



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**ENFRIADOR DE AGUA “CHILLER-3” PARA MÁQUINA DE EXTRUSIÓN DE
PLÁSTICO**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

Presenta:

Mariano Enrique Ávila Hernández

Asesor interno:

Dr. Vicente Flores Lara

Apizaco Tlaxcala a 16 de abril de 2020

Apizaco, Tlaxcala, **30/noviembre/2023**

Oficio No.: MM/657/2023.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DEL DEPTO. DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación Integral:

Alumno:	MARIANO ENRIQUE ÁVILA HERNÁNDEZ
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	15370117
Nombre del Proyecto:	ENFRIADOR DE AGUA "CHILLER-3" PARA MAQUINA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO.
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTEExcelencia en Educación Tecnológica-
Pensar para Servir, Servir para TriunfarSECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLOGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL-MECÁNICA
ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA

 VICENTE FLORES LARA ASESOR	 JORGE AGUILAR VÁZQUEZ REVISOR	 EREN SÁNCHEZ FLORES REVISOR
---	--	--

- Cp. Oficina de Titulación
Cp. Departamento de Servicios Escolares
Cp. Expediente. -Jefe de proyectos de vinculación Metal-Mecánica

EAB*petry.



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 134
e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx | tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx

**2023**
Francisco
VIESCA



Apizaco, Tlax., 07/febrero/2024

No. OFICIO: DEP-CT/104/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

MARIANO ENRIQUE AVILA HERNANDEZ
EGRESADO DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL: 15370117
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"ENFRIADOR DE AGUA "CHILLER-3" PARA MÁQUINA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar*

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO

Agradecimientos

A mis padres

Martha Elva Hernández Utrera

Enrique Ávila Rodríguez

por darme el cariño y amor, la confianza y la fortaleza para seguir día a día, gracias por todo lo que hicieron para ser quien soy y seré.

A mi hermana

Idalia Ávila Hernández

por ser el ejemplo a seguir en mi vida, por ser mi protectora y por ser guía en mi camino.

A mi sobrinita

Estefy

la pequeña princesa de la familia e incansable guerrera, compañerita de travesuras.

A aquellos que se convirtieron en parte de esta familia

Juan Carlos García Barajas

Blanca Vianey Quintero López

Gracias por el apoyo incondicional, los consejos y los buenos momentos que pasamos en familia.

Al gran amigo

José Noe Sánchez López

por las enseñanzas, por los consejos, por el apoyo y por ser como un hermano mayor.

A mis profesores

Dr. Vicente Flores Lara; *por ser un ejemplo académico e inspirarme a la superación académica a cada instante.*

Dr. José Manuel Cervantes Vázquez; *quien fue uno de los profesores que compartió su conocimiento a lo largo de nuestra formación.*

¡Gracias a todos!

Resumen

El siguiente trabajo tiene como objetivo explicar y presentar detalladamente la preparación de un CHILLER (enfriador de agua) a través de la modificación de una unidad condensadora, dicho equipo ha sido instalado en una empresa dedicada a la fabricación de productos plásticos de uso automotriz, que se obtienen mediante proceso de moldeo y extrusión. Por lo tanto el equipo tiene como meta reducir las altas temperaturas en el agua que es utilizada para los procedimientos dentro de la planta, cabe señalar que el agua es recirculada a las diferentes máquinas por lo que es primordial mantener el fluido a temperatura baja, específicamente para la máquina para lo cual fue implementado.

La propuesta surge parte de la mejora y modificación de una unidad condensadora que para fines prácticos su propósito es otro. Está estará fija a una estructura metálica, donde se han ido incorporando componentes que permitan y asemejen el trabajo de un Chiller convencional del mercado.

Este se logró se obtuvo mediante el estudio y el análisis de los ciclos de refrigeración que permiten la selección correcta de los elementos, comportamiento de trabajo, costo y su subsecuente plan de mantenimiento, cubriendo completamente la necesidad de enfriamiento que requiere la máquina.

A la mejora del equipo se ha incorporado una mejor conexión eléctrica de control y potencia para el funcionamiento correcto de la máquina frigorífica.

Índice

1.	Introducción.....	2
2.	Lugar donde se realizará el proyecto	3
3.	Planteamiento del problema	3
4.	Objetivo general.....	3
4.1.	Objetivos específicos.....	3
5.	Justificación	4
6.	Marco Teórico	5
6.1.	Ciclo de Refrigeración	8
6.2.	Sobrecalentamiento y subenfriamiento como métodos de protección en un ciclo de refrigeración	2
6.3.	Estudio de elementos de refrigeración.....	3
7.	Descripción de cada una de las actividades	4
7.1.	Propuesta del equipo para la empresa Schelemmer	4
7.2.	Cotización y compra de elementos que componen el CHILLER	5
7.4.	Montaje y conexión con soldadura de aleación de plata para armar el circuito de refrigeración del CHILLER	5
7.5.	Pruebas de hermeticidad al circuito de refrigeración con presión de 250 lb de Nitrógeno	6
7.6.	Someter el equipo a 28 inHg de vacío para asegurar 0% de humedad en el sistema	6
7.7.	Elaboración y conexión del diagrama eléctrico de fuerza y control	6
7.8.	Correcciones. Pruebas de funcionamiento. Monitoreo de operación	7
8.	Análisis de resultados.....	8
8.1.	Carga térmica del agua.....	8
8.2.	Cálculo del compresor	8
8.3.	Selección de unidad condensadora	9
8.4.	Evaporador	10
8.5.	Diagrama eléctrico	10
8.6.	Plan de mantenimiento.....	12
9.	Conclusiones	12
10.	Experiencia adquirida	12
11.	Fuentes de información	13

1. Introducción

Actualmente hablar de refrigeración es importante para la vida y confort del ser humano, pues su amplia aplicación se extiende cada día más, entre las que se puede mencionar; la refrigeración para la conservación y producción de alimentos, en el sector industrial, en el transporte y el acondicionamiento de espacios.

El uso del agua fría para mantener condiciones controladas de temperatura y humedad se remonta a principios del siglo XX, fue cuando las industrias vieron ventajas económicas que ésta nueva tecnología prometía. En ese entonces sólo se podía contar con equipos que enfriaban y deshumedecían el aire por contacto directo con el agua fría lo que requería que la temperatura del agua fría se mantuviera por debajo de la temperatura del punto de rocío (*La temperatura a la que se condensa o “solidifica” el vapor de agua en una muestra de gas a un valor de presión se le llama temperatura de punto de rocío o de “escarcha” y su valor depende de la presión del gas*) que se pretendía lograr en el aire de suministro durante todo el proceso pues el intercambio térmico aire-agua era en paralelo.

La importancia de conocer aplicaciones de un enfriador de agua en procesos industriales o de acondicionamiento es de suma importancia para la vida de un ingeniero, pues de ello depende la calidad de un producto o confort que puede ofrecer, de igual manera el solucionar problemas a través de este tipo de equipos.

Anudado a esto, es importante mencionar que una de las principales áreas de aplicación de la termodinámica es la refrigeración, que; es la transferencia de calor de una región de temperatura inferior hacia una temperatura superior.

