

**REPOTENCIACIÓN DEL CUARTO PARA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS  
DEL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DEL  
BLOQUE 2**

**FERNEY SANTIAGO BUITRAGO GARCIA  
JOHAN CAMILO MOLINA RESTREPO  
VICTOR DANILO NORIEGA CAUSIL**

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA  
MEDELLIN**

**2014**

**REPOTENCIACIÓN DEL CUARTO PARA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS  
DEL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DEL  
BLOQUE 2**

**FERNEY SANTIAGO BUITRAGO GARCIA  
JOHAN CAMILO MOLINA RESTREPO  
VICTOR DANILO NORIEGA CAUSIL**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de Tecnólogo Mecánico Industrial**

**Asesor  
ARLEY SALAZAR HINCAPIE  
Ingeniero Mecánico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA  
MEDELLÍN  
2014**

## NOTAS DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Firma del jurado

Medellín, Noviembre de 2014.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo a DIOS por brindarnos la oportunidad de estar en esta universidad y obtener un logro mas en nuestra vida.

A nuestros familiares por su apoyo incondicional en todo el proceso de la carrera a nivel profesional

A todos aquellos docente de la Institución por los conocimientos brindados los cuales hicieron posible la realización de un buen trabajo

A nuestro asesor de grado Ing. Arley Salazar Hincapié por toda su orientación de facilitarnos la realizacion de esta tesis.

A la Institución Universitaria Pascual Bravo por permitirnos hacer parte de la reailización del laboratorio.

Y todas aquellas personas y compañeros que durante toda la carrera aportaban de una u otra manera un granito de arena para lograr este objetivo.

# CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>10</b>
<b>2 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>11</b>
<b>3 OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL	12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
<b>4 REFERENTES TEÓRICOS</b>	<b>13</b>
4.1 CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR	13
4.1.1 Descripción del ciclo de refrigeración por compresión de vapor	14
4.2 INDICADORES ENERGÉTICOS FUNDAMENTALES EN UN CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR	16
4.2.1 Efecto refrigerante	16
4.2.2 Capacidad de refrigeración	17
4.2.3 Trabajo del compresor	17
4.2.4 Calor rechazado en el condensador	18
4.2.5 COEFICIENTE DE OPERACIÓN	18
4.3 ACCESORIOS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR	19
4.3.1 Filtro deshidratador	21
4.3.2 Presostato de baja y alta presión	22
4.3.3 Aislamiento de Líneas de Refrigeración	23
4.4 PROCESOS DE CONSERVACION DE ALIMENTOS	24
4.5 CONTROL DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR	25
<b>5 METODOLOGÍA</b>	<b>27</b>
5.1 TIPO DE ESTUDIO	27
5.2 MÉTODO	27
5.3 POBLACION	27

5.4	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	27
5.5	PROCEDIMIENTO .....	28
<b>6</b>	<b>RESULTADOS Y DISEÑO TÉCNICO .....</b>	<b>29</b>
6.1	Plano del sistema de refrigeración por compresión de vapor .....	29
6.2	Selección del compresor .....	29
6.3	Selección de tubo capilar.....	30
6.4	Selección de los diámetros de tuberías .....	31
6.5	Realización de planos del montaje. ....	32
6.5.1	Plano del sistema de refrigeración por compresión de vapor. ....	32
6.5.2	Inventario de elementos instalados .....	33
6.6	Pruebas de arranque y puesta en marcha del sistema.....	34
6.6.1	Localización de fugas .....	34
6.6.2	Inspección visual .....	35
6.6.3	Identificación de necesidades para el funcionamiento.....	36
6.7	Selección del controlador. ....	36
6.7.1	Descripción de los parámetros .....	37
6.7.2	Conexiones eléctricas y programación del controlador .....	39
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>43</b>
<b>10</b>	<b>CIBERGRAFIA.....</b>	<b>44</b>

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Factores de conversión de las capacidades de enfriamiento .....	17
Tabla 2. Características del compresor existente.....	29
Tabla 3. Selección de tubo capilar. ....	30
Tabla 4. Diámetro para tuberías de cobre para refrigerante R134A y temperatura de evaporación de 20°F. ....	31

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1Ciclo de Carnot .....	13
Figura 2. Componentes de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor.....	15
Figura 3. Accesorios en un ciclo de refrigeración por compresión de vapor .....	20
Figura 4. Filtro secador .....	22
Figura 5. Presostatos de baja y de alta .....	23
Figura 6. Aislamiento para tuberías en sistemas de refrigeración por compresión de vapor. ....	24
Figura 7. Esquema de un cuarto frio para la conservación de alimentos. ....	25
Figura 8. Cuarto de refrigeración.....	32
Figura 9. Prueba de fugas .....	34
Figura 10. Prueba de fugas .....	35
Figura 11. Termocupla para control de temperatura .....	36
Figura 12. Controlador TC 900Ri .....	37
Figura 13. Conexin eléctrica del contriolador. ....	40

## RESUMEN

La realización del presente trabajo de grado permitió el arranque y puesta a punto del sistema de refrigeración para la compresión de alimentos ubicado en el laboratorio de refrigeración del bloque 2 de la Institución universitaria pascual bravo, para lograr esto fue necesario reemplazar el compresor ya que el anterior presentaba falla eléctrica, así mismo como la instalación de nuevos accesorios mecánicos, eléctricos y electromecánicos para la protección y optima operación del sistema.

Una vez arrancado el sistema fue necesario establecer un método de control para la operación del sistema, para lo cual se instaló un controlador marca full Gauge, mediante este fue posible realizar el control de encendido y apagado de motores de compresor y ventiladores en el sistema basados en la temperatura de operación del cuarto frio.

La finalización del proyecto permitió generar para los estudiantes realizar prácticas de laboratorio que propicien el buen aprendizaje del arte de la refrigeración y el aire acondicionado proporcionando espacios físicos en ambientes reales a nivel industrial.

## **ABSTRACT**

The completion of this degree work allowed startup and commissioning of the cooling system for compressing food laboratory located in the cooling block 2 Paschal bravo university institution, to achieve this it was necessary to replace the compressor as the presented earlier power failure, likewise as the installation of new mechanical, electrical and electromechanical protection and optimal system operation accessories.

Once boot the system was necessary to provide a control method for the operation of the system, for which a driver mark full Gauge was installed through this was possible to control on and off of compressor motors and fans in the system based at the operating temperature of the cold room.

The completion of the project allowed students to perform generated for laboratory practice conducive to good learning art refrigeration and air conditioning providing physical spaces in real industrial scale environments.

## INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento de las industrias es un fenómeno que viene presentándose en los últimos 10 años, pero este crecimiento viene acompañado de grandes consumos de energía en cualquiera de sus formas, eléctrica, combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, agua entre otras. La contaminación del medio ambiente no es ajena a este crecimiento. La competitividad se ha convertido en un reto para cada una de las empresa para con sus semejantes en el mercado, reducir los costos del producto es uno de los objetivos para ser más competitivos.

