenidos se podría afirmar que el mejor desescarche para el caso del arcón ensayado es el desescarche por gas caliente cada 4 horas.

Cabe destacar que entre el mejor y el peor de los ensayos presentados anteriormente hay una diferencia del 30% en el consumo de energía eléctrica, esto durante todo un año de funcionamiento se traduciría en un ahorro bastante elevado entre uno y otro.

Y entre el mejor desescarche por gas caliente y el mejor por resistencia eléctrica hay una diferencia del 7% en el consumo de energía eléctrica.

Como ya se mencionó en los antecedentes se encontró un estudio sobre los desescarches pero en evaporadores de cámaras frigoríficas y no decía en qué condiciones se habían realizado los ensayos, se optó por comprobar los resultados obtenidos con la fórmula que se explicaba en el artículo.

Para ello se realizó nuevamente el ensayo con desescarche por gas caliente cada 4 horas pero esta vez midiendo el agua que drenaba en cada desescarche para poder emplear la fórmula que se ha mencionado anteriormente.

El artículo decía básicamente lo siguiente, para que el desescarche sea lo más óptimo posible, es decir, para que sea lo más eficiente posible la fórmula siguiente tiene que darnos 0,03:

$$\frac{0.000121}{0.0166016 \times 0.2} = 0.03644$$

No da exactamente lo que nos dice el artículo pero se aproxima bastante, por lo que nos lleva a pensar que el criterio que aplicó para cámaras frigoríficas no habría mucha desviación si lo aplicáramos a este tipo de sistema.

15. BIBLIOGRAFIA

[1] ASHRAE *"HANDBOOK, REFRIGERATION SYSTEMS AND APPLICATIONS, SPANISH EDITION"*. Año 1990.

[2] Página oficial de la Comisión Europea: http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/index_es.htm

[3] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY *"WORD ENERGY OUTLOOK RESUMEN EJECUTIVO SPANISH TRANSLATION"*. Año 2016.

[4] Datos publicados por la oficina estadística europea Eurostat.

[5] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *"Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable"*. 3ª Edición, año 2010.

[6] Félix Sanz del Castillo *"DESESCARCHE POR GAS CALIENTE"* DANFOSS S.A. Año 2014.

[7] PANITI, CHARLES. *"Panati's Extraordinary Origins of Everyday Things"*. Reissue edition, Septiembre 1999.

[8] Carrier *"Manual de aire acondicionado"*. Año 2009

[9] Granryd, Eric. *"Refrigerating Engineering"*. Department of Energy Technology, Stockholm 1999

[10] Haywood, R.W. *"Ciclos termodinámicos de potencia y refrigeración"*. Editorial Limusa, 2ª Edición, Junio 2000.

[11] Villanueva Manresa, R. *"Refrigerantes para aire acondicionado y refrigeración"*. Editorial Club Universitario, 2006.

[12] Enrique Torrella *"La producción del frío"*. Año 1996



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERIA MECANICA

DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESESCARCHE DE UN ARCÓN FRIGORÍFICO

DOCUMENTO 2: PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	- 81 -
2. CONDICIONES TÉCNICAS	- 81 -
2.1. INTRODUCCIÓN	- 81 -
2.1.1. Requisitos de seguridad y medio ambiente	- 81 -
2.1.2. Objeto y campo de aplicación	- 83 -
2.1.3. Definiciones	- 83 -
2.1.4. Requisitos básicos	- 87 -
2.1.5. Clasificación del sistema de refrigeración	- 91 -
2.1.6. Elección de los refrigerantes	- 91 -
2.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	- 93 -
2.2.1. Requisitos generales	- 93 -
2.2.2. Requisitos relativos a la presión y a recipientes a presión	- 93 -
2.2.3. Tuberías	- 95 -
2.2.4. Válvulas y dispositivos de protección	- 99 -
2.3. MATERIALES	- 100 -
2.3.1. Requisitos generales	- 100 -
2.3.2. Materiales férricos	- 100 -
2.4- ENSAYOS Y PUESTA EN MARCHA	- 101 -
2.4.1- Requisitos generales Ensayos	- 101 -

1. INTRODUCCIÓN

El documento denominado “Pliego de condiciones” tiene por objetivo especificar las exigencias de orden técnico y legal a las que está sujeta la correcta elaboración de este proyecto.

En este documento quedan excluidos todos los trabajos de obra civil, instalación de agua, electricidad, aire comprimido, etc. Así como el resto de elementos constructivos de la sala donde va a estar ubicada la instalación experimental. Éstos deberán ser objeto de especificación aparte y responsabilidad de la empresa constructora.

2. CONDICIONES TÉCNICAS

2.1. INTRODUCCIÓN

El siguiente capítulo comprende todos los aspectos técnicos de los componentes de la instalación, los métodos de ensayo, nomenclaturas, definiciones, normas de seguridad hacia las personas y medio ambiente, consideraciones de utilización de los refrigerantes, construcción e instalación.

Los citados conceptos han sido extraídos de la normativa UNE-EN de sistemas que comparten características similares a nuestro sistema refrigerador-congelador. En este caso existe una norma UNE-EN que regula todo lo relacionado con este tipo de sistemas. La citada norma es la siguiente:

- UNE-EN ISO 15502 Aparatos de refrigeración domésticos. Características y métodos de ensayo.

En ella se detalla de forma muy pormenorizada la definición de este tipo de sistema de refrigeración, materiales a utilizar en la fabricación, temperaturas de los compartimentos y donde deben medirse, diferentes tipos de ensayos, información comercial y etiquetado para el usuario final.

Además, por el hecho de trabajar en un laboratorio con líquidos refrigerantes, recipientes a presión y demás sistemas peligrosos, y para el diseño de los distintos dispositivos, instalaciones y aparatos que forman las diferentes partes, se ha de trabajar según las siguientes normas.

Normas sobre equipos de frío:

- UNE 37-131-83 LR: Evaporadores.
- UNE 86-004-79: Fluidos refrigerantes orgánicos.
- UNE-EN 378-1:2000
- UNE- EN 378-2:2000

2.1.1. Requisitos de seguridad y medio ambiente

La norma europea EN 378-1:2000 incluye todos los aspectos relacionados con estos conceptos, habiéndose extraído de ella toda la información pertinente para la aplicación del proyecto.

Esta norma europea se refiere a los requisitos de seguridad y de medio ambiente para el diseño, construcción, fabricación, instalación, funcionamiento, mantenimiento y eliminación de los

sistemas y equipos de refrigeración en relación con el respeto al medio ambiente local y global, pero no a la destrucción final de los refrigerantes.

Se pretende minimizar, en lo posible, los riesgos a personas, bienes y al medio ambiente provenientes de los sistemas de refrigeración y refrigerantes. Estos riesgos están asociados esencialmente con las características físicas y químicas de los refrigerantes así como con las presiones y temperaturas existentes en los circuitos frigoríficos.

La adopción insuficiente de precauciones puede dar lugar a:

- Rotura de un componente, o incluso explosión con riesgo de proyección de materiales.
- Escape del refrigerante debido a una rotura, fugas por deficiencias en el diseño, funcionamiento incorrecto y mantenimiento, reparaciones, carga, desmantelamiento o desecho inadecuado.
- Inflamación o explosión del refrigerante fugado con el consiguiente riesgo de incendio.