Teniendo en cuenta esto, el estudio termodinámico de nuestro equipo es fundamental pues se analizará la eficiencia con la que cuenta, la selección de nuestro gas refrigerante y el comportamiento que tiene en cada sección del sistema, para finalmente descartar o utilizar eficazmente nuestro equipo.

2. Lugar donde se realizará el proyecto

Airy Cyr es una empresa dedicada a la prestación de servicios de aire acondicionado, refrigeración comercial, auto climas y refrigeración Industrial, teniendo el placer de servir a múltiples empresas en el mantenimiento e instalación de equipos frigoríficos y de acondicionamiento de espacios, el proyecto en cuestión está destinado a la planta Schlemmer, que tiene la labor de fabricar piezas y accesorios plásticos para uso industrial y de uso automotriz, de los cuales se fabrican principalmente por moldeo y extrusión.

Información de la empresa para la que se desarrollara el proyecto

AIRY CYR CLIMATIZACION Y REFRIGERACION

Misión: Establecer soluciones eficazmente en acondicionamiento de aire y refrigeración, siendo indispensable la calidad, ingeniería, innovación y sustentabilidad, una empresa potencial y ser la mejor alternativa a sus requerimientos.

3. Planteamiento del problema

La extrusión de plástico es un proceso industrial en el cual se realiza una acción de prensado y moldeo del plástico que por constante presión y por el empuje que se realiza, el polímero es forzado a pasar por una boquilla (o dado) por medio de un husillo o tornillo sin fin que gira concéntricamente dentro de una cámara que se encuentra a temperaturas controladas para que la elaboración del producto sea la ideal, sin embargo una vez fundido el polímero y con la forma deseada, mantiene una temperatura alta que si persiste durante un tiempo indefinido antes de llegar a la línea de corte, el producto puede perder su forma y propiedades. A pesar de que la máquina extrusora cuenta con compartimientos de agua que ayudan a disminuir la temperatura del filamento plástico no se satisface por completo, debido a que esta agua fría es compartida por el resto de máquinas que se encuentran en las líneas de producción.

4. Objetivo general

Modificar la forma original de una unidad condensadora de manera que asemeje a un enfriador de agua "Chiller" y así mantener las temperaturas adecuadas del agua fría con la que trabaja la máquina de extrusión, para amparar las propiedades, forma y calidad del producto.

4.1. Objetivos específicos

- Transformar una unidad condensadora e implementarlo como un equipo de enfriamiento de la empresa Airy CyR, de manera que cumpla con las necesidades de trabajo.
- Realizar un circuito de fuerza y control para el equipo.
- Construir una estructura compacta y resistente para el equipo.

- Que el equipo garantice el enfriamiento del agua entre 20 °C y 12 °C.
- Garantizar el funcionamiento del equipo hasta por 6 años a través de un plan de mantenimiento.

5. Justificación

Todo proceso requiere temperaturas para realizar un trabajo, para lograr la fabricación adecuada de sus productos y que estos logren cumplir las normas de calidad, al no cumplir con estos parámetros de temperatura la producción es más compleja de realizar y el índice de calidad más difícil de alcanzar.

La planta para la que se trabajó cuenta con dos CHILLER'S de 15 T.R. (1 T.R. = 12 000 B.T.U. unidades de energía para refrigeración = 1.055056 kJ/h) sin embargo el CHILLER-1 y el CHILLER-2 no logran suministrar el agua fría a toda la planta, ya que la distancia a la que se encuentran las líneas de trabajo dificulta que el agua llegue con la temperatura deseada a cada máquina, también es conveniente mencionar que durante las épocas en las que la temperatura ambiente aumenta se vuelve más difícil para estos equipos enfriar el líquido, por lo antes mencionado y para mejora del producto, durante la producción se decidió que la conexión directa del CHILLER-3 a la máquina extrusora, es decir a pie de máquina, sirve de apoyo continuo a los dos CHILLER'S principales, de esta manera el agua que circula en la máquina de extrusión se enfriará a una temperatura mínima de 12°C, que es más de lo requerido ya que los intervalos de temperatura con la que trabaja la maquina rondan entre los 18°C y 16°C.

El tamaño del equipo que se ha sugerido permite que opere a lado de la máquina extrusora ocupando un pequeño espacio dentro de la fábrica a diferencia de equipos contruidos por las marcas líderes en refrigeración como York o Carrier que cuentan con equipos grandes y ostentosos y con precios en el mercado que rondan entre 87 y 98 mil pesos, mientras que el equipo de Airy CyR tiene un valor aproximado de 68 mil pesos ofreciendo calidad y eficiencia a un menor costo.

Actualmente el cuidado del medio ambiente es pieza fundamental en los equipos de refrigeración, pues gases refrigerantes como el R22 (Clorodifluorometano CHClF₂) daña la capa de ozono, debido a esto el CHILLER-3 trabaja con gas refrigerante R407C (mezcla de R-32, R-125 y R-134 A (3), el cual es un refrigerante ecológico e ideal para ciclos de refrigeración de media y baja temperatura, siendo el mejor sustituto del R-22, el R407C químicamente es estable, produciendo buenas propiedades termodinámicas, bajo efecto ambiental y baja toxicidad. Este clasificado como A₁ Grupo L₁ de refrigerantes de alta seguridad.

6. Marco Teórico

Para comprender mejor el funcionamiento de lo que es y cómo funciona un CHILLER es necesario abordar definiciones y conceptos que engloban a estas máquinas de refrigeración industrial.

<https://chillercarrierenmexico.com/>. (Definiciones); Un enfriador de agua o water chiller es un caso especial de máquina frigorífica cuyo cometido es enfriar un medio líquido, generalmente agua. En modo bomba de calor también puede servir para calentar ese líquido.

<https://0grados.com.mx/>. (Chillers, Aspectos técnicos. Julio 21, 2017); El chiller es un refrigerador de líquido, que, como en un sistema de expansión directa, calienta o enfría mediante el intercambio térmico. Tiene como características principales:

- Mantener el líquido refrigerado cuando está en función de frío
- Mantener el líquido caliente cuando está en función de bomba de calor

Otra definición presentada por

<https://0grados.com.mx/>. Revista Cero Grados en su artículo (¿Cómo seleccionar un Chiller? Octubre 1, 2019); El enfriador o chiller es una máquina frigorífica cuya función es enfriar un medio líquido, el cual suele ser agua. En otras palabras, cuando la función de frío está activa el chiller mantiene el líquido refrigerado; también puede funcionar como una bomba de calor para calentar el líquido. Esto se logra con ayuda del intercambio térmico por expansión directa.

Ahora que sabemos que es un Chiller la pregunta es, ¿Cómo funciona internamente?

Y para eso nos apoyaremos en específico de la ciencia que estudia el comportamiento de la energía, la termodinámica, a través de ella podremos entender cómo se realizan los cambios de materia y de energía dentro de estas máquinas.

Por ley termodinámica se sabe que el calor es transferido hacia una temperatura decreciente, es decir, desde un medio con temperatura alta hacia otro con temperatura baja. Este es un fenómeno que ocurre naturalmente, sin la intervención de ningún dispositivo o máquina, sin embargo, el proceso inverso o proceso de refrigeración no puede ocurrir de forma natural.

Para realizar el trabajo de refrigeración es necesario utilizar sistemas cíclicos como refrigeradores o en este caso los Chillers, que utilizan un fluido de trabajo llamado gas refrigerante.