La refrigeración y sus sistema de compresión de vapor hacer parte de los elementos más importantes en la cadena de frío ya que mediante estos es posible conservar medicinas, bebidas y alimentos para el consumo del ser humano. La correcta instalación de este tipo de sistemas garantiza condiciones óptimas de operación que evitaran que se rompa la cadena de frio y se ocasionen perdidas de dinero y consecuencias en los alimentos que posteriormente serán consumidos por el ser humano. Equipos como el compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador deben instalarse siguiendo las recomendaciones de los fabricantes para evitar su falla prematura.

El presente trabajo describe y resumen los procesos de instalación empleados en el montaje, arranque y puesta en marcha del sistema de refrigeración para conservación de alimentos ubicado en el Laboratorio de refrigeración y aire acondicionado del bloque 2.

## 1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en la institución Universitaria Pascual Bravo cuenta con un cuarto de refrigeración para la conservación de alimentos, este cuarto a su vez está compuesto por un evaporador de tubos y aletas, una unidad de condensación de  $\frac{1}{2}$  hp, para que la operación de este equipo sea posible es necesario la selección de un compresor, un sistema de expansión, sistema de tuberías, accesorios, controlador, además es necesario el dimensionamiento de las acometidas eléctricas para dar arranque a este y ponerlo a punto.

Se seleccionaran los componentes faltantes y se describirán los procedimientos de instalación para garantizar un correcto arranque y puesta a punto de este sistema que permitan realizar prácticas de laboratorio a los estudiantes de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

## 2 JUSTIFICACIÓN

Con el fin de poner en marcha el sistema se deben seleccionar todos los componentes faltantes de vital importancia en un ciclo de refrigeración por compresión de vapor como el compresor, el sistema de expansión y el diámetro de tuberías y accesorios que permitan una operación al interior del cuarto frío con temperaturas entre los 5 – 15°C, el parámetro de temperatura será el eje de control del sistema por lo cual es de suma importancia seleccionar un controlador que tenga la capacidad de ejecutar acciones de encendido y apagado de los motores de compresor y ventiladores de condensación y evaporación.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Repotencia el cuarto de refrigeración para conservación de alimentos para propiciar las buenas prácticas en sistema de refrigeración por compresión de vapor

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Seleccionar el compresor acorde a la capacidad de enfriamiento del cuarto de conservación
- Dimensionar el diámetro del capilar y las tuberías de succión y descarga que generen la menor pérdida de presión.
- Generar una guía de arranque y puesta a punto de este tipo de sistemas.

## 4 REFERENTES TEÓRICOS

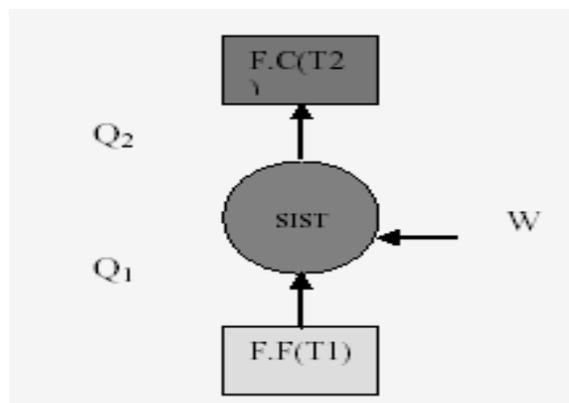
Antes de realizar una selección de los componentes del sistema para la conservación de alimentos del laboratorio es importante tener claro cual es la función de cada uno de estos y como se debe realizar su selección. A continuación se describe en que consiste un ciclo de refrigeración por compresión de vapor y cuál es la función y metodología de selección de cada uno de sus componentes. .

### 4.1 CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR

El objetivo de un ciclo frigorífico es extraer calor de un foco frío, que se quiere mantener a una temperatura baja. La cantidad de calor extraída del foco frío en la unidad de tiempo, es decir el frío producido en la unidad de tiempo, se denomina como potencia frigorífica de la máquina. 1kcal extraída del foco frío = 1 frigoría.

El ciclo de Carnot sobre la cual el ciclo de refrigeración basa su operación se describe en la figura 1.

Figura 1Ciclo de Carnot



Fuente: Elaboración propia del autor

Donde:

Donde:

T1, temperatura de foco frío, en temperatura absoluta.

T2, temperatura de foco caliente.

Q1, calor extraído del foco caliente.

Q2, calor cedido al foco frío.

W, trabajo neto.

En este ciclo la extracción de calor del foco frío, se efectúa mediante la vaporización de un líquido a baja presión y la cesión de calor al foco caliente, mediante la condensación, a una presión más elevada, del vapor formado. Esto se puede observar claramente en un diagrama  $P - h$ .

#### 4.1.1 Descripción del ciclo de refrigeración por compresión de vapor

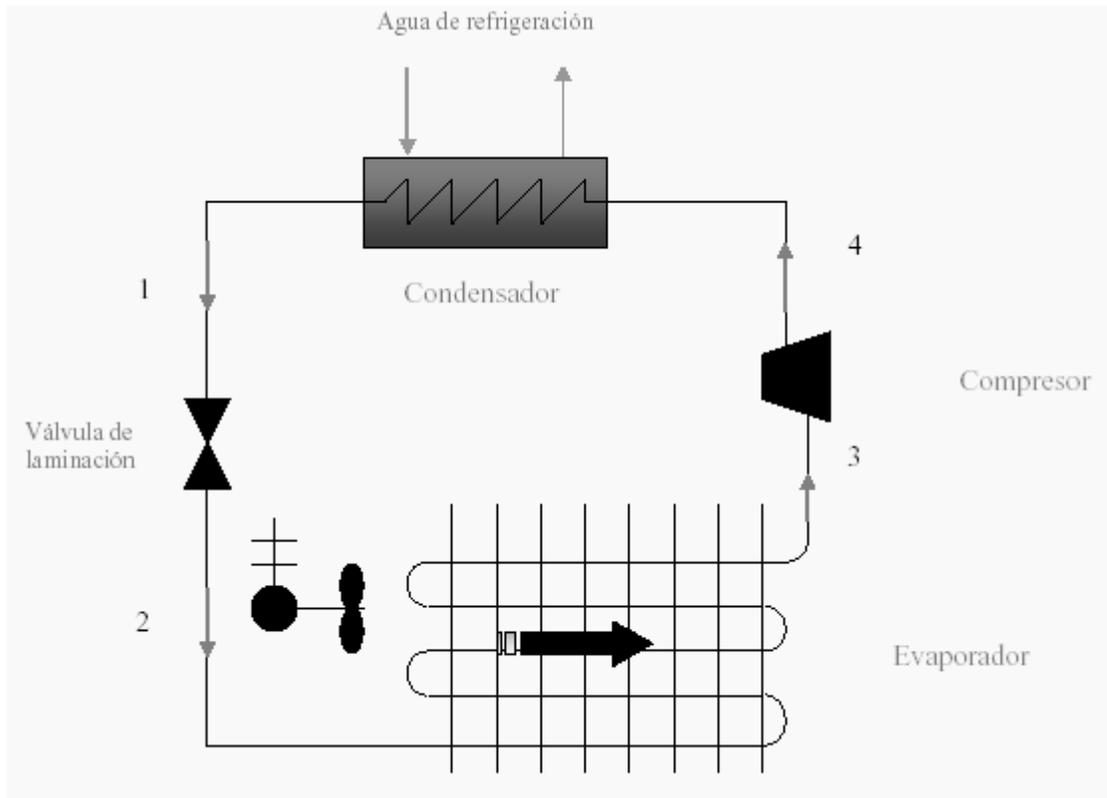
El ciclo de refrigeración por compresión está basado en los cambios de estado (líquido-vapor y vapor-líquido de una sustancia (fluido refrigerante)).