Los refrigerantes, sus mezclas y combinaciones con aceites, agua u otros materiales, presentes en los sistemas de refrigeración de manera intencionada o accidental, afectan a los materiales circundantes, química y físicamente, debido, por ejemplo, a la presión y a la temperatura. Éstos, cuando fugan de los sistemas de refrigeración, si tienen propiedades dañinas, pueden poner en peligro directa o indirectamente a personas, bienes y al medio ambiente, debido a los efectos globales a largo plazo (ODP, GWP).

Los riesgos a causa del nivel de la presión y de la temperatura de los sistemas de refrigeración son debidos, esencialmente, a la presencia simultánea de las fases líquida y vapor. Asimismo, el estado del refrigerante y las presiones que ejerce sobre los diversos componentes no depende solamente de los procesos y funciones en el interior de la instalación, sino también de factores externos.

Son merecedores de considerarse los siguientes riesgos:

➤ Por efecto directo de las bajas temperaturas, por ejemplo:

- Fragilidad de los materiales a bajas temperaturas.
- Congelación del líquido contenido (agua, salmuera o similar).
- Tensiones térmicas.
- Cambios de volumen debido a las variaciones de temperatura.
- Daños a las personas, causados por las bajas temperaturas.

➤ Por la excesiva presión, debida, por ejemplo:

- Al incremento de la presión de condensación, causada por enfriamiento inadecuado o por una acumulación de refrigerante en fase líquida.
- Al incremento de la presión del vapor saturado debido a un calentamiento externo excesivo, por ejemplo de un líquido enfriador, o cuando se efectúa el desescarche de un enfriador de aire, debido a la elevada temperatura ambiente cuando la instalación está parada.
- La expansión del refrigerante en fase líquida en un espacio cerrado sin la presencia de vapor, originada por una elevación de la temperatura exterior.
- Fuego.

➤ Por el efecto directo de la fase líquida, por ejemplo:

- Excesiva carga o inundación del equipo.
- Golpe de ariete en las tuberías.

➤ Por las partes móviles de la maquinaria, por ejemplo:

- Lesiones.
- Pérdida auditiva a consecuencia de un excesivo nivel de ruido.
- Averías debidas a vibraciones.

Se deberá prestar atención a los riesgos por corrosión dadas las condiciones peculiares de los sistemas de refrigeración o al revestimiento de los componentes por aislantes.

El análisis anterior de los riesgos que pueden presentarse en los sistemas de refrigeración explica el proyecto en que se ha basado esta norma europea.

2.1.2. Objeto y campo de aplicación

Esta norma europea establece los requisitos relacionados con la seguridad de las personas y bienes, pero no de los productos almacenados, y con el medio ambiente local y global en:

- Sistemas de refrigeración fijos y móviles de cualquier dimensión.
- Sistemas secundarios de enfriamiento o calefacción; y el emplazamiento de estos sistemas de refrigeración.

Se tratan los riesgos mencionados en la introducción y es aplicable a sistemas de refrigeración nuevos. La parte que trata sobre el mantenimiento, reparación, funcionamiento, recuperación, reutilización y eliminación también es aplicable a los sistemas existentes.

Las partes responsables de los sistemas de refrigeración existentes deberían considerar los aspectos de seguridad y de medio ambiente de esta norma europea y poner en práctica los más exigentes requisitos siempre que sea razonablemente factible.

En la introducción se exponen los riesgos que se tratan. Además, la maquinaria debería cumplir adecuadamente con la EN 292-1 y la EN 292-2 en cuanto a los riesgos que no estén cubiertos en esta norma.

2.1.3. Definiciones

Para los propósitos de esta norma europea, son aplicables las siguientes definiciones:

Sistemas de refrigeración

- Sistemas de refrigeración: Conjunto de componentes interconectados que contienen refrigerante y que constituyen un circuito frigorífico cerrado, en el cual el refrigerante circula con el propósito de extraer o ceder calor (es decir enfriar o calentar).
- Sistema semicompacto: Sistema de refrigeración construido completamente en fábrica, en una bancada metálica adecuada, y/o en una cabina o recinto adecuado, fabricado y transportado en una o varias partes y en el cual ningún elemento, que no sean válvulas de interconexión, conteniendo fluido frigorífero sea montado "in situ".

- Sistema compacto: Sistema semicompacto que ha sido montado, cargado para ser utilizado y probado antes de su instalación y que se instala sin necesidad de conectar partes que contengan refrigerante. Un equipo compacto puede incluir uniones rápidas o válvulas de cierre montadas en fábrica.
- Sistemas de carga limitada: Sistema de refrigeración cuyo volumen interno y carga total de refrigerante son tales que, con el sistema en posición de parado, no se superará la presión máxima admisible si se produce la vaporización total de la carga de refrigerante.
- Sistema secundario de enfriamiento o calefacción: Sistema que emplea un fluido para transferir calor de los productos o espacios a enfriar o calentar, o de otro sistema de enfriamiento o calefacción, al sistema de refrigeración.
- Sistema cerrado: Sistema de refrigeración en el que todas las partes por las que circula el refrigerante están conectadas herméticamente mediante bridas, uniones roscadas o conexiones similares.
- Sistema hermético: Sistema de refrigeración en el que todas las partes por las que circula el refrigerante se han conectado herméticamente mediante soldadura, soldadura fuerte o unión similar de tipo permanente.
- Sector de alta presión: Parte de un sistema de refrigeración que trabaja, aproximadamente, a la presión de condensación.
- Sector de baja presión: Parte de un sistema de refrigeración que trabaja, aproximadamente, a la presión de evaporación.
- Sistema móvil: Sistema de refrigeración que normalmente es transportado durante su funcionamiento. Los sistemas móviles incluyen los siguientes tipos:
- Sistemas de refrigeración para aire acondicionado de vehículos, por ejemplo: automóviles, camiones, autobuses, excavadoras y grúas.

Presiones

- Presión manométrica: Presión cuyo valor es igual a la diferencia algebraica entre la presión absoluta y la presión atmosférica. A menos que se indique lo contrario, todas las presiones se entenderán manométricas.
- Presión máxima admisible: Presión máxima para la que el equipo está diseñado, de acuerdo con la especificación del fabricante.
- Presión límite de funcionamiento que no debería sobrepasarse, tanto si el sistema funciona como si está parado.
- Presión de diseño: Presión elegida para determinar la presión de cálculo de cada componente. Se utiliza para determinar los materiales necesarios, espesor y construcción de los componentes atendiendo a su capacidad para resistir la presión.
- Presión de ensayo de resistencia: Presión que se aplica para ensayar la resistencia de un sistema de refrigeración o cualquier parte del mismo.

- Presión de ensayo de estanquidad: Presión que se aplica para ensayar la estanqueidad de un sistema o cualquier parte del mismo.
- Presión máxima declarada: Presión declarada por el fabricante del componente o del dispositivo hasta la cual éste puede ser sometido sin afectar a sus prestaciones.
- Resistencia límite de un sistema: Presión a la cual una parte del sistema rompe o revienta.