Yunus CENGEL [2006], Termodinámica, Edit. Mc Graw Hill] pág. 287; El ciclo de refrigeración más utilizado, es el ciclo de refrigeración por compresión por vapor. Utilizando principalmente cuatro elementos para formar el sistema de refrigeración, compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador.

Dentro de este ciclo el gas refrigerante entra al ¹**compresor** como vapor y se comprime a una presión dada a la con salida en dirección del condensador, posteriormente sale del compresor a una temperatura relativamente alta y se enfría y condensa a medida que

fluye por los serpentines del ²**condensador** rechazando calor al medio circundante. Después entra al ³**válvula de expansión** donde su presión y temperatura caen de forma drástica debido al efecto de estrangulamiento. Luego, el refrigerante a temperatura baja entra al ⁴**evaporador**, donde se evapora absorbiendo calor del espacio refrigerado. El ciclo se completa cuando el refrigerante sale del evaporador y vuelve a entrar al compresor.

Para realizar el ciclo de refrigeración, se requiere una sustancia llamada **gas refrigerante**, que a menor temperatura que el cuerpo u objeto que se desea enfriar, se pone en contacto con éste, adquiriendo parte de su calor y así este gas refrigerante eleva su temperatura. El principio **termodinámico** para enfriar al refrigerante a la temperatura necesaria para tomar el calor del producto por refrigerar, es bastante sencillo: cuando un líquido se evapora, absorbe calor de sus alrededores, produciendo un enfriamiento, a este fenómeno se le llama transferencia de calor.

La evaporación del refrigerante se logra al reducir la presión hasta que empieza a ebullición a una temperatura menor a la del ambiente y a la del producto. Al absorber el calor, se calienta hasta convertirse totalmente en vapor. Para completar el ciclo es necesario llevar el refrigerante a su estado líquido y a una presión alta, a fin de repetir el proceso.

Para completar los principios de refrigeración debemos conocer los siguientes conceptos que interactúan dentro de un sistema de refrigeración.

Presión

Se define como la *fuerza normal que ejerce un fluido por unidad de área*. Se habla de presión sólo cuando se trata de gas o líquido, mientras su contraparte de la presión en sólidos es el esfuerzo normal. Donde su unidad de medida son los newtons por metro cuadrado N/m^2 , conocido también como **pascal** (Pa), es decir, $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/m^2$.

La presión real en una determinada posición se llama **presión absoluta**, y se mide respecto al vacío absoluto (es decir, presión cero absoluta). Sin embargo, la mayor parte de los dispositivos para medir la presión se calibran a cero en la atmósfera, por lo que indican la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica local; esta diferencia es la **presión manométrica**. Las presiones por debajo de la atmosférica se conocen como **presiones de vacío** y se miden mediante medidores de vacío que indican la diferencia entre las presiones atmosférica y absoluta.

Las presiones absoluta, manométrica y de vacío son todas positivas y se relacionan entre sí mediante:

$$P_{manométrica} = P_{abs} - P_{atm}$$

$$P_{vacío} = P_{atm} - P_{abs}$$

La presión es la *fuerza de compresión* por unidad de área y da la impresión de ser un vector. Sin embargo, la presión en cualquier punto de un fluido es la misma en todas direcciones, es decir, tiene magnitud, pero no dirección específica y por lo tanto es una cantidad escalar.

Temperatura

La ley cero de la termodinámica establece que si dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico con un tercero, están en equilibrio térmico entre sí.

Si el tercer cuerpo se sustituye por un termómetro, la ley cero se puede volver a expresar como; dos cuerpos están en equilibrio térmico si ambos tienen la misma lectura de temperatura incluso si no están en contacto.

La temperatura es una propiedad de las sustancias y depende de la velocidad del movimiento de las moléculas del cuerpo, de tal manera que, a mayor velocidad, mayor temperatura.

Las escalas de temperatura permiten usar una base común para las mediciones de temperaturas. A través de la historia se han introducido varias y todas se basan en ciertos estados fácilmente reproducibles como los puntos de congelación y ebullición del agua, llamados también punto de hielo y punto de vapor, respectivamente.

Una mezcla de hielo y agua que está en equilibrio con aire saturado con vapor a 1 atm de presión está en el punto de hielo, mientras que una mezcla de agua líquida y vapor de agua (sin aire) en equilibrio a 1 atm de presión se encuentra en el punto de vapor.

Las escalas de temperatura usadas actualmente en el SI y en el sistema inglés son la escala **Celsius °C** y la escala **Fahrenheit °F**.

Punto de hielo 0 °C y punto de vapor 100 °C
Punto de hielo 32 °F y punto de vapor 212 °F

Cabe mencionar que estas son las escalas más utilizadas para la medición de sistemas de refrigeración.

Calor

El calor se define como la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o entre un sistema y el exterior) debido a una diferencia de temperatura.

Calor = energía térmica en tránsito

Para que exista esta diferencia de temperaturas se da a través de un fenómeno que se llama Transferencia de Calor, los cuales son;

Transferencia por conducción: transferencia de calor entre dos puntos de un cuerpo sin que produzca transferencia de materia.

Radiación; calor emitido por un cuerpo sin contacto físico.

Convección; existe la intervención de un fluido (gas o líquido) en movimiento que transporta energía térmica entre dos zonas.

Convección Forzada y Natural.

Calor latente

Es aquella energía necesaria que se debe suministrarse o sustraerse para el cambio de fase de una sustancia.

Calor específico

Se define como la energía requerida para elevar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia.

Otro punto importante que se debe mencionar es las medidas de energía utilizados en los sistemas de refrigeración. Pues se les conoce como medidas de energía térmica.

Empecemos por definir *Trabajo*: Trabajo que es una forma de energía, se puede definir simplemente como la fuerza multiplicada por la distancia; por lo tanto, tiene la unidad “newton metro ($N \cdot m$)”, llamado joule (J), $1 J = 1 N \cdot m$.

En el sistema inglés, la unidad de energía es el **BTU** (British thermal unit), que se define como la energía requerida para elevar en $1^\circ F$ la temperatura de 1 lbm de agua a $68^\circ F$. En el sistema métrico, la cantidad de energía necesaria para elevar en $1^\circ C$ la temperatura de 1 gramo de agua a $14.5^\circ C$ se define como 1 **caloría** (cal), y $1 cal = 4.1868 J$. Las magnitudes de kilojoule y BTU son casi idénticas ($1 BTU = 1.0551 kJ$).

Otra manera de medir la capacidad de enfriamiento de un sistema de refrigeración es; *las toneladas de refrigeración (TR)* que se traduce como: La capacidad de un sistema de refrigeración que puede congelar 1 tonelada (2 000 lbm) de agua líquida a $0^\circ C$ ($32^\circ F$) en hielo a $0^\circ C$ en 24 horas será 1 tonelada. Una tonelada de refrigeración es equivalente a 211 kJ/min o 200 BTU/min.

$$1 TR = 12000 BTU/h$$

$$(1 T.R. = 12\ 000 B.T.U. \text{ unidades de energía para refrigeración} = 1.055056 \text{ kJ/h})$$

6.1. Ciclo de Refrigeración

En la figura 6.1 se aprecia el ciclo de refrigeración simple y, los elementos que lo componen, en breve, se dará una explicación de cada elemento, así como otros componentes que se utilizan en enfriadores de agua.