El ciclo simple de refrigeración por compresión del vapor tiene por tanto cuatro componentes como se muestra en la figura 2:

- Un **evaporador** donde se absorbe el calor a una baja temperatura al evaporarse  
(Hervir) un líquido a baja presión.
- Un **compresor** que utiliza una energía mecánica para aumentar la presión del vapor.
- Un **condensador** donde se condensa el vapor de alta presión, desprendiendo calor a sus proximidades.

- Un dispositivo **reductor de presión** del líquido de retorno al evaporador, y que además controla el caudal.

Figura 2. Componentes de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor



Fuente: Elaboración propia del autor

El líquido 1, saturado a la temperatura  $T_c$  que descarga el condensador, sufre un proceso de laminación, proceso 1-2, en el que se expande generando entropía y disminuyendo su temperatura hasta el valor  $T_e$  correspondiente al foco frío.

El vapor húmedo 2, hierve en el evaporador de manera que extrae una cantidad de calor del foco frío  $Q_e$ .

El vapor húmedo, saturado o sobrecalentado producido es aspirado por el compresor, proceso 3-4, en donde sufre una compresión que se supone adiabática que eleva su temperatura desde el valor de  $T_e$  del foco frío, hasta la temperatura  $T_c$  del foco caliente.

Finalmente, en el punto 4, el vapor cede al foco caliente una cantidad de calor  $Q_c$ , con lo cual condensa y se cierra el ciclo.

## 4.2 INDICADORES ENERGÉTICOS FUNDAMENTALES EN UN CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR.

Para la caracterización de las condiciones de funcionamiento, en particular de las energéticas, se hace uso de los llamados indicadores Energéticos. Algunos de ellos, brindan esta información de manera directa, otros reflejan su repercusión en la eficiencia del ciclo o en las condiciones de explotación general.

### 4.2.1 Efactor refrigerante

A medida que el refrigerante fluye a través del evaporador y absorbe calor del espacio refrigerado, se incrementa la entalpía del refrigerante, la cantidad de calor absorbida por refrigerante en el evaporador es lo que conocemos como **efecto refrigerante** y matemáticamente es igual a la entalpía de salida del evaporador menos la entalpía de entrada al mismo y se designa mediante la ecuación 1.

$$q_e = (i_{sal} - i_{ent})_{evap}, \frac{KJ}{Kg}, \frac{BTU}{Lb} \quad \text{Ec 1.}$$

#### 4.2.2 Capacidad de refrigeración

El calor removido constituye la Capacidad Frigorífica del sistema, la cual se expresa con mucha frecuencia en Toneladas de Refrigeración y se designa mediante la ecuación 2.

$$Q = q_e * G_r, Kw, BTU / h \quad \text{Ec 2.}$$

Donde

$$G_r: \text{Flujo re refrigerante } Kg/s, Lb/h.$$

Una tonelada de refrigeración es la cantidad de calor que debe extraerse para congelar una tonelada (inglesa) de agua a  $32^{\circ} F$  y convertirla en hielo a  $32^{\circ} F$  a presión atmosférica de un día. Los factores de conversión se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Factores de conversión de las capacidades de enfriamiento

<b>1 Tonelada de Refrigeración</b>	<b>Sistema Ingles</b>	<b>Sistema Métrico</b>	<b>Sistema Internacional</b>
<b>Es igual a</b>	2.888.000 BTU/día	72.000 kcal/día	300,84 MJ/día
	12.000 BTU/h	3.000 kcal/h	12.660 kJ/h
	200 BTU/min	50 Kcal/min	211 kJ/min

Fuente Elaboración propia del autor.

#### 4.2.3 Trabajo del compresor

Se designa mediante la letra  $W$ , y es la cantidad de energía necesaria para bombear el fluido a través del sistema y se designa mediante la ecuación 3.

$$W = (i_2 - i_1) \text{ kJ/kg} \quad \text{Ec 3}$$

La Potencia teórica demandada por el compresor se calcula usando la ecuación 4.

$$P = w * G_r, Kw \quad \text{Ec 4.}$$

#### 4.2.4 Calor rechazado en el condensador

Es la cantidad de energía que se elimina al ambiente para condensar el refrigerante y eliminar el calor abusivo en el ciclo de evaporación y compresión. Este se calcula de acuerdo a la ecuación 5.

$$Q_c = (i_2 - i_3) * G_r, Kw \quad \text{Ec 5.}$$

Debe notarse que el calor rechazado en el condensador es resultado de los siguientes procesos.

1. proceso de sobrecalentamiento del gas que incluye la región de vapor sobrecalentado (calor sensible).
2. proceso de cambio de fase (calor latente).
3. proceso de subenfriamiento en la región de líquido subenfriado (calor sensible).

#### 4.2.5 COEFICIENTE DE OPERACIÓN

El coeficiente de rendimiento de un ciclo de refrigeración, es una expresión de la eficiencia del ciclo y queda definido como la relación de calor absorbido en el espacio refrigerado a la energía térmica equivalente de la energía suministrada al compresor, esto es:

$$COP = \frac{\text{Calor\_absorbido\_en\_el\_espacio\_refrigerado}}{\text{Energía\_termica\_equivalente\_a\_la\_energía\_suministrada\_al\_compresor}}$$

$$COP = \frac{q_e}{w} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}; \text{ Donde } q_e \text{ es la cantidad de energía extraída o efecto}$$

**refrigerante**, necesario para llegar a las condiciones de temperatura deseada de refrigeración, y  $w$  es el trabajo suministrado al compresor.

Una buena máquina frigorífica será aquella capaz de extraer una gran cantidad de calor de un foco frío  $Q_1$  a expensas de una pequeña cantidad de energía  $W$  aplicada a la misma mediante el compresor.

#### 4.3 ACCESORIOS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR

Los accesorios como su nombre lo indica, son dispositivos secundarios que servirán para proteger, controlar, supervisar, o mejorar algo en el sistema y se utilizarán sólo aquellos que sean necesarios. Cabe recordar que el sistema más eficiente será el que tenga menor cantidad de accesorios, conexiones y longitud de tubería, además de que estas sean de diámetro adecuado.