Componentes de los sistemas de refrigeración

- Instalación frigorífica: Montaje de los componentes de un sistema de refrigeración y de todos los elementos necesarios para su funcionamiento.
- Componentes frigoríficos: Componentes que forman parte del sistema de refrigeración, por ejemplo, compresor, condensador, generador, depósito de líquido, evaporador, separador de partículas de líquido.
- Recipiente a presión: Cualquier parte del sistema de refrigeración que contiene refrigerante, exceptuando:
 - Bombas.
 - Evaporadores, en los que cada sección por separado no supere en más de 15l el volumen que contiene refrigerante.
 - Serpentes y baterías.
 - Tuberías y sus válvulas, uniones y accesorios.
 - Dispositivos de control.
 - colectores y otros componentes que tengan un diámetro interno no superior a 152 mm y un volumen interior neto no superior a 100 l.
- Condensador: Intercambiador de calor en el que refrigerante en fase de vapor se licúa por cesión de calor.
- Recipiente de líquido: Recipiente conectado permanentemente al sistema mediante tuberías de entrada y salida, utilizado para acumulación de refrigerante líquido.
- Evaporador: Intercambiador de calor en el cual el refrigerante líquido se vaporiza, absorbiendo calor del medio a enfriar.
- Serpentín: Parte del sistema de refrigeración construido con tubos curvos o rectos convenientemente conectados, que sirve como intercambiador de calor (evaporador o condensador).
- Volumen bruto interno: Volumen calculado conforme a las dimensiones interiores del recipiente, sin tener en cuenta el volumen ocupado por cualquier parte interna.
- Volumen neto interno: Volumen calculado conforme a las dimensiones interiores del recipiente deducido el volumen ocupado por las partes internas.

Tuberías, uniones y accesorios

- Red de tuberías: Tuberías o tubos (incluidas mangueras, compensadores o tubería flexible) para la interconexión entre las diferentes partes de un sistema de refrigeración.
- Unión: Conexión realizada entre dos partes.
- Unión por soldadura: Unión obtenida por ensamblaje de partes metálicas en estado plástico o de fusión.
- Unión por soldadura fuerte: Unión obtenida por ensamblado de partes metálicas mediante aleaciones que funden en general por encima de 450 °C pero por debajo de la temperatura de fusión de las partes unidas.
- Unión por soldadura blanda: Unión obtenida por ensamblado de partes metálicas mediante mezcla de metales o aleaciones que funden a temperaturas generalmente comprendidas entre 200 °C y 450 °C.
- Unión embridada: Unión realizada atornillando entre sí un par de terminaciones con brida.
- Unión abocardada: Unión metálica a presión, en la cual se realiza un ensanchamiento cónico en el extremo del tubo.
- Unión roscada: Unión entre tuberías que no precisa de ningún material de sellado, por ejemplo, unión roscada con un aro de metal deformable por compresión.
- Unión cónica roscada: Unión de tubo roscado que requiere material de relleno con el fin de sellar las ranuras de la rosca.
- Colector o distribuidor: Tubería o tubo de un sistema de refrigeración al cual se conectan varias tuberías o tubos.
- Dispositivo de seccionamiento: Dispositivo para interrumpir el flujo del fluido; por ejemplo, refrigerante, agua, etc.
- Válvulas de interconexión: Pares de válvulas de cierre que aíslan partes del circuito frigorífico y están dispuestas para que estas secciones puedan unirse antes de la apertura de las válvulas o separarse después de cerrarlas.
- Válvula de cierre rápido: Dispositivo de corte que cierra automáticamente (por ejemplo por peso, fuerza de un resorte, bola de cierre rápido) o tiene un ángulo de cierre muy pequeño.

Accesorios de Seguridad

- Dispositivo de alivio de presión: Válvula de alivio de presión o disco de rotura, diseñados para aliviar automáticamente el exceso de presión.
- Válvula de alivio de presión: Válvula accionada por presión que se mantiene cerrada mediante un resorte u otros medios y que está diseñada para eliminar la excesiva presión de forma automática, al abrir a una presión no superior a la máxima admisible y cerrando de nuevo después de que la presión haya descendido por debajo del valor admisible.
- Disco de rotura: Disco o lámina cuya rotura se produce con un diferencial de presión predeterminado.

- Dispositivo limitador de la temperatura: Dispositivo accionado por temperatura, diseñado para evitar temperaturas que se consideran peligrosas.
- Dispositivo de seguridad limitador de presión: Dispositivo accionado por presión, diseñado para detener el funcionamiento del generador de presión.
- Dispositivo de seguridad limitador de presión máxima sometido a un ensayo de tipo: Dispositivo sometido a un ensayo de tipo, diseñado para que en caso de fallo o disfunción del propio instrumento, éste interrumpa el suministro de tensión al equipo.
- Válvula de tres vías: Válvula que controla dos dispositivos de seguridad y cuya disposición se realiza de manera que en cualquier momento solo uno pueda quedar fuera de servicio.
- Detector de refrigerante: Dispositivo de alarma que se activa cuando la concentración de refrigerante en el ambiente sobrepasa un valor predeterminado.

Fluidos

- Refrigerante: Fluido usado para transferencia de calor en un sistema de refrigeración que absorbe calor a temperatura y presión bajas y lo cede a temperatura y presión elevadas, lo que normalmente conlleva cambios de fase del fluido.
- Fluido secundario: Fluidos (por ejemplo: agua, aire) para la transmisión de calor sin cambio de fase.
- Emisión súbita y masiva: Emisión y evaporación de la mayor parte de la carga de refrigerante en un periodo de tiempo corto, por ejemplo, inferior a cinco minutos.
- Recuperación: Acción de extraer el refrigerante de un sistema en cualquier condición y almacenarlo en un contenedor exterior.
- Eliminación: Traslado de un producto a otro lugar, normalmente para su destrucción.

2.1.4. Requisitos básicos

Requisitos generales

- Sistemas de refrigeración.

Los sistemas de refrigeración deben ser diseñados, contruidos, instalados, manejados, mantenidos y desechados de acuerdo con esta norma europea.

- Refrigerantes.

Cuando en un sistema de refrigeración se utilicen refrigerantes de diferentes grupos se deben aplicar los requisitos correspondientes a cada uno de estos grupos.

- Descarga de refrigerantes.

Se deben evitar las descargas deliberadas a la atmósfera de refrigerantes nocivos para el medio ambiente.

- Elección de refrigerantes.

Cuando se elija un refrigerante se debe tener en cuenta su influencia sobre el efecto invernadero y el agotamiento de la capa de ozono estratosférica.

Diseño, construcción, materiales

- Componentes a presión.

Todos los componentes del circuito frigorífico deben ser diseñados para mantener la estanquidad y soportar la presión que pueda producirse durante su funcionamiento, parada y transporte, teniendo en cuenta las tensiones térmicas, físicas y químicas previstas.

- Protección contra una presión excesiva.