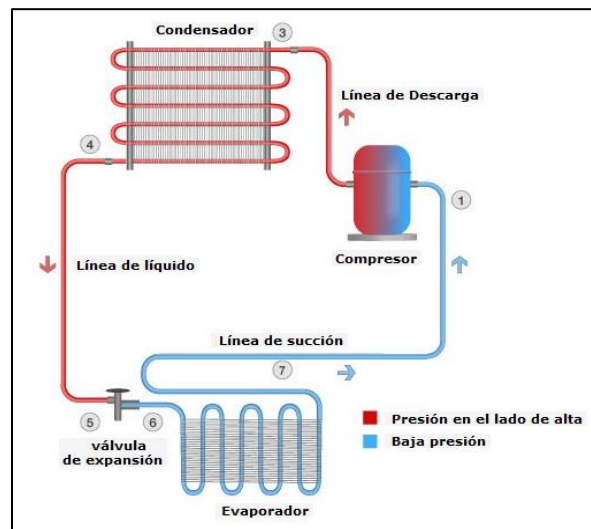


Figura 6.1 Ciclo básico de refrigeración.

Compresor

El propósito del compresor es aumentar la presión del gas refrigerante (presurizar) en el sistema y actúa como una bomba que aspira el refrigerante y lo empuja dentro de las tuberías. Succión de fluido refrigerante en estado gaseoso, *baja $T_{temperatura}$ y baja $P_{presión}$* pudiéndose clasificar en:

- Reciprocantes: Herméticos, Semi-herméticos y Semi-herméticos/ Sistema abierto.
- Rotativos
- Tornillo
- Embolo

Condensador

Este componente consiste en un serpentín con aletas metálicas y uno o más ventiladores que impulsan aire para enfriar el vapor refrigerante caliente y condensarlo a su estado líquido a una temperatura igual o ligeramente mayor que la temperatura ambiente; bajo estas condiciones al refrigerante se le llama líquido **subenfriado**. El condensador recibe descarga gaseosa y sale líquido. Los condensadores se subdividen por el tipo de enfriamiento.

- Enfriamiento por aire
- Enfriamiento por agua
- Enfriamiento por tiro natural

Filtro deshidratador (succión)

Se encuentra instalado en la línea de succión y tiene por objeto absorber cualquier humedad que contenga el refrigerante, así como detener cualquier partícula extraña que viaje hacia el compresor.

- Piedra desecante
- Arena Silica

Válvula de termo expansión

Tiene como finalidad controlar el suministro apropiado de líquido refrigerante al evaporador, así como reducir la presión del refrigerante de manera que vaporice a la temperatura deseada. Cuando esto sucede, el líquido se expande y una parte se evapora, bajando su temperatura. Cuanto más “subenfriado” llegue el líquido refrigerante a la válvula, menos cantidad tendrá que evaporarse para alcanzar la temperatura adecuada de enfriamiento. De las cuales se pueden clasificar;

- Con bulbo sensor (estándar sencillo)
- Con bulbo y puerto ecualizador (Temperatura y presión)

Evaporador

Usualmente, éste es un serpentín con aletas similar al condensador, pero de menor tamaño. La mezcla vapor + líquido, que sale del dispositivo de expansión, recorre todo el serpentín y absorbe el calor de los alrededores, enfriando cualquier fluido que pase sobre él (agua o aire).

- Evaporación por agua (Refrigeración)
- Evaporación por aire (A/C)
- Casco y tubo/ intercambiador de placas

Separador de aceite

Su función principal es asegurar el correcto retorno de aceite al compresor. Asegura que el evaporador trabaje sin acumulación de aceite reduciendo la energía.

Calefactor de cárter

Calienta el aceite del compresor para que al iniciar la operación éste tenga las condiciones correctas de viscosidad; al parar el compresor, el calefactor se energiza y evapora cualquier rastro de refrigerante líquido en el cárter, al arrancar la unidad se desenergiza automáticamente.

Acumulador de succión

Protege al compresor de los daños que ocasiona el refrigerante líquido o el aceite en exceso cuando retornan repentinamente. Entrampa temporalmente la mezcla de refrigerante y aceite permitiéndoles retornar al compresor de forma segura.

Presostato de alta y baja presión

Protege al compresor contra la operación en vacío o las presiones altas de trabajo. Estas operaciones son causa de diversas fallas en el sistema de refrigeración, y es una condición indeseable.

Gas refrigerante

De manera general, un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

Desde el punto de vista de la refrigeración mecánica por evaporación de un líquido y la compresión de vapor, se puede definir al refrigerante como el medio para transportar calor desde donde lo absorbe por ebullición, a baja temperatura y presión, hasta donde lo rechaza al condensarse a alta temperatura y presión.

Un refrigerante debe satisfacer dos importantes requisitos:

1. Debe absorber el calor rápidamente, a la temperatura requerida por la carga del producto.
2. El sistema debe usar el mismo refrigerante constantemente, por razones de economía y para enfriamiento continuo.

Por muchos años (desde 1876), al amoníaco se le han encontrado excelentes propiedades como refrigerante bióxido de azufre, propano, etano y cloruro de etilo, y desde entonces, ha sido el refrigerante más utilizado comúnmente. Aún en la actualidad, ha demostrado ser satisfactorio, sobre todo en refrigeración industrial en grandes plantas. Sin embargo, debido a que estas sustancias son tóxicas, peligrosas o tienen características no deseadas, han sido reemplazadas por otras creadas especialmente para usarse en refrigeración.

Clasificación de los refrigerantes

- **Clorofluorocarbonos CFCs.** Refrigerantes como el R-11 (Triclorofluorometano CCl_3F), R-12 (Diclorodifluorometano CCl_2F_2), R-113, R-114, R-115 y R-502, son refrigerantes pioneros en el uso de sistemas de refrigeración por compresión, sin embargo, para la década de los setenta, ya había sospechas de que estos compuestos afectaban la capa de ozono de la atmósfera, pero no se podía demostrar, por ello, en 1987, con la ratificación del Tratado de Montreal, los países acordaron eliminar el uso de Clorofluorocarbonos (CFC) como refrigerantes.
- **Hidroclorofluorocarbonos HCFCs.** Refrigerantes como el R-22 (Clorodifluorometano CHClF_2) son la segunda categoría de refrigerantes que están vigentes actualmente. Aunque contienen cloro, que daña la capa de ozono, los refrigerantes HCFCs también contienen hidrógeno, que los hace químicamente menos estables una vez que suben a la atmósfera. Los más comunes son el R134a (Tetrafluoroetano CH_2FCF_3) y el R125, (Pentafluoroetano CHF_2CF_3), los cuales se utilizan como sustitutos del R11, R12.
- **Mezcla azeotrópica.** Se identifica por un número de tres cifras que comienza con el 5. Está formada por dos o más sustancias simples o puras que tienen un punto de ebullición constante y se comportan como una sustancia pura, logrando mejores características de desempeño. El azeótropo tipo R502 es una mezcla de R12 y R115 que se utilizaba mucho en operaciones de baja temperatura, pero debido a que contiene R12, también se limita su uso y se ha detenido su fabricación. Como reemplazo se utilizan otras mezclas como el R401, R404a, R507 y el R402b.