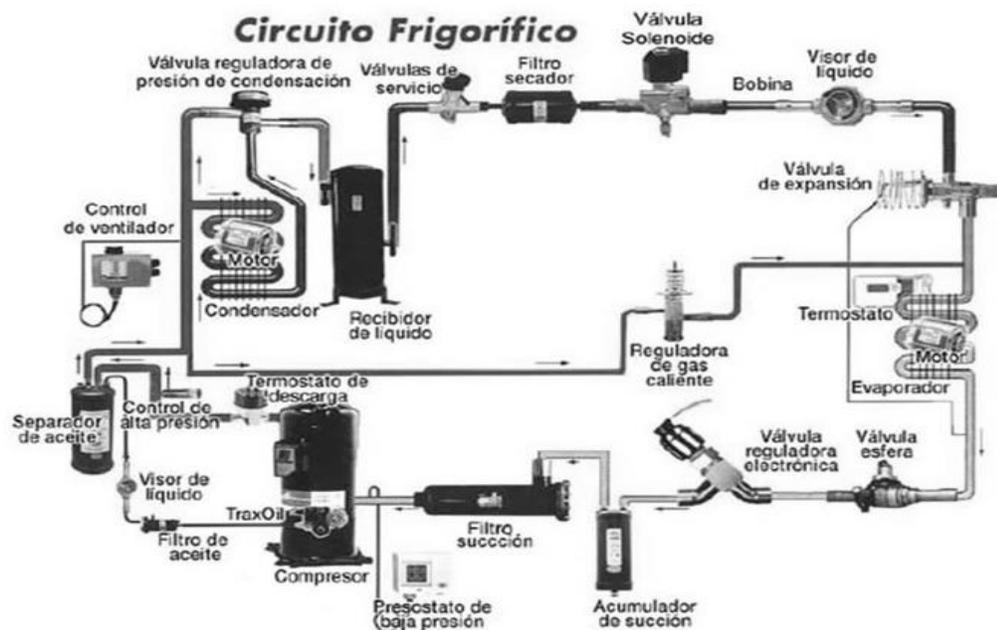
El ciclo de refrigeración está integrado por componentes, accesorios y controles. Esto es una forma de diferenciar solo para una mejor comprensión de su operación. Lo importante, es que el sistema de refrigeración pueda funcionar eficientemente, con el menor costo de operación y con la seguridad de que el compresor no va a sufrir daños. En cualquier conducción de fluidos se necesita una serie de accesorios para multitud de usos. La resistencia mecánica de éstos debe ser, como mínimo, igual que la de las tuberías, ya que si no, podrían producirse roturas o fugas de fluido.

Las funciones que desempeñan los accesorios son:

- Regulación y detención del flujo: esta operación la realizan las válvulas.
- Reparto de flujo en varias direcciones, o mezcla de varios fluidos: de esta actividad se encargan las Tés, los injertos, las cruces, etc.
- Cambios de dirección del flujo: los accesorios que ejecutan esta operación son los codos, las curvas, etc.
- Unión o empalme de tubos y accesorio: enchufes, manguitos, bridas, etc.
- Transición entre tubos de diámetros diferentes: reductores. Cierres de extremos de tubos y accesorios: tapones y tapas.

En la figura 3 se pueden apreciar los diferentes accesorios que se emplean en un ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Figura 3. Accesorios en un ciclo de refrigeración por compresión de vapor



Fuente: Revista frío y calor. Volumen 85, 2009.

Entre los accesorios más importantes tenemos:

- Filtro deshidratador de la línea de líquido
- Presostato de baja y alta presión
- Aislamiento de Líneas de Refrigeración

#### **4.3.1 Filtro deshidratador**

Función: Retener la contaminación existente en el sistema de refrigeración. La contaminación es altamente dañina y casi siempre concluye en daños al compresor, además de dañar o afectar el funcionamiento de otras partes del sistema como la válvula de expansión termostática.

Los contaminantes más agresivos que se retienen son: humedad, ácidos, suciedad, lodos, barnices, rebabas; hay otros contaminantes como ceras que causan obstrucción. La mayor parte de los contaminantes causan acidez en el refrigerante y esta a su vez es la mayor causa de la quemadura del compresor. Actualmente, con el uso de los refrigerantes HFC y los aceites POE que son altamente higroscópicos, se requieren filtros deshidratadores de muy alta capacidad de Humedad, ácidos y contaminación sólida. En la figura 4 se puede apreciar un filtro secado.

Figura 4. Filtro secador



Fuente: Manual Danfoss 2009.

#### 4.3.2 Presostato de baja y alta presión

Se pueden usar como elementos de seguridad y como elementos de regulación. Cuando se usan como elementos de seguridad, el control de baja presión actúa para interrumpir el funcionamiento del compresor, si la presión de baja desciende por debajo de un valor preestablecido. Al pararse el compresor, la presión sube lentamente dando lugar a una nueva puesta en marcha sin que se haya eliminado la causa que produjo la baja anormal de presión. El presostato de baja se conecta a la línea de aspiración del compresor.

El presostato de alta va conectado en la parte del circuito que corresponde a alta presión, generalmente en la descarga del compresor. Si por la existencia de aire en la instalación, suciedad interna o externa del condensador, avería en el ventilador o en la bomba de agua que enfría el condensador o por exceso de temperatura de los fluidos exteriores a éste, el flujo de refrigerante no se condensa, aumentando peligrosamente la presión de alta. En la figura 5 se puede apreciar un presostato de baja y uno de alta.

Figura 5. Presostatos de baja y de alta



Fuente: Catalogo comercial Artico 2011.

#### 4.3.3 Aislamiento de Líneas de Refrigeración

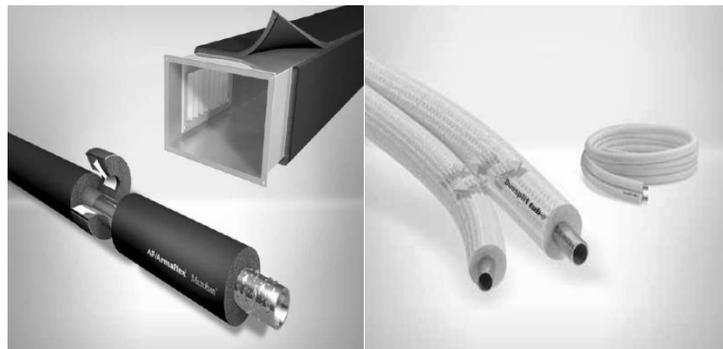
La tubería de cobre frío en contacto con el aire húmedo caliente provoca la humedad en el aire para condensar sobre y después dejar caer fuera de las líneas refrigeración. Falta de aislamiento en la línea de refrigerante, sobre todo en la línea de succión, causará la condensación y goteo de las líneas en las zonas húmedas Falta de aislamiento línea de refrigerante también puede aumentar los costos de funcionamiento del sistema o condensación, sin aislar las líneas de refrigerante de alta presión puede dar lugar a la transmisión de calor no deseada en algunas zonas del edificio.

Las líneas de succión son frías - 40 ° F (4.4 ° C) y causan condensación, incluso en espacios acondicionados. Además, cualquier cantidad de calor que entra en el refrigerante se suma al recalentamiento y reduce la eficiencia del sistema Por estas razones, las líneas de succión deben estar aislados con un aislamiento a prueba de vapor. Este es un requisito de muchos códigos de construcción. Usar Rubatex es la forma más común de aislamiento de la línea de refrigerante.

Las líneas de descarga generalmente no son aisladas. Estas pueden estar muy calientes, en exceso de 150 ° F (66 ° C), por lo que el aislamiento solo se hace como una consideración de seguridad, o si la pérdida de calor de la línea de gas de descarga sería considerado como una ganancia hacia el espacio acondicionado.