En los sistemas de refrigeración la presión durante el funcionamiento normal, parada y transporte no debe exceder de la presión máxima admisible en cualquiera de sus componentes. Toda presión interna excesiva por causas previsibles debe ser evitada o aliviada con el mínimo riesgo posible para personas, bienes y medio ambiente y en caso de que un dispositivo de alivio actuara, la presión en los componentes no debe exceder en más de un 10% la presión admisible.

- Instrumentos de indicación y medida (control).

Los sistemas de refrigeración se deben equipar con los instrumentos de indicación y medida necesarios para el control, servicio y mantenimiento del sistema tal como se especifica en esta norma europea.

- Medidas de seguridad contra intervenciones no autorizadas.

Los dispositivos de mando, control y seguridad que no convenga que sean manipulados por personas no autorizadas deben estar protegidos contra maniobras accidentales o deliberadas.

- Piezas móviles de la maquinaria.

Las piezas móviles de la maquinaria deberán protegerse de acuerdo con las Normas EN 292-1; EN 292-2 y EN 294.

- Ruido.

Los compresores, ventiladores, válvulas, equipos y tuberías de los sistemas de refrigeración se deben diseñar y construir para que los riesgos que resultan de la emisión de ruido aéreo se reduzcan al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta para ello el progreso de la técnica y la disponibilidad de medios para reducir el ruido, particularmente en su origen.

- Vibración.

Los ventiladores, válvulas, equipos y tuberías de los sistemas de refrigeración se deben diseñar y construir para que los riesgos resultantes de las vibraciones producidas por partes del sistema se reduzca al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta para ello el progreso de la técnica y la disponibilidad de medios de reducción de las vibraciones, en particular en su origen.

- Contacto con alimentos.

Las partes de los sistemas de refrigeración que estén en contacto o que sean susceptibles de estarlo con productos alimentarios (alimentos o bebidas) se deben diseñar y construir con materiales adecuados, que permitan limpiar las superficies antes de cada uso.

- Consumo de energía.

Los sistemas de refrigeración se deben diseñar y construir para que bajo las condiciones previsibles de funcionamiento el consumo de energía se mantenga tan bajo como sea razonablemente posible.

Instalación y funcionamiento

- Instalación en relación con la ocupación.

Los refrigerantes y sistemas de refrigeración se deben seleccionar, instalar y utilizar con arreglo a las categorías de ocupación de los locales, de forma que se manejen sin riesgo para las personas.

- Descarga de refrigerante.

Las descargas de refrigerante a la atmósfera se deben minimizar. Las descargas inevitables de refrigerante se deben realizar de forma que no se pongan en peligro a personas.

- Dispositivos de protección, tuberías y sus accesorios.

Los dispositivos de protección, tuberías y sus accesorios se protegerán, en lo posible, contra efectos climáticos adversos y la acumulación de suciedad o residuos.

- Instalación eléctrica.

El diseño, construcción, instalación, prueba y utilización del equipo eléctrico debe ser conforme con la correspondiente Norma Europea, por ejemplo: EN 60204-1, EN 60335-1, EN 60335-2-24:1997, EN 60335-2-34, EN 60335-2-40.

Pruebas, marcado

- Pruebas (en relación con la seguridad y protección del medio ambiente)

Antes de poner en funcionamiento cualquier sistema de refrigeración, todos los componentes del mismo o el sistema de refrigeración completo deben superar las siguientes pruebas:

- Prueba de resistencia de presión.
- Prueba de estanquidad.
- Prueba de funcionamiento de los dispositivos de seguridad.

Los dispositivos de seguridad principales deben comprobarse regularmente.

Los resultados de estas pruebas deben quedar registrados.

- Marcado.

Todo sistema de refrigeración y sus componentes principales deben estar identificados mediante un distintivo. Éste se debe colocar de forma visible.

Los dispositivos de cierre, mando y control principales deben estar convenientemente identificados en caso de que no resulte obvia su función.

Funcionamiento, mantenimiento, reparación, equipo de protección personal

- Instrucciones de funcionamiento.

Deberán prepararse instrucciones de funcionamiento de los sistemas de refrigeración, dando directrices de manejo y mantenimiento del sistema, incluyendo las precauciones a adoptar en caso de avería o fuga.

El fabricante debe suministrar instrucciones en forma de manuales o de hojas técnicas y debe proporcionar también instrucciones de seguridad redactadas en uno de los idiomas oficiales del país en el que el sistema de refrigeración vaya a ser utilizado.

En el caso de sistemas que sean utilizados para el transporte por diferentes países, tales instrucciones deben estar en un idioma oficial apropiado, pudiendo adjuntarse duplicados en otros idiomas distintos.

- Mantenimiento, reparaciones.

Las revisiones y reparaciones de los sistemas de refrigeración se deben realizar solamente por personal cualificado.

El personal responsable debe tener conocimiento y experiencia del modo de funcionamiento, utilización y el control diario del sistema de refrigeración completo.

Equipo de protección del personal. El equipo de protección del personal, apropiado a la cantidad y características del refrigerante, debe estar fácilmente disponible.

Competencia

- Formación y conocimientos.

Las personas a cargo del diseño, construcción, instalación, inspección, pruebas, explotación, mantenimiento, reparación, eliminación y evaluación del sistema de refrigeración y sus componentes, tendrán la formación y conocimientos necesarios para efectuar su trabajo de forma competente.

- Competencia en diferentes tareas.

Cada tarea requerirá los conocimientos adecuados que garanticen la salud, seguridad, protección del medio ambiente y conservación de la energía.

Recuperación, reutilización, eliminación

Todos los componentes de los sistemas de refrigeración, por ejemplo: refrigerante, aceite, fluido secundario, filtros, deshidratadores y materiales aislantes deben ser recuperados, reutilizados y/o eliminados adecuadamente durante el mantenimiento, reparación y eliminación de los equipos.

2.1.5. Clasificación del sistema de refrigeración

Requisitos generales

- Sistemas de refrigeración.

Los sistemas de refrigeración se clasifican, de acuerdo con el método de extracción de calor (enfriamiento) o cesión de calor (calentamiento) a la atmósfera o al medio a tratar.

- Locales.

Los locales se clasifican de acuerdo con la seguridad de las personas, a las que pueden afectar de forma directa un eventual funcionamiento incorrecto del sistema de refrigeración.

- Refrigerantes.

Los refrigerantes se clasifican en grupos de acuerdo con su repercusión en la salud y la seguridad.
Clasificación del sistema de refrigeración

- Sistema indirecto

El evaporador o el condensador del sistema de refrigeración, situado fuera del emplazamiento en donde se extrae o cede calor al medio a tratar, enfría o calienta un fluido secundario que se hace circular para enfriar o calentar al medio citado.

- Sistema indirecto cerrado.

El evaporador enfría o el condensador calienta el fluido secundario, el cual fluye a través de un circuito cerrado en contacto directo con la sustancia a tratar.

- Sistema doble indirecto.

El sistema es similar al descrito antes exceptuando que el fluido secundario circula a través de un segundo intercambiador de calor situado en el exterior del recinto.