Requerimientos de los Refrigerantes

Para que un líquido pueda ser utilizado como refrigerante, debe reunir ciertas propiedades, tanto termodinámicas como físicas. El refrigerante ideal, sería aquél que fuera capaz de descargar en el condensador todo el calor que absorba del evaporador, la línea de succión y el compresor.

Identificación de Refrigerantes

Los refrigerantes se identifican por números después de la letra R, que significa "refrigerante". El sistema de identificación ha sido estandarizado por la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). Es necesario estar familiarizado con los números, así como con los nombres de los refrigerantes.

En la figura 6.2, aparecen los refrigerantes más comunes. Cabe mencionar que las mezclas zeotrópicas, son refrigerantes transitorios que se desarrollaron para substituir al R-22 y al R-502, aunque algunas de estas, van a permanecer como sustitutos de estos refrigerantes.

Propiedades Termodinámicas

1. Presión - Debe operar con presiones positivas.
 2. Temperatura - Debe tener una temperatura crítica por arriba de la temperatura de condensación. Debe tener una temperatura de congelación por debajo de la temperatura del evaporador. Debe tener una temperatura de ebullición baja.
 3. Volumen - Debe tener un valor bajo de volumen específico en fase vapor, y un valor alto de volumen en fase líquida.
 4. Entalpia - Debe tener un valor alto de calor latente de vaporización.
 5. Densidad
 6. Entropia
- Propiedades Físicas y Químicas
7. No debe ser tóxico ni venenoso.
 8. No debe ser explosivo ni inflamable.
 9. No debe tener efecto sobre otros materiales.
 10. Fácil de detectar cuando se fuga.
 11. Debe ser miscible con el aceite.
 12. No debe reaccionar con la humedad.
 13. Debe ser un compuesto estable.

Fácilmente se comprende que ninguno de los refrigerantes conocidos reúne todas estas cualidades; es decir, no existe un refrigerante ideal, por lo que, en base a un balance de ventajas, deberá seleccionarse el que reúna el mayor número de estas características de acuerdo al diseño requerido

No.	NOMBRE QUIMICO	FORMULA QUIMICA
Serie Metano		
10	Tetraclorometano (tetracloruro de carbono)	CCl_4
11	Tricloromonofluorometano	CCl_3F
12	Diclorodifluorometano	CCl_2F_2
13	Clorotrifluorometano	$CClF_3$
20	Triclorometano (cloroforno)	$CHCl_3$
21	Diclorofluorometano	$CHCl_2F$
22	Clorodifluorometano	$CHClF_2$
23	Trifluorometano	CHF_3
30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH_2Cl_2
40	Clorometano (cloruro de metilo)	CH_3Cl
50	Metano	CH_4
Serie Etano		
110	Hexacloroetano	CCl_3CCl_3
113	1,1,2-triclorotrifluoroetano	CCl_2FCClF_2
115	Cloropentafluoroetano	$CClF_2CF_3$
123	2,2-Dicloro-1,1,1-Trifluoroetano	$CHCl_2CF_3$
134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	CH_2FCF_3
141b	1,1-Dicloro-1-fluoroetano	CH_3CCl_2F
150a	1,1-Dicloroetano	CH_3CHCl_2
152a	1,1-Difluoroetano	CH_3CHF_2
160	Cloroetano (cloruro de etilo)	CH_3CH_2Cl
170	Etano	CH_3CH_3
Hidrocarburos		
290	Propano	$CH_3CH_2CH_3$
600	Butano	$CH_3CH_2CH_2CH_3$
600a	2-Metilpropano (Isobutano)	$CH(CH_3)_3$
Compuestos Inorgánicos		
702	Hidrógeno	H_2
704	Helio	He
717	Amoníaco	NH_3
718	Agua	H_2O
720	Neón	Ne
728	Nitrógeno	N_2
732	Oxígeno	O_2
744	Bióxido de Carbono	CO_2
764	Bióxido de Azufre	SO_2
Mezclas Zeotrópicas		
400	R-12/114 (60/40)	
401A	R-22/152a/124 (53/13/34)	
401B	R-22/152a/124 (61/11/28)	
402A	R-22/125/290 (38/60/2)	
402B	R-22/125/290 (60/38/2)	
404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	
407A	R-32/125/134a (20/40/40)	
407B	R-32/125/134A (10/70/20)	
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	
408A	R-125/143a/22 (7/46/47)	
409A	R-22/124/142b (60/25/15)	
410A	R-32/125 (50/50)	
Mezclas Azeotrópicas		
500	R-12/152a (73.8/26.2)	
502	R22/115 (48.8/51.2)	
503	R-223/13 (40.1/59.9)	
507	R-125/143a (50/50)	

Figura 6.2 Nombres de refrigerantes

Las tres formas de los refrigerantes

En un sistema de refrigeración, el refrigerante existirá en una de las formas siguientes:

1. Líquido
2. Vapor
3. Mezcla de Líquido y Vapor

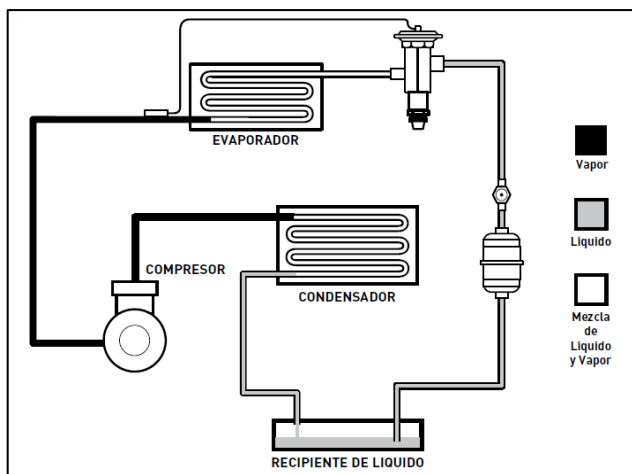


Figura 6.3 Estado en que se encuentra el refrigerante en diversos puntos de un sistema de refrigeración operando normalmente.

Note que el lado de alta contiene refrigerante en las tres condiciones. La línea de descarga contiene vapor. El condensador, que contiene una mezcla de vapor y líquido, es donde el vapor se condensa en líquido. La línea entre el condensador y el recipiente usualmente contiene solo líquido, aunque no sería anormal encontrar una mezcla de vapor y líquido. Dado que el recipiente tiene un nivel de líquido en determinado momento, se debe pensar que tiene una mezcla de vapor y líquido.

La línea de líquido que sale del recipiente y continúa hasta la válvula de expansión termostática debe contener solamente líquido. Frecuentemente se instala un indicador de líquido y humedad, o un visor, en la línea de líquido para ayudar a determinar si el refrigerante líquido está completamente libre de vapor.

El lado de baja del sistema usualmente contendrá refrigerante en solo dos de las tres formas. El lado de baja tiene vapor en la línea de succión y una mezcla de líquido y vapor en la salida de la válvula de expansión termostática hasta cerca de la salida del evaporador.