En la figura 6 se puede apreciar el aislamiento empleado en las líneas de los sistemas de refrigeración.

Figura 6. Aislamiento para tuberías en sistemas de refrigeración por compresión de vapor.



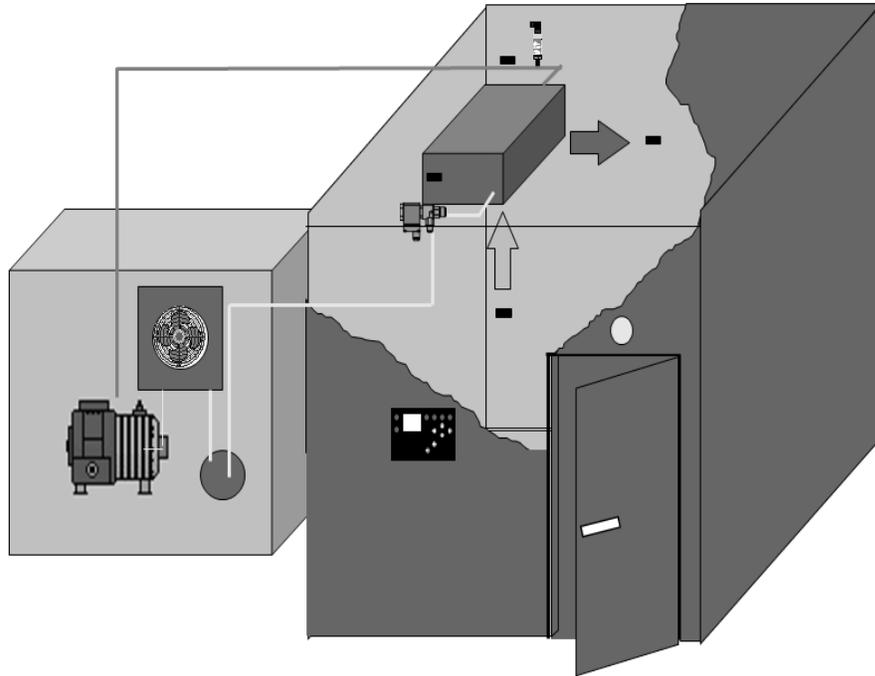
Fuente: Catalogo comercial Armaflex 2008.

#### 4.4 PROCESOS DE CONSERVACION DE ALIMENTOS

La congelación de alimentos se realiza por medio de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor, en este ciclo el evaporador es quien se encarga de remover el calor de los alimentos para llevarlos a las temperaturas deseadas. Lograr la congelación de los productos es posible cuando se cuenta con los equipos

correctos en las capacidades adecuadas. El ciclo de refrigeración que se encarga de congelar los alimentos al interior del cuarto frío, el cual se muestra en la figura

Figura 7. Esquema de un cuarto frío para la conservación de alimentos.



Fuente: Módulo de Aplicación para cámaras de enfriamiento. Danfoss. 2001.

#### **4.5 CONTROL DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR.**

En un ciclo de refrigeración se deben de controlar los siguientes procesos

- Encendido del Compresor
- Encendido de Ventiladores de Evaporación
- Encendido de Ventiladores de Condensación

- Procesos de Descharche

Cada acción a ejecutar se realizar en conjunto desde un tablero de control desde el cual de manera automática y por medio de un controlador es posible maniobrar los 4 procesos de manera alterna e independiente cuando el ciclo así lo requiera.

Mediante un sistema de control es posible:

- Visualizar y controlar la temperatura
- Programar y controlar desescarches por:
- Programar y controlar finalización de desescarches por:
- Controlar los ventiladores del evaporador
- Programar retardos para la protección del compresor
- Visualizar mensajes indicadores del funcionamiento

Cada uno de los componentes del ciclo de refrigeración conlleva una alimentación eléctrica para realizar la siguiente s acciones:

- Orden de arranque/paro de compresor
- Apertura/cierre de válvula solenoide.
- Encendido/paro de ventiladores de evaporación
- Encendido/paro de banco de resistencias eléctricas para deshielo.
- Paro de compresores y arranque solamente de ventiladores de evaporación

Controlar de manera acertada los procesos dentro de una etapa de conservación se hace necesario para garantizar que la calidad de los alimentos al finalizar el proceso estará dentro de los estándares requeridos por los clientes.

## **5 METODOLOGÍA**

### **5.1 TIPO DE ESTUDIO**

El tipo de estudio sobre el cual se realizó este trabajo es descriptivo y explicativo, ya que en él se describen los procedimientos seguidos para la realización de una instalación de un sistema de refrigeración por compresión de vapor, además se explican cuáles deben ser lineamientos procedimentales para seleccionar e instalar los diferentes equipos que hacen parte del plan de repotenciación del cuarto para la conservación de alimentos.

### **5.2 MÉTODO**

Con base al método basado en la observación y la inducción se establecieron los métodos para garantizar una correcta instalación del sistema de refrigeración por compresión de vapor.

### **5.3 POBLACION**

La comunicada estudiantil de la Institución Universitaria Pascual Bravo son los directamente implicados como beneficiados del proyecto, ya que la repotenciación del sistema de refrigeración permitirá que los estudiantes de las diferentes carreras tecnológicas y de ingeniería desempeñen labores prácticas que les permitan validar los conocimientos adquiridos en las asignaturas.

### **5.4 FUENTES DE INFORMACIÓN**

Las fuentes de información consultadas pertenecen a manuales de instalación y arranque realizados por los diferentes fabricantes de compresores, unidades de

condensación, y demás elementos que hacer parte del sistema de refrigeración. Además se adquirió información basada en la experiencia de profesionales que se desenvuelven en el medio como diseñadores e ingenieros de proyectos.

## **5.5 PROCEDIMIENTO**

La ejecución del proyecto se desarrolló en tres fases:

### *Fase 1 Parametrización de componentes*

Esta fase consistió en realizar un inventario de los diferentes componentes que existían del antiguo sistema de refrigeración por compresión de vapor para la conservación de alimentos, realizando simultáneamente actividades de pruebas sobre estos para verificar su estado.

### *Fase 2 Selección de componentes*

En esta fase se realizó la selección de los componentes necesarios para poner operación el sistema de refrigeración de acuerdo a los diagnósticos finales realizados en la fase 1.

### *Fase 3 Instalación de componentes, arranque y puesta en marcha del sistema de refrigeración.*

Durante esta fase se realizó la instalación de los componentes del sistema de refrigeración, entre ellos el compresor, tubo capilar, y el tablero de control y potencia son sus respectivas acometidas eléctricas.

## 6 RESULTADOS Y DISEÑO TÉCNICO

En esta sección del proyecto se seleccionó el compresor, el capilar y el controlador para garantizar la operación del sistema de refrigeración de acuerdo a las necesidades del sistema.