2.1.6. Elección de los refrigerantes

Los refrigerantes deben elegirse teniendo en cuenta su potencial influencia sobre el medio ambiente en general, así como sus posibles efectos sobre el medio ambiente local y su idoneidad como refrigerante para un sistema determinado.

La influencia de un refrigerante en el medio ambiente global depende de su aplicación y estanqueidad del sistema, tipo de sistema, carga y manipulación del refrigerante y el potencial de éste para crear o añadir riesgos contra el medio ambiente.

Los refrigerantes se deben elegir con un valor ODP tan bajo como sea razonablemente posible. Los refrigerantes deben seleccionarse de tal forma que su posible impacto sobre la salud y la seguridad (inflamabilidad/toxicidad) sea mínimo.

Los valores ODP para los refrigerantes se determinan de acuerdo con su influencia global sobre el medio ambiente en lo que se refiere a su potencial de agotamiento de la capa de ozono. Los refrigerantes deben seleccionarse con el valor GWP tan bajo como sea razonablemente posible y siempre que se mantenga al mismo tiempo una buena eficiencia energética.

Los valores GWP para los refrigerantes se determinan de acuerdo con su influencia sobre el medio ambiente con respecto a su potencial efecto invernadero.

Se deben elegir los refrigerantes con mejor eficiencia energética en el sistema.

El sistema debe ser diseñado e instalado para permanecer estanco (lo más estanco posible).

Se debe prestar particular atención a los siguientes factores que pueden afectar a la estanqueidad del sistema:

- Tipo de uniones.
- Tipo de válvulas.

Los refrigerantes deben seleccionarse teniendo en cuenta la facilidad para su posible reutilización o destrucción.

Manejo de los gases refrigerantes

Existe una serie de factores y actuaciones que se deben considerar durante el manejo y utilización de los refrigerantes:

- No se pueden mezclar con ningún otro tipo de gas.
- Son más pesados que el aire. Evitar trabajar en fosos.
- Deben manejarse en zonas muy ventiladas.
- No exponer al sol u otras fuentes de calor.
- Utilizar guantes y gafas protectoras.
- No exponer a la acción de la llama.
- Utilizar herramientas exclusivas para ser utilizado con ellos y nunca, conjuntamente con otro gas.

Los componentes específicos de un equipo móvil de aire acondicionado con distintos refrigerantes.

Las propiedades físicas y químicas del refrigerante determinan la modificación de los componentes tales como: aceite refrigerante, juntas tóricas, etc.

Las medidas de seguridad, para que otro gas sea utilizado modifican los racores y válvulas de servicio.

Decálogo del instalador

El instalador debe seguir las siguientes instrucciones durante el manejo y utilización del refrigerante:

- No permitir que el gas refrigerante escape del circuito o del recipiente que lo contiene.
- No mezclar gases distintos.
- Emplear el herramental adecuado para cada gas.

- No rellenar un circuito con un gas distinto del original.
- Seguir las pautas del fabricante del equipo.
- No emplear aire a presión dentro de los circuitos o contenedores de gas.
- No trabajar en fosos, sino en lugares abiertos, aireados sin focos de calor llama.
- Observar las Normas de Seguridad. Éstas nos protegen de nuestros propios descuidos y errores.

2.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

La norma europea EN 378-2:2000 se aplicará al diseño y construcción del sistema de refrigeración y a sus componentes y materiales empleados, incluyendo tuberías. En ella también quedarán especificados los requisitos para ensayos y documentación.

2.2.1. Requisitos generales

Riesgos para las personas, los bienes y el medio ambiente

Los sistemas de refrigeración y sus componentes se deben diseñar y construir evitando los posibles riesgos para las personas, los bienes y el medio ambiente.

Carga de refrigerante

Los sistemas de refrigeración se deben diseñar de tal manera que la carga de refrigerante se mantenga tan pequeña como sea razonablemente posible.

Consumo de energía

Los sistemas de refrigeración se deben diseñar y construir de modo que bajo las condiciones de funcionamiento previstas, el consumo de energía se mantenga tan bajo como sea razonablemente posible.

Mantenimiento, servicio y ensayos

Los sistemas de refrigeración se deben construir y equipar con todos los dispositivos necesarios para su mantenimiento, servicio y ensayos adecuados, véase también la Norma EN 378-4.

Materiales

Los materiales de construcción y de soldadura, deben ser los apropiados para soportar las tensiones mecánicas, térmicas y químicas previsibles. Deben ser resistentes a los refrigerantes utilizados, a las mezclas de aceite y refrigerante con posibles impurezas y contaminantes, así como a los fluidos secundarios.

2.2.2. Requisitos relativos a la presión y a recipientes a presión

Requisitos relativos a la presión

- Requisitos generales.

Todas las partes del circuito del refrigerante se deben diseñar y construir para mantener la estanquidad y soportar la presión que pueda producirse durante el funcionamiento, reposo y transporte teniendo en cuenta las tensiones térmicas, físicas y químicas que puedan preverse.

➤ Presión máxima admisible (Ps).

La presión máxima admisible se debe determinar teniendo en cuenta factores tales como:

- Temperatura ambiente.
- Acumulación de gases no condensables.
- Ajuste de cualquier dispositivo de alivio de presión
- Método de desescarche.
- Aplicación (ejemplo: refrigeración o bomba de calor).
- Radiación solar.
- Ensuciamiento.

Para el lado de alta presión, la temperatura especificada se considerará como la máxima que exista durante el funcionamiento. Para el lado de baja presión, será suficiente basar los cálculos de la presión máxima con la temperatura máxima prevista durante el período en que el compresor está sin funcionar. Estas temperaturas serán las temperaturas mínimas y además determinarán que el sistema no se diseñe para presiones máximas admisibles inferiores a las presiones de saturación correspondientes a estas temperaturas mínimas.

La utilización de las temperaturas especificadas no siempre coincidirá con la presión de saturación del refrigerante dentro del sistema, por ejemplo: un sistema con carga limitada o un sistema trabajando a la temperatura crítica o por encima de ella.

El sistema podrá dividirse en varias partes (por ejemplo: lados de alta y baja presión) para cada una de ellos existirá una presión máxima admisible diferente.

La presión a la que el sistema (o parte del sistema) trabaje normalmente será menor que la presión máxima admisible.

Pulsaciones de gas pueden producir sobretensiones.

Para mezclas zeotrópicas la presión de diseño será la presión correspondiente al punto de rocío. La Directiva 97/23/Ce sobre Aparatos a Presión utiliza la abreviatura "PS" para designar la presión máxima admisible.

➤ Presión de diseño de componentes.

La presión de diseño de cada componente no será inferior a la presión máxima admisible del sistema o de la parte del mismo donde vaya instalado.

Recipientes a presión

➤ Requisitos generales.

Los recipientes a presión deben cumplir con las correspondientes normas europeas existentes. Los requisitos técnicos para los equipos a presión tal como se definen en la Directiva 97/23/CE

están dados en la norma europea sobre "Aparatos a presión para sistemas de refrigeración y bombas de calor. Parte 1: Recipientes. Requisitos generales".

2.2.3. Tuberías

➤ Requisitos generales

- Circuito del refrigerante.