6.2. Sobrecalentamiento y subenfriamiento como métodos de protección en un ciclo de refrigeración

Para garantizar una mayor eficiencia de nuestro equipo se debe cumplir que a la salida del evaporador existe el subenfriamiento y a la salida del condensador el sobrecalentamiento, es decir que:

1. Es un factor de protección que solo saldrá líquido

2. Garantizar la mayor entrada de vapor al compresor.

Sobrecalentamiento: es el incremento de temperatura del fluido refrigerante al final del evaporador a partir del momento en que termina de evaporar hasta su llegada al compresor. Evita el regreso de líquido al compresor.

$$SobC = T_{inEva} - T_{outEva}$$

Subenfriamiento: Es la disminución de temperatura del fluido refrigerante a partir del momento en que termina de condensar hasta la llegada al elemento de expansión. Donde la Presión y Temperatura son proporcionales.

$$SubE = T_{condensador} - T_{línea\ de\ líquido}$$

6.3. Estudio de elementos de refrigeración

Compresor

Un compresor es un equipo usado para aumentar *significativamente* la presión de un gas. Entra una masa conocida de gas en condiciones P_1 y T_1 que definen una entalpía H_1 y sale la misma masa en condiciones dadas por las variables P_2 y T_2 que definen una entalpía H_2 . El compresor consume energía en forma de trabajo W . En la figura 6.2 se observa el esquema de trabajo de un compresor.

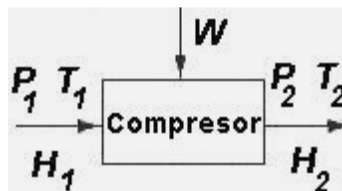


Figura 6.4 Esquema de trabajo de un compresor

asumiendo un comportamiento adiabático podemos decir que a través de la ecuación:

$$-w_0 = \Delta h \quad \dots\dots (6.1)$$

al hacer caso omiso a el signo negativo para obtener el trabajo dado por el compresor es;

$$W = h_2 - h_1 \quad \dots\dots (6.2)$$

La potencia del motor del compresor será para un caudal de masa dado $\dot{m}$:

$$\dot{W} = Potencia\ Teórica = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad \dots\dots (6.3)$$

en la que se pueden sustituir las h por p :

$$W = \dot{V}\Delta p \quad \dots\dots (6.4)$$

$$W = \dot{V}(p_2 - p_1) \quad \dots\dots (6.5)$$

Condensador

El condensador en los sistemas más simples es un intercambiador de calor del tipo “radiador” a aire.

El calor absorbido en el evaporador (la fuente fría) se obtiene de la siguiente ecuación.

$$Q_2 = \text{Calor absorbido del evaporador} = H_a - H_d$$

Puesto que por lo general se conoce el calor que se debe eliminar en el evaporador, que suele ser un dato, podemos calcular el caudal de masa de fluido frigorífico que circula por el evaporador. El calor extraído por unidad de masa en el evaporador es:

$$\dot{m} = \frac{Q_2}{h_a - h_d}$$
$$Q_1 = \text{Calor cedido del evaporador} = H_b - H_c$$

con base al diagrama T-S de la figura 6.3.

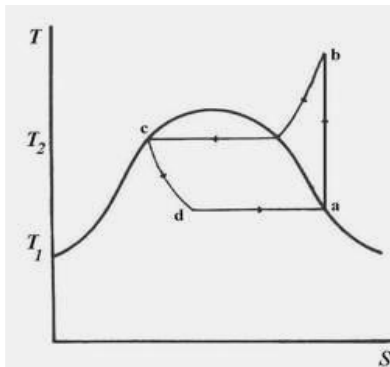


Figura 6.5 Diagrama T-S. Temperatura-Entropía

Por lo tanto, el coeficiente de eficiencia Frigorífica (cef) es:

$$cef = \frac{Q_2}{W} = \frac{H_a - H_d}{H_b - H_c}$$

$$W \text{ trabajo del compresor} = (H_b - H_c) - (H_a - H_d)$$

Área de transferencia de un intercambiador de placas:

$$A_{trans} = [(n_{placas} - 2) \times 0.023]m^2$$

7. Descripción de cada una de las actividades

7.1. Propuesta del equipo para la empresa Schelemmer; presentar la idea del proyecto al jefe de mantenimiento y jefe de proyectos y su equipo técnico, explicando la composición de nuestro equipo y eligiendo el equipo de Airy CyR como una posible solución ante las necesidades que requiere. Se plantearon beneficios y desventajas en cuanto la construcción del equipo.

7.2. Cotización y compra de elementos que componen el CHILLER; una vez aprobado el proyecto por parte del jefe de mantenimiento y jefe de proyectos de la empresa que solicito nuestro servicio, es necesario valorar los diferentes productos que se encuentran en el mercado y comparar aquellos que se utilizaran en el CHILLER, comparar precios y existencias de los productos con los diferentes proveedores y elegir adecuadamente los más convenientes en cuanto calidad y precio. Principalmente con la marca Danfoss.

7.3. Construcción de la estructura de soporte, para los elementos de refrigeración y control eléctrico; teniendo cada uno de los elementos y/o especificaciones es necesario contar con una estructura para que cada uno de los componentes se adapte adecuadamente y se logre la mayor eficiencia posible aprovechando el mínimo de espacio. En la imagen 7.1 se visualizan las medidas de la estructura, mientras en la imagen 7.2 se muestra la estructura física.

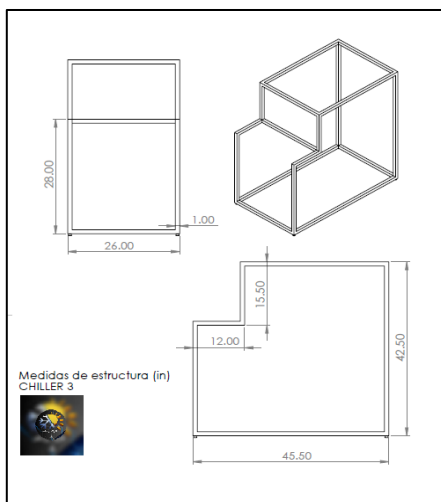


Figura 7.1 (Modelo y medidas)



Figura 7.2 (Estructura)

7.4. Montaje y conexión con soldadura de aleación de plata para armar el circuito de refrigeración del CHILLER; montar los elementos de refrigeración sobre la armadura para después soldarlos y así formar nuestro circuito de refrigeración, revisando cada una de las uniones en la tubería para evitar fugas que compliquen los procesos siguientes. En la figura 7.3 se observa el montaje de algunos elementos de refrigeración y su conexión. En la figura 7.4 se muestran los elementos de refrigeración sobre la estructura.



Figura 7.3 (Conexión de elementos)



Figura 7.4 (Montaje de elementos en estructura)

6.5. Pruebas de hermeticidad al circuito de refrigeración con presión de 250 lb de Nitrógeno; poner a prueba el circuito para detectar fugas y que cada uno de los elementos funcione adecuadamente, el proceso se repite múltiples ocasiones hasta estar seguros de que no existe ninguna fuga. En la figura 7.5 se muestra la lectura de los manómetros para lograr la hermeticidad dentro del circuito de refrigeración.



Figura 7.5 (Lectura de manómetros para llegar a 250 psi.)

7.6. Someter el equipo a 28 inHg de vacío para asegurar 0% de humedad en el sistema; con la finalidad de prevenir el daño al sistema de refrigeración es necesario realizarle vaciado a nuestro circuito con la ayuda de una bomba de vacío.