### 6.1 Plano del sistema de refrigeración por compresión de vapor

### 6.2 Selección del compresor

Las características del compresor existente se resumen en la tabla

Tabla 2. Características del compresor existente

Condición	Voltaje	Capacidad de Refrigeración			Potencia	Eficiencia			EVAP TEMP	COND TEMP
		Btu/h	kcal/h	W	W	Btu/Wh	kcal/Wh	W/W		
ASHRAE	115V ~ 60HZ	4150	1046	1216	735	5.65	1.42	1.65	-6.7°C (20°F)	54°C (130°F)

Fuente: Catalogo Comercial Tecumseh 2008.

Teniendo en cuenta las siguientes condiciones se realiza la selección de compresor:

Temperatura de condensación: 43 °C (110 °F)

Temperatura de evaporación: -8 °C (17.6 °F)

Capacidad de enfriamiento: 4150 BTU/hora

Refrigerante: R134A

### 6.3 Selección de tubo capilar

De acuerdo a las condiciones de temperatura de evaporación 17°F se selecciona el capilar de la tabla 3

Dimensionamiento de tubo capilar

De acuerdo a las recomendaciones sugeridas para tubos capilares en aplicaciones de refrigeración doméstica y comercial, y de las tabla 3.

Tabla 3. Selección de tubo capilar.

Tubo Capilar. Longitud y Diametro exterior				
Refrigerante	Btu/h por circuito	Temperatura de evaporacion °F		
		-10	20	45
134a	500	14 ft - 0.028"	14 ft - 0.028"	14 ft - 0.028"
	750	10 ft - 0.031"	10 ft - 0.031"	10 ft - 0.031"
	1,000	12 ft - 0.036"	12 ft - 0.036"	12 ft - 0.036"
	1,250	18 ft - 0.042"	18 ft - 0.042"	18 ft - 0.042"
	1,500	12 ft - 0.042"	12 ft - 0.042"	12 ft - 0.042"
	2,000	22 ft - 0.052"	22 ft - 0.052"	22 ft - 0.052"
	3,000	9 ft - 0.052"	9 ft - 0.052"	9 ft - 0.052"
	4,000	10 ft - 0.059"	10 ft - 0.059"	10 ft - 0.059"
	6,000	9 ft - 0.052" (2)	9 ft - 0.052" (2)	9 ft - 0.052" (2)
	8,000	10 ft - 0.059" (2)	10 ft - 0.059" (2)	10 ft - 0.059" (2)
	10,000	10 ft - 0.064" (2)	10 ft - 0.064" (2)	10 ft - 0.064" (2)
	12,000	10 ft - 0.059" (3)	10 ft - 0.059" (3)	10 ft - 0.059" (3)

Fuente: Catalogo Comercial Tecumseh 2008.

El diámetro del capilar y su longitud de acuerdo a la selección es:

- Diámetro Exterior = 0.059"
- Longitud: 10 pies.

## 6.4 Selección de los diámetros de tuberías

- La distancia entre el compresor y la unidad de evaporación es de 15 metros (50 pies)
- nivel entre estos es de 4 metros de altura
- Temperatura de condensación : 43 °C (110 °F)
- Temperatura de evaporación : -8 °C (17.6 °F)
- Capacidad de enfriamiento : 4150 BTU/hora

De acuerdo a la tabla 4 para refrigerante R134A y temperatura de evaporación de 20°F se seleccionaron los siguientes diámetros de tuberías.

**Tabla 4.** Diámetro para tuberías de cobre para refrigerante R134A y temperatura de evaporación de 20°F.

Cond. Unit CAPACITY (Btu/h)	Line Size, Type L Copper OD (in)									
	SUCTION LINE SIZE OD (in) Line Length, Equivalent Feet				Velocity = 1500 fpm*	LIQUID LINE SIZE OD (in) Line Length, Equivalent Feet				Velocity = 100 fpm*
	10	25	50	100		10	25	50	100	
1,000	3/8	1/2	1/2	1/2	3/8	3/16	3/16	3/16	3/16	~
2,000	3/8	1/2	5/8	5/8	1/2	3/16	3/16	1/4	1/4	3/16
3,000	1/2	5/8	3/4	3/4	5/8	3/16	1/4	1/4	1/4	3/16
4,000	1/2	5/8	3/4	7/8	3/4	3/16	1/4	1/4	5/16	3/16
6,000	5/8	3/4	7/8	1 1/8	7/8	1/4	1/4	5/16	5/16	1/4

DISCHARGE LINE SIZE OD (in) Line Length, Equivalent Feet				Velocity = 1500 fpm*
10	25	50	100	
3/16	3/16	1/4	1/4	3/16
3/16	1/4	5/16	5/16	1/4
1/4	5/16	5/16	3/8	1/4
1/4	5/16	3/8	3/8	5/16
5/16	3/8	3/8	3/8	1/2

Fuente: Catalogo Comercial Tecumseh 2008.

Según la tabla 4 el diámetro para la línea de succión debe ser de  $\frac{3}{4}$ " y el diámetro de la línea de líquido debe ser de  $\frac{1}{4}$ ", mientras que la línea de descarga del compresor debe ser de  $\frac{3}{8}$ ".

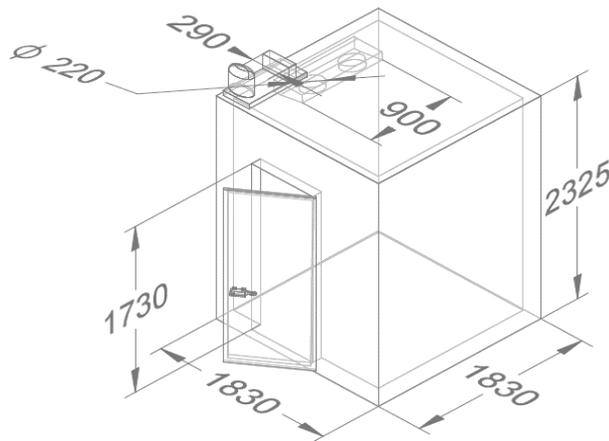
## 6.5 Realización de planos del montaje.

En esta sección se describen los planos finales de instalación de los equipos y sus respectivos elementos que forman parte del sistema de refrigeración por compresión de vapor.

### 6.5.1 Plano del sistema de refrigeración por compresión de vapor.

En la figura 8 se puede apreciar el plano del cuarto frío existente en el laboratorio de refrigeración del bloque 2-109 al cual se le reparo la bisagra de la puerta para garantizar un cierre hermético y así evitar infiltraciones de aire que puedan aumentar la carga térmica del sistema. Nota: medidas en milímetros.