Todas las tuberías del circuito del refrigerante deben cumplir con las normas apropiadas existentes y se diseñarán, construirán e instalarán para mantener la estanquidad y resistir las presiones y temperaturas que puedan producirse durante el funcionamiento, las paradas y el transporte, teniendo en cuenta los esfuerzos térmicos, físicos y químicos que se prevean. Los materiales, espesor de la pared, resistencia a la tracción, ductilidad, resistencia a la corrosión, procedimientos de conformado y pruebas serán adecuados para el refrigerante utilizado y resistirán las presiones y esfuerzos que puedan producirse. Están en elaboración normas europeas.

➤ Golpe de ariete en los sistemas.

Las tuberías en los sistemas de refrigeración se deben diseñar e instalar de tal forma que el golpe de ariete (choque hidráulico) no pueda dañar al sistema.

➤ Dispositivos de protección, tuberías y accesorios.

Los dispositivos de protección, tuberías y accesorios se deben proteger lo máximo posible contra los efectos adversos medioambientales. Se considerarán efectos adversos medioambientales, por ejemplo, el peligro de acumulación de agua y la congelación de las tuberías de descarga o la acumulación de suciedad o sedimentos.

➤ Accesorios flexibles para tuberías.

Los accesorios flexibles para tuberías deben cumplir con el proyecto de Norma EN 1736: 1994. Estarán protegidos contra daños mecánicos, torsión y otros esfuerzos. Deben comprobarse regularmente.

➤ Uso inadecuado.

Se debe evitar el uso inadecuado de las tuberías por ejemplo: encaramarse, almacenar mercancías sobre él, etc.

➤ Unión de tuberías.

- Requisitos generales.

Las uniones deben diseñarse de forma que no sean dañadas por la congelación de agua en su exterior. Serán las adecuadas para la tubería, su material, presión, temperatura y fluido.

Las tuberías con diferentes diámetros sólo se conectarán utilizando accesorios de reducción de diámetro hechos en fábrica.

Serán preferibles las uniones fijas a las desmontables, las uniones embridadas a las uniones abocardadas, roscadas o de compresión, especialmente cuando se puedan producir vibraciones. No se recomiendan los acoplamientos de cierre rápido.

Se recomienda que en las tuberías aisladas la posición de las uniones desmontables esté permanentemente marcada.

➤ Uniones no desmontables

- Requisitos generales.

En uniones no desmontables se deben utilizar soldaduras fuerte o blanda.

Durante la ejecución de cualquier soldadura fuerte o blanda se evitara las impurezas causadas por la formación de óxido, por ejemplo utilizando gas inerte o eliminándolas.

Podrán usarse otras uniones no desmontables, siempre que su idoneidad haya sido probada.

- Soldadura blanda.

La soldadura blanda no será utilizada en las uniones de tuberías, en su ensamblaje o donde se incorporen accesorios a las mismas. Para estos casos será preferible la soldadura o soldadura fuerte.

➤ Soldadura.

La soldadura debe cumplir con la norma europea correspondiente. Cuando se seleccione el procedimiento de soldadura, se considerarán las temperaturas de la operación, materiales a unir y composición del material de aporte. Los accesorios, para soldadura a tope, serán compatibles con el material de la tubería.

Las tuberías revestidas (por ejemplo: galvanizadas) no se soldarán hasta que todo el recubrimiento haya sido eliminado completamente del área de unión. Las uniones soldadas deben estar convenientemente protegidas. Los soldadores estarán homologados para la realización del trabajo de acuerdo con la Norma EN 287-1.

- Soldadura fuerte.

La compatibilidad de todos los materiales, incluidos el material de aporte y el fundente, con el refrigerante será determinada minuciosamente mediante ensayo. Debe tenerse en cuenta la posibilidad de corrosión. La soldadura fuerte sólo se efectuará por personal cualificado en este campo. Se podrán utilizar otras uniones no desmontables cuando su validez haya sido probada.

➤ Uniones desmontables

- Uniones embridadas.

Las uniones embridadas se deben disponer de tal forma que las partes conectadas puedan desmontarse con una mínima deformación de la tubería. Será preferible utilizar bridas normalizadas para las tuberías de acero y bridas locas normalizadas con cuello prolongado para soldar en el caso de tuberías de cobre.

Las uniones deben ser sólidas y suficientemente resistentes para evitar cualquier daño a la junta que se inserte. Son preferibles las bridas acanaladas (diente/ranura) o las bridas con cajeado (macho/hembra). El desmontaje debe ser posible sin forzar a los componentes unidos.

Se debe tomar la precaución de no sobretensar los tornillos que operan en frío, cuando se aplica un par de apriete predefinido.

- Uniones abocardadas.

No se deben utilizar las uniones abocardadas para la conexión de válvulas de expansión. Se evitarán las uniones abocardadas donde sea razonablemente posible.

Se debe limitar el uso de uniones abocardadas a tuberías recocidas cuyo diámetro exterior no exceda de 19 mm y no se utilizará con tuberías de cobre y aluminio de diámetro exterior menor de 9 mm.

Cuando se realicen uniones abocardadas, deben tomarse precauciones para asegurar que el abocardado es del tamaño correcto y que el par utilizado para apretar la tuerca no es excesivo. Es importante que las superficies roscadas y de deslizamiento sean lubricadas antes de su unión. No deben ser abocardadas las tuberías cuyo material haya sido endurecido por manipulación en frío.

Las uniones a compresión roscadas serán una alternativa preferible a las uniones abocardadas.

- Uniones cónicas roscadas.

Las uniones cónicas roscadas sólo se deben utilizar para conectar dispositivos de medida y control. Las uniones cónicas roscadas serán de construcción sólida y suficientemente probado. No deberán utilizarse materiales de relleno y sellos en las roscas que no estén debidamente probados.

- Uniones roscadas.

Se debe restringir el uso a:

o Líneas de líquido de diámetro interior máximo: 32 mm.

o Líneas de vapor de diámetro interior máximo: 40 mm.

Las uniones a compresión roscadas con un anillo metálico deformable se podrán utilizar en tuberías de diámetro exterior de hasta 88 mm.

➤ Trazado de tuberías

- Requisitos generales.

Debe tenerse en cuenta la disposición física, en particular la posición de cada tubería, las condiciones de flujo (flujo en dos fases), condensaciones, dilatación térmica, vibraciones y buena accesibilidad. Las tuberías se soportarán adecuadamente de acuerdo con su tamaño y peso en servicio.

Se deben tomar precauciones para evitar pulsaciones o vibraciones excesivas. Se pondrá especial atención en prevenir la transmisión directa de ruidos y vibraciones a través de la estructura soporte.

- Golpe de ariete en sistemas.

Las tuberías de los sistemas de refrigeración se deben diseñar e instalar de tal forma que el sistema no sufra daños si se produce un golpe de ariete (choque hidráulico).

➤ Trazado de las tuberías.

- Requisitos generales.