7.7. Elaboración y conexión del diagrama eléctrico de fuerza y control; diseñar un circuito eléctrico de fuerza para la alimentación de cada elemento del circuito como; compresor, bomba de agua y condensador, de igual manera el circuito de control para el correcto funcionamiento del equipo, contemplando los elementos

de protección e indicadores. En la figura 7.6 se muestra la conexión eléctrica dentro gabinete.



Figura 7.6 (Conexión eléctrica)

7.8. Correcciones. Pruebas de funcionamiento. Monitoreo de operación; revisar a detalle cada parte del equipo y corregir posibles fallas en tuberías del sistema, conexiones eléctricas e hídricas. Realizar pruebas de funcionamiento, identificando presiones del sistema de refrigeración, temperaturas del agua en succión y descarga. Monitorear el sistema para llevar un control y evitar fallas si estas se presentaran y posteriormente realizar sus mantenimientos. En la figura 7.7 se muestra la revisión del equipo en marcha.

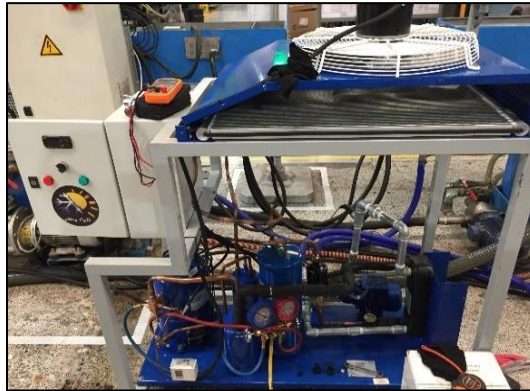


Figura 7.7 (Revisión del equipo)

8. Análisis de resultados

8.1. Carga térmica del agua

Para conocer los componentes adecuados para el chiller es importante conocer la carga térmica del agua, pues es útil saber el calor que el intercambiador de placas va a extraer al agua cuando pase a través de él.

Esto lo podemos lograr con la formula siguiente:

$$q = \dot{m} * C_p * \Delta T$$

donde:

q es la carga térmica del producto (agua), W

$\dot{m}$ flujo masico del producto

C_p calor especifico del producto (4.18 kJ/kg °C)

Volumen de agua por enfriar $V = 450 \text{ L} = 0.45 \text{ m}^3$

Caudal recomendado para el intercambiador de placas $\dot{V} = 2.4 \frac{\text{gal}}{\text{min}} * TR$

$$\therefore 2.4 \frac{\text{gal}}{\text{min}} * 3 TR = 7.2 \frac{\text{gal}}{\text{min}} = 4.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

cálculo de flujo masico

$$\rho = \frac{\dot{m}}{\dot{V}} \Rightarrow \dot{m} = \rho * \dot{V}$$

ρ del agua = 997 kg/m³

$$\dot{m} = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4.5 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.449 \text{ kg/s}$$

$$q_{\text{agua}} = 0.449 \text{ kg/s} (4.18 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}) (23-18^\circ\text{C}) = \mathbf{9384.10 \text{ W}}$$

8.2. Cálculo del compresor

Con base a la carga térmica del agua requerimos un compresor que cumpla con la capacidad necesaria para poder enfriar el agua, en ficha técnica del compresor MTZ040, tenemos;

$$\dot{V} = 11.81 \text{ m}^3/\text{h a } 2900 \text{ rpm}$$

Rango de presión lado de alta (Bar) con refrigerante R407C = 12.5 – 29.4 bar.

Rango de presión lado de baja (Bar) con refrigerante R407C = 1.43 – 6.55 bar.

$$\dot{V} = 11.81 \frac{m^3}{h} \left| \frac{1h}{3600s} \right| = 0.003 m^3/s$$

$$(20.95 \text{ bar} - 3.99 \text{ bar}) = 16.96 \approx 17 \text{ bar} \quad 17 \text{ bar} \left| \frac{101325 \frac{N}{m^2}}{1.01325 \text{ bar}} \right| = 1.70 \times 10^6 N/m^2$$

utilizando la formula (6.5) de la potencia para un compresor

$$W = \dot{V}(p_2 - p_1)$$

$$W = 0.003 \frac{m^3}{s} \left| 1.70 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \right| = 5100 W$$

comparando la potencia que muestra el fabricante, tenemos; 11720 W, observamos una diferencia de 6620 W. Sin en cambio la potencia real del compresor en comparación con su ficha puede variar y podemos confiar en que nuestro compresor ofrece la capacidad necesaria para el trabajo.

8.3. Selección de unidad condensadora

Para la selección de la unidad condensadora consideramos la capacidad y temperatura de trabajo que requerimos y que sea similar a la que ofrece nuestro compresor. En la figura 8.1 se muestra que la unidad condensadora OP-HJZ036D, D32[53]Q a una temperatura de evaporación de 20°C y una temperatura ambiente de 32°C ofrece una capacidad de 43 550 BTU/h, que es igual a 3 TR.

Ventiladores	Condiciones de prueba	Modelo	Código por versión		Código eléctrico	Compresor	Temperatura ambiente	Capacidad de refrigeración [Btu/h] a temperatura de evaporación						
			D32	D40				-10°C	-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C
		OP-HJZ018D	114N3207	114N3208	N	MTZ018	32°C (90°F)	6 000	7 750	9 900	12 450	15 400	18 850	22 750
			114N3209	114N3210	Q		35°C (95°F)	5 650	7 350	9 400	11 900	14 800	18 150	21 950
			114N3211	114N3212	R		38°C (100°F)	5 300	6 950	8 950	11 350	14 200	17 450	21 100
		OP-HJZ022D				MTZ022	43°C (109°F)	4 700	6 250	8 200	10 450	13 150	16 200	19 700
							32°C (90°F)	7 600	9 900	12 600	15 750	19 300	23 250	27 600
							35°C (95°F)	7 250	9 450	12 100	15 100	18 550	22 400	26 600
							38°C (100°F)	6 850	9 000	11 550	14 450	17 800	21 450	25 500
							43°C (109°F)	6 250	8 250	10 650	13 350	16 450	19 900	23 700
		OP-HJZ028D				MTZ028	32°C (90°F)	10 400	13 500	17 000	21 000	25 500	30 400	35 850
							35°C (95°F)	9 950	12 950	16 400	20 250	24 600	29 400	34 700
							38°C (100°F)	9 450	12 350	15 700	19 500	23 700	28 400	33 500
							43°C (109°F)	8 600	11 400	14 600	18 150	22 150	26 600	31 450
		OP-HJZ036D				MTZ036	32°C (90°F)	13 500	17 100	21 250	26 000	31 300	37 150	43 550
							35°C (95°F)	12 800	16 350	20 400	25 000	30 150	35 850	42 050
							38°C (100°F)	12 150	15 600	19 550	24 000	29 000	34 550	40 550
							43°C (109°F)	11 050	14 300	18 100	22 300	27 050	32 300	38 000

Figura 8.1 (datos de unidad condensadora)

8.4. Evaporador

Para lograr enfriar el agua a través del intercambiador de placas se consultó el catálogo y con respecto a la carga térmica se seleccionó el siguiente modelo que se muestra en la figura 8.2. El intercambiador que se eligió cuenta con 30 placas y tiene una capacidad de 10.5 kW.

Evaporator							
Type	Model	Rated capacity / Water side pressure drop					
		R22		R134a		R407C	
		kW	kPa	kW	kPa	kW	kPa
PHE B3-030	B3-030-10-3.0-HQ	3.5	47	2.5	25	3.5	47
PHE B-3030	B3-030-20-3.0-HQ	7.0	47	5.5	31	7.0	47
PHE B3-030	B3-030-30-3.0-HQ	10.5	47	8.5	33	10.5	47
PHE B3-030	B3-030-50-3.0-HQ	17.5	49	15.0	37	17.5	49
PHE B3-030	B3-030-70-3.0-HQ	26.3	57	21.5	40	25.0	52
PHE B3-052	B3-052-54-3.0-HQ	35.0	46	31.0	36	33.5	42
PHE B3-052	B3-052-70-3.0-HQ	43.8	44	38.0	34	42.0	41
PHE B3-052	B3-052-88-3.0-HQ	52.5	42	45.5	32	50.0	39
PHE B3-095	B3-095-44-3.0-HQ	52.5	31	44.0	22	52.5	31
PHE B3-095	B3-095-60-3.0-HQ	70.0	30	60.0	23	70.0	30
PHE B3-095	B3-095-74-3.0-HQ	87.5	31	73.0	24	87.5	31
PHE B3-095	B3-095-92-3.0-HQ	105.0	31	94.0	25	105.0	31
PHE B3-095	B3-095-122-3.0-HQ	140.0	33	125.0	27	140.0	33
PHE B3-210	B3-210-74-3.0-HQ	175.0	35	165.0	32	168.0	33
PHE B3-210	B3-210-90-3.0-HQ	210.0	36	200.0	32	205.0	34

Figura 8.2 (capacidad de intercambiador de placas)

Por lo anterior y con base a los datos de la tabla 8.1 podemos deducir que, para satisfacer la carga térmica del agua, los elementos seleccionados son los adecuados para la implementación del chiller. Como se mencionó anteriormente el equipo tiene la capacidad de enfriar el agua hasta una temperatura de 12°C, por lo que implementar otros elementos de mayor capacidad serían sobrados la condición de trabajo a la que se le sometería.

Elemento	Capacidad	Carga de enfriamiento
Compresor	11720 W	9384.10 W
Condensadora	12763.24 W	
Intercambiador de placas	10500 W	

Tabla 8.1 (Cargas térmicas)

8.5. Diagrama eléctrico

En la figura 8.3 se muestra el diagrama fuerza, utilizado para controlar los elementos que componen al equipo y funcione correctamente para evitar fallas en los elementos.

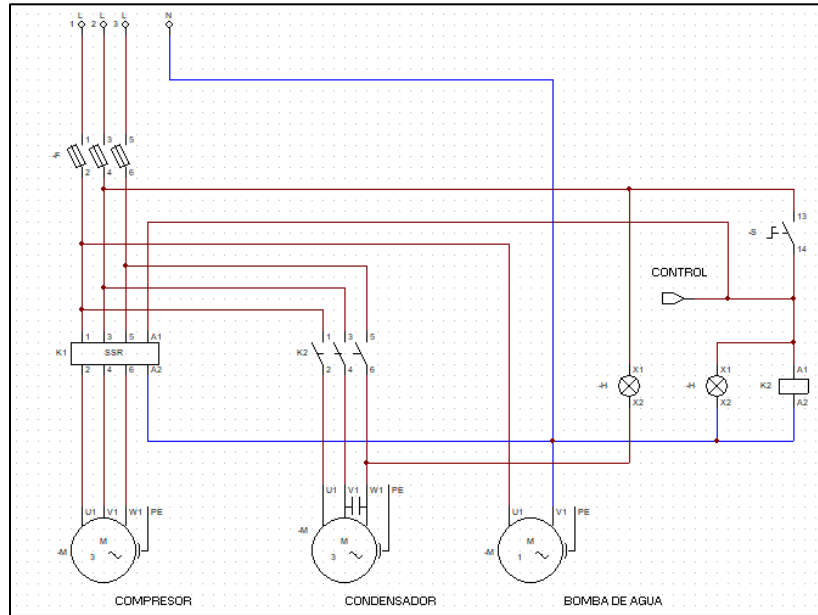


Figura 8.3 (Diagrama de potencia)

El dispositivo de control utilizado es un MT-512e, mostrado en la figura 8.4 Este tipo de control permite visualizar la temperatura del fluido, además de ser fácil de manipular, el control permite realizar trabajos de deshielo, pues si bien los equipos de trabajo soportan periodos prolongados de trabajo es bueno darles un descanso cada determinado de tiempo, esto se logra por la lectura que se recibe del sensor de temperatura.



Figura 8.4 (Control de temperatura)

8.6. Plan de mantenimiento

En la tabla 8.2 se presenta el plan de mantenimiento asignado al equipo, para prolongar su vida útil de trabajo y evitar fallas en cada elemento que compone la máquina.

Tabla de mantenimiento preventivo					
Trabajo a ejecutar	Guía de Mantto	Frecuencia			
		Q	M	S	A
Realizar inspección general del equipo	1	X			
Verifique la instalación eléctrica	2		X		
Mida la tensión y corriente	3		X		X
Verifique las presiones alta y baja del compresor	4	X			
Verifique la obstrucción del condensador	5	X			
Revise el nivel del aceite en el compresor	6			X	X
Revise la limpieza del equipo	7				
Verifique el fluido en la bomba	8			X	
Revisar vibraciones y tubería	9		X		
SIMBOLOGÍA	Q (Quincenal)		S (Semestral)		
	M (Mensual)		A (Anual)		

Tabla 8.2 (Plan de mantenimiento)

9. Conclusiones

La implementación del equipo benefició por completo en la producción ya que los elementos que se eligieron lograron el cometido, especialmente en la máquina para la que fue echo, de igual manera beneficio en reducir el trabajo que realizaban los equipos principales de suministro de agua helada.

Tomando en cuenta que al ser echo por Airy CyR el equipo contara con un servicio de calidad, de igual manera permite a la empresa ofrecer equipos similares a diferentes clientes que requieran equipos similares o necesiten servicios de mantenimiento ampliando el mercado laboral.

10. Experiencia adquirida

- Diagnóstico de fallas eléctricas en los equipos de refrigeración.
- Realizar mantenimientos a diferentes equipos de refrigeración y climatización, así como la instalación de algunos de ellos.
- Comunicación con personal dentro de una empresa, así como con clientes y compañeros.
- Cotización de refacciones y equipos de refrigeración.

11. Fuentes de información

Cengel Yunus A. y Michael A. Boles. Termodinámica, quinta edición Editorial Mc Graw-Hill, México. 2006

Muller, C.F. Manual de aire acondicionado y calefacción, 42 edición Editorial Alfa Omega.

<http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Curso%20Mabe%20Termo/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Termodinamica.pdf>

<https://assets.danfoss.com/documents/DOC000086425696/DOC000086425696.pdf>

<https://assets.danfoss.com/documents/DOC280434325548/DOC280434325548.pdf>

<https://assets.danfoss.com/documents/DOC321747744626/DOC321747744626.pdf>

<http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/24/DKQBPD000B102.pdf>

<https://www.fullgauge.com/es/manual-del-producto-111>

<https://0grados.com.mx/>