Figura 8. Cuarto de refrigeración



Fuente: Elaboración propia del autor

## 6.5.2 Inventario de elementos instalados

Componentes estructura principal:

- Cámara frigorífica en inoxidable
- Puerta de la cámara frigorífica en inoxidable
- Chapa de la puerta

Componentes Sistema De Refrigeración

- Compresor a 110 V, ½ HP, 60 Hz, monofásico, referencia (ak165at-038-j7)
- Evaporador clasificado por tipo de construcción como, evaporador aleteado y de circulación forzada de dos ventiladores
- Condensador por tubo aleteado, 7 aletas por pulgada y convención forzada de un ventilador
- Filtro deshidratador
- Válvula de expansión
- Visor del refrigerante
- Tubería de conducción del refrigerante en cobre

Componentes eléctricos para control y arranque

- Protector térmico (klixon) para el compresor
- Relé de arranque de la bobina por intensidad, para el compresor
- Condensador de arranque de 50 microfaradios para el compresor
- Control de temperatura con temporizador
- Breaker de 20 Amperios

## 6.6 Pruebas de arranque y puesta en marcha del sistema

### 6.6.1 Localización de fugas

Para realizar las pruebas de arranque fue necesario realizar primero una prueba de fugas, tener todos los componentes según el caballaje del compresor y tener el refrigerante específico.

realizamos la búsqueda de fugas utilizando un cilindro de nitrógeno y un manómetro con tres tipos de manguera, donde la amarilla era la de servicio, la roja era de presión de alta y la azul era de presión de baja, se conectaba la manguera amarilla al cilindro y luego se utilizaba una de las otras dos mangueras para llenar el sistema de nitrógeno, nosotros utilizamos la manguera de presión de alta(roja) y la conectamos a la salida del condensador por la tubería de presión de alta, llenamos el sistema con una presión de 150 psi y luego empezamos a humedecer la tubería con agua y jabón para hallar las fugas y efectivamente encontramos 2 fugas.

Primera fuga: se encuentra en la salida del visor de refrigerante en todo el empalme o conexión del tubo de cobre

Figura 9. Prueba de fugas



Fuente: Elaboracion propia del autor

Segunda fuga: se encuentra en el empalme de succion de entrada del compresor

Figura 10. Prueba de fugas



Fuente: Elaboración propia del autor

### 6.6.2 Inspección vvisual

En la inspección visual se pudo observar que es necesario modificar, reubicar, reparar o remplazar algunos equipos; también se observó el estado superficial de ellos y no se encontró corrosión o fisuras; se evidencio que los componentes eléctricos para el arranque del compresor no se encontraban instalados y no sabemos si son funcionales y corresponden al caballaje del compresor. En términos generales la estructura de la cámara frigorífica se ve en buenas condiciones al igual que sus componentes principales.

Reparar: este es el caso de la chapa de la puerta de la cámara frigorífica la cual no cierra, ya que esta no se asegura contra la estructura principal por falta de un componente.

Reubicar: encontramos que la termocupla que va del tablero de control de temperatura hasta el interior de la cámara frigorífica está limitada ya que su cable es muy corto y por lo tanto no está instalada dentro de la cámara, por eso es necesario cambiar de sitio el tablero de control de temperatura o cambiar el cable por uno más largo.

Figura 11. Termocupla para control de temperatura



Fuente: Elaboración propia del autor

### 6.6.3 Identificación de necesidades para el funcionamiento

- Se requiere sección faltante de la chapa para cerrar puerta de la cámara frigorífica
- Instalación de tubería pvc en el interior de la cámara frigorífica para el desagüe del evaporador.
- Es necesario para la puesta en marcha del compresor la protección térmica.
- Cable calibre numero 12 AWG para realizar las conexiones de los elementos faltantes.
- Comprar el gas refrigerante R-22 y suministrárselo al sistema.
- Instalar la termocupla al interior de la cámara frigorífica
- Conectar el temporizador que está en el tablero de control de temperatura en serie con la protección térmica y luego conectarla al común del compresor.

### 6.7 Selección del controlador.

Para el control de las etapas de deshielo se seleccionó un controlador Full Gauge TC-900Ri mostrado en la figura 12.

**Figura 12. Controlador TC 900Ri**



Fuente: [www.fullgauge.com](http://www.fullgauge.com)

El TC 900ri es un controlador de temperatura para congelados. Él automatiza los procesos de deshielo de acuerdo con la necesidad de la instalación, proporcionando economía de energía. Posee dos sensores, uno para temperatura ambiente y otro que, fijado en el evaporador, comanda el final del deshielo y el retorno de los ventiladores. Además, posee un reloj interno en tiempo real que permite la creación de una agenda con hasta ocho deshielos diarios para cada día de la semana. La batería interna del controlador asegura su sincronismo, mismo en la falta de energía, por muchos años, Posee salida para comunicación serial, pudiendo ser administrado remotamente a través del Sitrad ® vía Internet. Producto de conformidad con CE (Unión Europea), NSF (Estados Unidos) y UL Inc. (Estados Unidos y Canadá).

### **6.7.1 Descripción de los parámetros**

A continuación se listan los parámetros del controlador para su conexión eléctrica y programación.

- F01 - Deshielos por programación horaria (agenda semanal)

Esta función permite habilitar la agenda de deshielos por horarios.

"O" = Los deshielos ocurrirán normalmente después del término de la etapa de refrigeración.

"1" = Los deshielos ocurren en horarios programados de acuerdo con la agenda semanal,

- F02 - Diferencial de control (histéresis)

Es la diferencia de temperatura (histéresis) entre PRENDER y APAGAR la refrigeración.

Ejemplo: Se desea controlar la temperatura en 4.0°C con diferencial de 1,0°C.

Luego, la refrigeración será apagada en 4.0°C y prendida de nuevo en 5.0°C (4.0+1.0).

- F03 - Mínimo setpoint permitido al usuario final
- F04 - Máximo setpoint permitido al usuario final

Bloqueos electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regulen temperaturas extremadamente altas o bajas.

- F05 - Retardo en la partida (energización) de este instrumento Cuando el instrumento es prendido, este puede permanecer un tiempo con su control deshabilitado, retardando el inicio del proceso. Durante ese tiempo él funciona solamente como indicador de temperatura. Sirve para evitar altas en la demanda de energía eléctrica, en caso de corte y retorno de la misma, cuando existen varios equipos conectados en la misma línea. Para eso, basta ajustar tiempos distintos para cada equipo. Ese retardo puede ser del compresor o del deshielo (cuando existir deshielo en la partida).

- F06 - Punto de actuación del alerta de temperatura ambiente baja (S1)
- F07 - Punto de actuación del alerta de temperatura ambiente alta (S1)

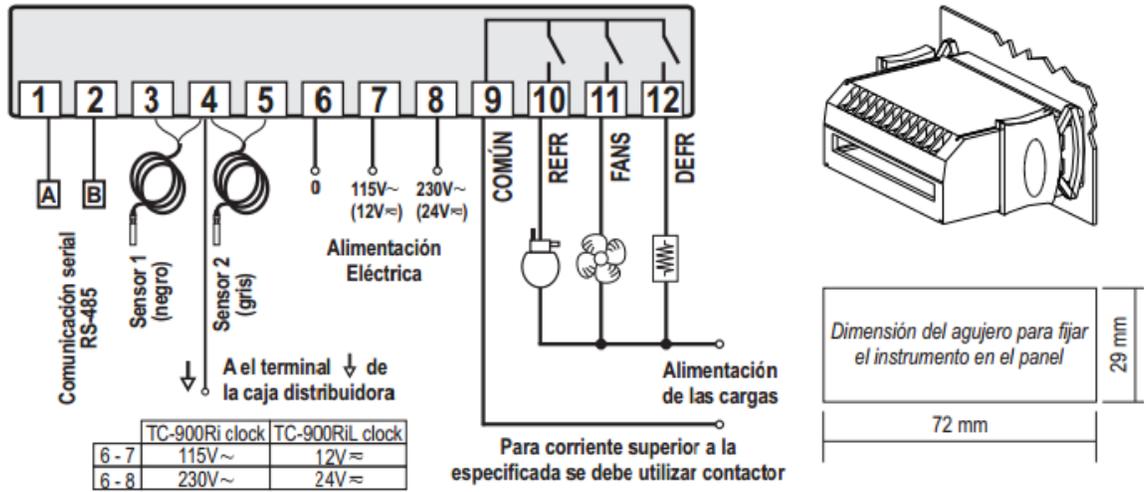
Si la temperatura ambiente (S1) alcanzar ese punto durante la refrigeración, eso será señalado visualmente a través de la indicación parpadeando en el visor.

- F08 - Tiempo de refrigeración (intervalo entre deshielos)  
Es el tiempo durante el cual el compresor prenderá y apagará por la temperatura ambiente, y empieza el conteo a partir de la entrada del forzador, después de la etapa de fan-delay (retorno del forzador después drenaje). Atención: El deshielo solamente iniciará si la temperatura en el sensor del evaporador es menor que la ajustada en F13 y la duración del deshielo F14 sea distinta de "O"
- F09 - Tiempo mínimo de compresor prendido  
Es el tiempo mínimo en que el compresor permanecerá prendido, o sea, espacio de tiempo entre la última partida y la próxima parada. Sirve para evitar surtos de alta tensión en la red eléctrica.

### **6.7.2 Conexiones eléctricas y programación del controlador**

Para definir la unidad con la que funcionará el instrumento, entre en el menú de funciones con el código de acceso "231" y confirme con la tecla . Aparecerá la indicación, presione o para elegir entre o y confirme con la tecla. Después de seleccionar la unidad aparecerá y el instrumento volverá a la función. Cada vez que la unidad sea alterada, los parámetros deberán ser reconfigurados, pues ellos asumirán los valores "estándar". Las conexiones eléctricas deben hacerse según lo muestra la figura 13.

Figura 13. Conexión eléctrica del controlador.



Fuente: [www.fullgauge.com](http://www.fullgauge.com)

## 7 CONCLUSIONES

Con el diseño de un sistema metrológico se garantiza un funcionamiento adecuado del laboratorio de refrigeración y posibilita que los usuarios del mismo puedan utilizar de manera óptima los equipos minimizando la ocurrencia de errores.

Contar con los instrumentos correctos según corresponda a cada variable de medida es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema y para evitar problemas que pueden incluso acortar la vida útil de los equipos.

## **8 RECOMENDACIONES**

- Para un mejor control sobre los parámetros de operación del sistema se recomienda monitorear los valores de presión y descarga de gas refrigerante en el sistema de refrigeración por compresión de vapor.
- Se recomienda instalar un sistema de drenaje de condensados en el cuarto frío para evitar que los productos al interior de este se pudran por excesos de humedad y demás bacterias que se puedan formar como consecuencia de una humedad excesiva.

## 9 BIBLIOGRAFIA

- [1] CREUS, Antonio. *Instrumentación Industrial ed 6*. 1997
- [2] DANFOSS. *System Trouble Shooting Measuring Instruments*. 2006
- [3] DÍAZ, Victorio y BARRENECHE, Raúl. *Acondicionamiento Térmico de Edificios*. Ed. Nobuko, Buenos Aires (Argentina). 2005
- [4] FRANCO, Irene. *Metrología y Calidad, Vocabulario internacional de Metrología edición BIPM 2008*.
- [5] GUTIERREZ, Noel. *Tipos de Presión & Vacío, 2002* [Disponible en línea] <<http://www.metas.com.mx/guiamet/La-Guia-MetAs-02-03-Tipos-presion.pdf>>
- [6] LLESCAS, Edgar y ORTEGA, Johny. *Diseño de un laboratorio de metrología para el ensayo y calibración de medidores de energía eléctrica y transformadores de medición (Tesis)*. Ecuador, 2011
- [7] MANDADO, Enrique; MARIÑO, Perfecto y LAGO, Alfonso. *Instrumentación electrónica*. Ed. Marcombo. 1995
- [8] MARTÍN, María. *Curso de Instrumentación 2006-07* [Disponible en línea]. Universidad de Salamanca. <[http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/instrumentacion/contenido/Instrumentacion\\_Tema1.pdf](http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/instrumentacion/contenido/Instrumentacion_Tema1.pdf)>
- [9] MARTÍNEZ, Inmaculada. *Análisis de la información técnica en equipos de climatización* (Proyecto de grado Universidad de Sevilla), 2005

## 10 CIBERGRAFIA

- [1] Aires Acondicionados. Como utilizar una bomba de vacío en el aire acondicionado [Publicación en línea] <<http://www.aires-acondicionados.info/2013/09/como-utilizar-una-bomba-de-vacio-en-el.html>>
- [2] Blog TODOPRODUCTIVIDAD. Guía básica para diseñar y analizar sistemas de refrigeración 2007 [Publicación en línea] <http://todoproductividad.blogspot.com/2012/01/guia-basica-para-disenar-y-analizar.html>
- [3] CAMERAS, Adolfo. Magnitudes eléctricas [Notas de clase en línea] <http://electricidad1tm.wikispaces.com/magnitudes+electricas>
- [4] Blog ELECTROGUST. Magnitudes eléctricas e instrumentos de medición [Publicación en línea] <<http://electrogust.blogspot.com/2008/07/respuestas-5.html>>
- [5] E-URE curso virtual del uso racional de la energía 2014. [Curso en línea]. <http://www.si3ea.gov.co/Eure/>
- [6] PCE Instruments. Anemómetros [Referencia en línea] <<http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/anemometros.htm>>
- [7] RIVERA, Javier y GUTIÉRREZ, Silvia. Curso didáctico de Instrumentación 2014. Instituto Tecnológico de Agua Prieta-ITAP, [Curso en línea] <http://www.itap.edu.mx/documentos/tutoriales/instrumentacion/index.htm>
- [8] SARDAÑONS, Ricardo. La técnica del vacío en los sistemas de aire acondicionado [Artículo en línea]

<[http://www.elaireacondicionado.com/articulos/vacio\\_aire\\_acondicionado.01.html](http://www.elaireacondicionado.com/articulos/vacio_aire_acondicionado.01.html)>

[9] SWEP International. *Refrigerant handbook 2014* [Publicación en línea].  
<<http://handbooks.swep.net/RefrigerantHandbook/Pages/default.aspx>>

[10] TESTO Company. Módulo interactivo sobre Flujo de Aire 2010 [Módulo en línea] <[www.academiatesto.com.ar/cms/?q=flujo-de-aire](http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=flujo-de-aire)>

[11] TESTO Company. Módulo interactivo sobre Humedad 2010 [Módulo en línea]  
<http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=humedad>

[12] TWILIGHT S.A. Anemómetro 5 en 1 [Manual en línea]  
<<http://www.twilight.mx/Anemometros-Digitales/Anemometro-5-en-1-LT-LM8010.html>>