Teniendo en cuenta la seguridad y protección ambiental se deben aplicar a los trazados de tuberías las consideraciones siguientes:

o No existirá peligro para las personas.

o Las tuberías se protegerán contra calentamientos externos mediante una separación adecuada respecto de las tuberías calientes o fuentes de calor.

o Los recorridos de las tuberías se diseñarán de tal forma que se minimice la carga de refrigerante y las pérdidas de presión.

- Tuberías especiales

Tuberías para la conexión de dispositivos de medida, control y seguridad. Las tuberías, incluidas tuberías flexibles (véase también la Norma EN 1736), para la conexión de dispositivos de medida, control y seguridad deben ser suficientemente resistentes a la presión máxima admisible e instalarse de forma que se minimicen las vibraciones y corrosiones.

Para evitar obstrucciones por suciedad en tubos de conexión con diámetros pequeños la unión de la tubería principal debe realizarse, en lo posible, por la parte superior y no por la zona inferior, más expuesta a la suciedad.

No se recomiendan tubos de cobre para conectar dispositivos de medida, control y seguridad.

➤ Drenajes y líneas de drenaje.

- Requisitos generales.

Los dispositivos de cierre en drenajes y líneas de drenaje que no deban manipularse en funcionamiento normal del sistema, se deben proteger contra su manipulación por personas no autorizadas.

- Instalación de líneas de descarga.

Las líneas de descarga a la atmósfera de los dispositivos de alivio de presión, válvulas de seguridad y tapones fusibles, se deben instalar de forma que las personas y bienes no sean dañados por el refrigerante descargado.

- Bridas ciegas.

En las tuberías que no se utilicen durante el funcionamiento normal se deben montar bridas ciegas.

2.2.4. Válvulas y dispositivos de protección

➤ Requisitos generales

Si se utilizan dispositivos de seguridad para prevenir presiones excesivas, durante el funcionamiento debe preverse, siempre que sea factible, un limitador de presión que pare el generador de presión antes de que actúe algún dispositivo de seguridad (válvula, disco) con descarga a la atmósfera.

Para aliviar la presión de componentes en el lado de alta son preferibles, siempre que sea posible, dispositivos con descarga al lado de baja frente a aquellos que descarguen a la atmósfera. Es preferible una válvula de seguridad a un disco de rotura o a un tapón fusible. Si con fines de seguridad se utilizan dispositivos limitadores de temperatura, deben instalarse de manera que la temperatura detectada esté vinculada con la seguridad.

➤ Protección del sistema de refrigeración

Requisitos generales: cada sistema de refrigeración debe estar protegido con al menos un dispositivo de alivio, tapón fusible u otro medio diseñado para aliviar la presión excesiva o bien estar protegido contra sobrepresión. Se exceptúan los sistemas compactos unitarios, con hasta 1 Kg de refrigerante del grupo L3, los cuales no precisan estar equipados con dispositivo de alivio de presión.

Dispositivos limitadores de alta presión o temperatura: todos los sistemas construidos en los que el generador de presión pueda producir presiones superiores a la máxima admisible de los mismos deben estar provistos con al menos un dispositivo de seguridad limitador de presión o temperatura.

Limitador de presión: todas las instalaciones en las que exista el riesgo de temperaturas bajas deben estar provistas de un limitador de presión según la Norma EN 12263, por ejemplo: para evitar congelaciones en los enfriadores de líquidos y la disminución de la resistencia al impacto (resiliencia de los materiales utilizados).

➤ Protección de los componentes del sistema

Requisitos generales: puede preverse un dispositivo de alivio de la presión común para varios componentes, siempre que:

- Dichos componentes no puedan independizarse unos de otros.
- La capacidad de evacuación del dispositivo de alivio sea tal que proteja a todos los componentes contra una sobrepresión simultánea en los mismos.

Protección de recipientes a presión: dispositivos de alivio de presión. Los recipientes que puedan contener refrigerante líquido y ser independizados de otras partes del sistema de refrigeración, excepto aquellos cuyo diámetro nominal interior sea a 152 mm, deben estar protegidos mediante un depósito de alivio.

Dilatación térmica del líquido. Los componentes del sistema que queden completamente inundados por refrigerante líquido y puedan ser independizados del resto de la instalación, deben estar protegidos contra rotura por la dilatación térmica del líquido.

- Disposición de los elementos de seguridad (alivio de presión).

Requisitos generales: los elementos o dispositivos de alivio de presión deben estar conectados lo más cerca posible a los recipientes de presión o componentes que protegen. Deben ser fácilmente accesibles y, salvo cuando protegen contra sobretensiones por dilatación térmica del líquido, deben estar conectadas en la parte más alta posible, siempre por encima del nivel de líquido. La pérdida de presión entre el componente a proteger y la válvula (dispositivo) de alivio no debe ser superior al valor límite indicado por el fabricante del mismo.

- Instrumentos de indicación y medida.

- Requisitos generales.

Los sistemas de refrigeración deben estar equipados con los instrumentos de indicación y medida necesarios para los ensayos, funcionamiento y mantenimiento tal como se especifica en esta norma europea.

- Indicadores de presión para refrigerante.

Calibración y marcado: las especificaciones en este apartado afectan sólo a instrumentos instalados de forma permanente en los equipos. Los indicadores de presión el lado de alta deben estar calibrados, como mínimo, hasta la presión máxima admisible.

- Instalación.

Cada lado o etapa de presión de un sistema de refrigeración debe estar provisto de indicadores de presión.

2.3. MATERIALES

2.3.1. Requisitos generales

Todos los materiales que estén en contacto con el refrigerante deben tener garantizada su compatibilidad mediante pruebas prácticas o por una larga experiencia.

De acuerdo con la Directiva de Aparatos a Presión, los materiales utilizados en estos equipos deberán ser alguno de los siguientes:

- Materiales que cumplan con normas armonizadas.
- Materiales respaldados por un organismo europeo certificador de materiales.
- Materiales que posean una calificación específica.

2.3.2. Materiales férricos

Las aleaciones de aluminio que contienen más del 2% de magnesio no se deben usar con refrigerantes halogenados a no ser que su compatibilidad haya sido previamente comprobada.

El aluminio y sus aleaciones se pueden utilizar en cualquier parte del circuito de refrigeración siempre y cuando su resistencia sea adecuada y compatible con los refrigerantes y lubricantes utilizados.

2.4- ENSAYOS Y PUESTA EN MARCHA

2.4.1- Requisitos generales Ensayos

Para cada equipo y aparato deberá realizarse una ficha técnica en la que sean incluidos todos los parámetros de funcionamiento del equipo o aparato y, en su caso, sus accesorios.

Es de fundamental importancia dejar constancia de los datos de proyecto y de los datos de los ensayos en el laboratorio para el operario que se hará cargo del mantenimiento o análisis de la instalación.

Antes de la puesta en marcha de un sistema de refrigeración todos sus componentes o el conjunto de la instalación deben someterse a los siguientes ensayos:

- Ensayo de resistencia a la presión.
- Ensayo de estanquidad.
- Ensayo funcional de todos los dispositivos de seguridad.
- Ensayo de conformidad del conjunto de la instalación.

Todos los componentes de un sistema de refrigeración deben ser sometidos a un ensayo de resistencia a la presión y posteriormente a la prueba de estanquidad correspondiente.

Los resultados de estos ensayos deben ser registrados.

- Ensayo de resistencia a la presión de los componentes.

Todos los componentes deben ser sometidos a una prueba de resistencia a la presión, antes de salir del laboratorio.

Los indicadores de presión y dispositivos de control pueden ser probados a presiones inferiores, pero no por debajo de la máxima admisible.

- Fluidos para ensayos de resistencia a la presión.

El ensayo de resistencia a la presión debe ser de tipo hidráulico utilizando agua u otro líquido adecuado, excepto cuando por razones técnicas, el componente no deba probarse con líquido; en tal caso podrá utilizarse para el ensayo un gas que no sea peligroso y sea compatible con el refrigerante y los materiales del sistema.

- Ensayo de presión en los sistemas de refrigeración.

Después del montaje, en fábrica o en el lugar de emplazamiento, y con anterioridad a la puesta en marcha, todo sistema será sometido a un ensayo de presión, igual a la presión de diseño, mediante gas no peligroso.

- Prueba de estanquidad.

El sistema de refrigeración debe ser sometido a una prueba de estanquidad bien como conjunto o por sectores. Este ensayo podrá realizarse antes de salir el equipo de fábrica, si el montaje se

realiza en ésta, o bien in situ, si el montaje o la carga de refrigerante se hacen en el lugar de emplazamiento.

-- Procedimiento de vacío.

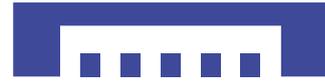
Vacío (absoluto). Extraer la humedad mediante vacío a temperatura ambiente no es un proceso efectivo y no debe ser utilizado para tal fin.

- Ensayo del conjunto de la instalación antes de su puesta en marcha.

Antes de poner en funcionamiento un sistema de refrigeración se debe comprobar el mismo en su totalidad. Se verifica que la instalación está de acuerdo con los planos constructivos, los diagramas de flujo, tuberías e instrumentación, control y esquemas eléctricos.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERIA MECANICA

DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESESCARCHE DE UN ARCÓN FRIGORÍFICO

DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	- 103 -
2. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS.	- 103 -
2.1. COSTE DE LA MANO DE OBRA.....	- 103 -
2.2. COSTES DE EQUIPOS Y ACCESORIOS DE LA INSTALACIÓN	- 104 -
3. PRESUPUESTO BASE	- 104 -

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al presupuesto de realización del proyecto “Diseño y optimización del proceso de desescarche de un arcón frigorífico.”.

Este presupuesto engloba el uso del equipo informático, los elementos para realizar la modificación del circuito frigorífico, los distintos sensores y la mano de obra especializada.

En el siguiente apartado se muestra el cuadro de precios descompuestos de cada una de las unidades que compone los bloques en los que se ha estructurado el presupuesto. Se detallarán los costes parciales de los distintos procesos que integran la totalidad de la realización de cada una de las fases, llegando finalmente al presupuesto global.

Dentro de cada unidad de obra se contará con una fracción destinada a costes indirectos. Este concepto supondrá un 5% del sumatorio de los importes que componen la unidad de obra. Estos costes complementarios englobarán aquellos costes de difícil cuantificación, en concepto de mano de obra, materiales, amortizaciones de la maquinaria, etc.

2. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS.

En este apartado se calcula el coste del material adquirido para la modificación del circuito frigorífico validación del modelo, la amortización de los equipos informáticos y los costes de la mano de obra.

2.1. COSTE DE LA MANO DE OBRA

En este capítulo se han detallado todos los gastos de mano de obra no subcontratada asociados al proyecto, tal y como muestra la Tabla 1. Se han recopilado los costes de todos los profesionales requeridos a lo largo de las distintas fases del proyecto, desde el diseño y puesta a punto de la instalación y el análisis de los resultados generados, hasta el diseño y realización de los distintos ensayos.

El precio unitario de la hora trabajada de cada profesional son valores actuales de facturación en el mercado, teniendo en cuenta tanto pagos a la seguridad social y desempleo, como pagas extraordinarias y vacaciones.

CATEGORÍA	TIEMPO (h)	PRECIO UNITARIO (€/h)	TOTAL (€)
Ingeniero especialista en mecánica	200	45	9000
Ingeniero especialista en refrigeración	100	45	4500
Oficial 1ª refrigeración	75	30	2250
Ayudante refrigeración	75	24	1800
TOTAL			17550

Tabla 1. Coste de la mano de obra

2.2. COSTES DE EQUIPOS Y ACCESORIOS DE LA INSTALACIÓN

A continuación se desglosan en la Tabla 2 los costes de los equipos, materiales necesarios en la modificación del circuito frigorífico y la energía consumida a lo largo del proyecto.

CONCEPTO	UNIDAD	MEDICIÓN	PRECIO UNIDAD (€)	TOTAL (€)
Arcón frigorífico	Ud.	1	1109,28	1109,28
Ruedas arcón	Ud.	4	37,25	149
Tubo de cobre 1/4	m	5	5,10	25,5
Tubo de cobre 3/8	m	5	5,24	26,20
Tubo aislante armaflex	m	15	1,20	18
Web Cam	Ud.	1	10,99	10,99
Mesa	Ud.	1	18	18
Material eléctrico	Ud.	1	10,35	10,35
Data logger Agilent	Ud.	1	2152	2152
Ordenador + pantalla LG	Ud.	1	655	655
Transductor de presión	Ud.	2	1254	2508
Botella de 420 gr de R 404A	Ud.	1	25,40	25,40
Cable termopar tipo T	m	20	1,25	25
Cinta adhesiva aluminio	Ud.	1	5	5
Cinta adhesiva aislante de armaflex	Ud.	1	14,20	14,20
Energía eléctrica	KWh	189,091	0,12	22,69
Papelería y similares	Ud.	1	20	20
Accesorios de cobre	Ud.	10	0,54	5,40
Gastos indirectos	-	0,05	6800	340
TOTAL				7140,01

Tabla 2. *COSTES DE EQUIPOS Y ACCESORIOS DE LA INSTALACIÓN*

3. PRESUPUESTO BASE

En primer lugar se presentará en la siguiente tabla el presupuesto de ejecución material, que es la suma de cada uno de los costes calculados anteriormente.

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	
DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
Coste de la mano de obra	17550
Costes de equipos y accesorios de la instalación	7140,01
TOTAL	24690,01

A continuación se detalla el presupuesto total, el cual, habiendo obtenido el total de ejecución del material, se aplicará un 12% de gastos generales, un 6% de beneficio industrial y los impuestos correspondientes.

PRESUPUESTO BASE	
DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
PEM	24690,01
Gastos Generales (12%)	2962,80
Beneficio Industrial (6%)	1481,40
TOTAL	29134.21
IVA (21%)	6118,18
PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO	35252,3941

Por tanto, el coste total de ejecutar la validación y las instalaciones para la optimización de un frigorífico de alta gama para el aumento de su eficiencia energética, llevado a cabo en el presente proyecto asciende a TREINTA Y CINCO MIL DOCIENTOS CINCUENTA Y DOS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS.