

SELECCIÓN DE UN EVAPORADOR PARA EL CUARTO DE CONGELACIÓN  
DE ALIMENTOS.

JEYSON RICARDO ARAQUE MARÍN  
JORGE ALEXIS ARGÜELLO ALZATE  
ANDRES RAMIRO PATIÑO GONZALEZ  
HECTOR ALEJANDRO PÉREZ CANO

TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA.  
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA.  
MEDELLIN.  
2012.

SELECCIÓN DE UN EVAPORADOR PARA EL CUARTO DE CONGELACIÓN  
DE ALIMENTOS.

JEYSON RICARDO ARAQUE MARÍN  
JORGE ALEXIS ARGÜELLO ALZATE  
ANDRES RAMIRO PATIÑO GONZALEZ  
HECTOR ALEJANDRO PÉREZ CANO

Trabajo de Grado.

PROFESOR  
Arley Salazar Hincapié.  
Asesor Trabajo Dirigido de Grado.  
Ing. Mecánico.

TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA.  
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA.  
MEDELLÍN.  
2012.

## DEDICATORIA

A Nuestros Amigos,  
Profesores y Familiares  
Que Hicieron Posible  
Este Trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo a Dios por darnos salud y el privilegio de poder estudiar y tener la oportunidad de hacer algo útil con nuestras vidas y que de allí podamos ayudar y cooperar con las personas que están a nuestro alrededor.

A nuestras familias por darnos siempre el apoyo moral y económico para que pudiéramos realizar todas las tareas de investigación y desarrollo de éste trabajo.

Al profesor Arley Salazar quién fue nuestro tutor y asesor en este proyecto y quién puso de su tiempo y esfuerzo para que éste se pudiera llevarse a cabo satisfactoriamente. Y a todos los profesores que semestre tras semestre nos brindaron su conocimiento y bases para poder realizar un trabajo digno.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	8
1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
2.JUSTIFICACIÓN.....	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. REFERENTES TEÓRICOS.....	12
4.1. ELEMENTOS FUNDAMENTALES:.....	12
4.1.1 FUNCIONES PRINCIPALES:.....	13
4.2. ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y CONTROL.....	14
4.3. FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	15
4.4. ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.....	15
4.5. ¿QUE HACE EL EVAPORADOR?.....	16
4.6. INTRODUCCION A LOS EVAPORADORES.....	16
4.7. CAPACIDAD DEL EVAPORADOR.....	17
4.8. CLASIFICACIÓN DE LOS EVAPORADORES.....	18
4.8.1. EVAPORADORES SEGÚN EL ESTADO DEL FLUIDO REFRIGERANTE EN SU INTERIOR.....	18
4.8.2. EVAPORADORES SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN.....	21
4.9. EXPANSIÓN DIRECTA E INDIRECTA.....	25
4.9.1. EXPANSIÓN DIRECTA.....	25
4.9.2. EXPANSIÓN INDIRECTA:.....	26
4.10. SALTO TÉRMICO EN LOS EVAPORADORES ( $\Delta T$ ).....	27
4.11. SELECCIÓN DE UN EVAPORADOR.....	28
4.11.1. TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO A CONGELAR.....	29
4.11.2. CARGA TERMICA A TRAVES LAS PAREDES DE LA CAVA.....	29
4.11.3. CARGA DEBIDA A LOS CAMBIOS DE AIRE.....	29
4.11.4. CARGA DEL PRODUCTO.....	29

4.11.5. CARGAS VARIAS O SUPLEMENTARIAS.....	30
4.12. MANTENIMIENTO DE LOS EVAPORADORES.....	30
4.12.1. DESESCARCHE DEL EVAPORADOR.....	31
4.12.2. MÉTODOS DE DESESCARCHE: .....	32
4.13. REFRIGERANTES.....	34
4.13.1. CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES:.....	34
4.13.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES:.....	36
4.13.3. REFRIGERANTES MÁS COMUNMENTE USADOS:.....	37
4.13.4. REFRIGERANTE R410A.....	37
5. METODOLOGÍA.....	38
6. SOLUCIÓN AL PROBLEMA.....	40
6.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UN EVAPORADOR.....	40
6.2. SELECCIÓN DE UN EVAPORADOR.....	40
7. CONCLUSIONES.....	49
8. RECOMENDACIONES.....	50
9. BIBLIOGRAFÍA.....	51

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo básico de refrigeración.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 2. Ciclo Básico de refrigeración.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 3. Ciclo de refrigeración y elementos de seguridad y control.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 4. Ciclo completo de refrigeración. ....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 5. Esquema evaporador inundado.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 6. Imagen Evaporador Inundado. ....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 7. Esquema Evaporador de Expansión seca.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 8. Evaporador de Tubo Liso.....	22
Figura 9. Sección Evaporador de tubo con aletas.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 10. Evaporador de Circulación Natural.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 11. Evaporador de circulación forzada.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 12. Tubos al tresbolillo.....	24
Figura 13. Evaporador de expansión directa.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 14. Evaporador de expansión Indirecta.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 15. Desescarche.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 16. Esquema desescarche eléctrico.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	

Figura 17. Imagen desescarche eléctrico.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 18. Desescarche por gas caliente.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 19. Tabla de Factor de Corrección.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 20. Evaporador Seleccionado 1.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 21. Evaporador Seleccionado 2.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 22. Evaporador Seleccionado 3.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 23. Evaporador Seleccionado 4.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 24. Isométrico acotado evaporador.....	¡Error!
<b>Marcador no definido.</b>	

## INTRODUCCIÓN.

La finalidad de este trabajo consiste en calcular y seleccionar correctamente un evaporador para una cava de congelación de productos cárnicos tales como: Pollo, Pescado, Mariscos y Carnes Rojas; la estructura de dicha cava ya ha sido realizada como otro proyecto de grado y de acuerdo a las dimensiones y especificaciones de dicha cava se debe calcular y seleccionar el evaporador en función de la carga térmica de refrigeración.

La correcta selección de este evaporador permitirá tener una cadena de frío adecuada evitando así causar pérdidas por deterioro de los productos o por sobre congelación de estos.

Para el cálculo del evaporador es necesario tener en cuenta las dimensiones de la cava, la carga térmica, la cantidad de producto y otras variables que se detallarán a lo largo del trabajo.

La selección del evaporador se realiza para un cuarto frío que servirá a los estudiantes de otras promociones del Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria, ya que será implementado como material y herramienta de

trabajo en un nuevo laboratorio de refrigeración y atmósferas controladas, que la institución está sacando adelante, con el fin de potencializar este tema en la ciudad, ya que se cuenta con muy poco desarrollo tecnológico en cuanto a estos temas.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Para llevar a cabo el proyecto de una cava de conservación de alimentos se pretenden hacer todas las investigaciones, cálculos y procesos para una adecuada selección de un evaporador que permita una conservación adecuada y acorde a los tiempos y temperaturas consignadas en la teoría. Este cuarto frío fue proyectado desde sus inicios para la conservación (congelación) de todo tipo de productos cárnicos tales como pollo (carnes blancas), res (carnes rojas), cerdo, pescado y mariscos fundamentalmente; pero como el laboratorio es con fines didácticos y educativos se piensa congelar agua para así realizar un seguimiento a la cadena de frío.

## **2. JUSTIFICACIÓN.**

Con la realización de este proyecto queremos hacer nuestro aporte para el desarrollo de un espacio de aprendizaje para el estudiante pascualino, que busca desarrollar tecnología innovadora convirtiendo así la institución en un centro líder en refrigeración y atmosferas controladas de la ciudad.

Además con la realización de esta investigación se motiva al estudiante a buscar la solución de problemas reales que se pueden llegar a presentar en procesos industriales y/o domésticos.

### **3. OBJETIVOS.**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL.**

Seleccionar correctamente un evaporador cúbico bajo los parámetros y normas existentes, para la congelación de alimentos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Realizar un estudio de los tipos de evaporadores, su clasificación según su construcción y función, y los fundamentos teóricos para su selección.

Seleccionar un evaporador que cumpla con la capacidad de remoción de calor necesaria para lograr la congelación de alimentos, según la carga térmica requerida por el sistema.

Conseguir en el mercado el evaporador seleccionado.

## **4. REFERENTES TEÓRICOS.**

### **SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN.**

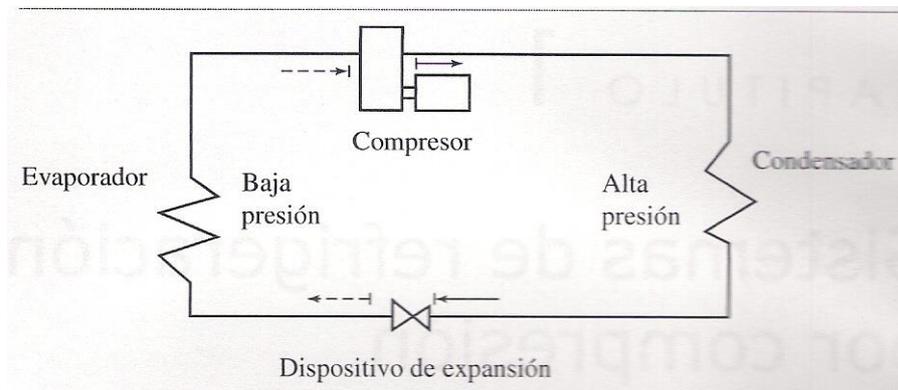
#### **4.1. ELEMENTOS FUNDAMENTALES:**

Los sistemas de refrigeración por compresión constan, básicamente, de cuatro elementos que se consideran fundamentales a través de los cuales circula un fluido refrigerante.

Estos elementos son:

- a. Compresor
- b. Condensador
- c. Dispositivo de expansión
- d. Evaporador

**Figura 1. Ciclo básico de refrigeración. Juan Manuel Franco Lijó, Manual de Refrigeración**



#### 4.1.1 FUNCIONES PRINCIPALES:

**Compresor:** Aspira el fluido refrigerante a la presión de baja establecida y lo comprime elevando su presión y temperatura hasta uno valores tales que se pueda efectuar la condensación. La descarga se efectúa al condensador.

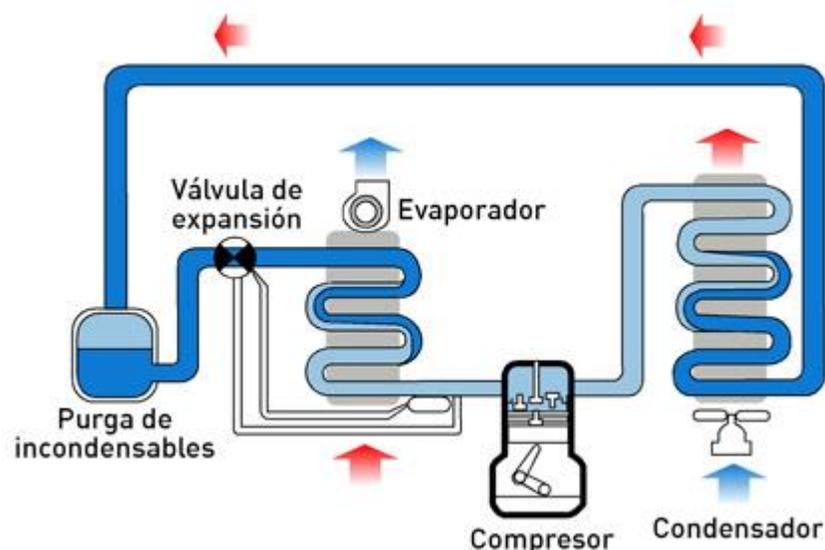
**Condensador:** Es el elemento de la instalación que se encarga de pasar al estado de vapor el fluido refrigerante a estado líquido. El fluido refrigerante entra en el condensador en estado de gas (vapor recalentado) y sale en estado líquido a la temperatura que se condensó o incluso a una temperatura menor si se produce subenfriamiento. El fluido refrigerante cede su calor el agente condensante (aire o agua).

**Dispositivo de Expansión:** Hace que el fluido, que entra en estado líquido, sufra una caída de presión (y temperatura) hasta la necesaria en el evaporador. También controla la cantidad de fluido refrigerante que debe entrar en el evaporador.

**Evaporador:** Se encarga de enfriar o acondicionar la cámara, puede estar dentro o fuera de la misma. Su misión es que el fluido refrigerante, que entra a baja presión y temperatura, efectúe el enfriamiento de la cámara.

**Figura 2. Ciclo Básico de refrigeración.**

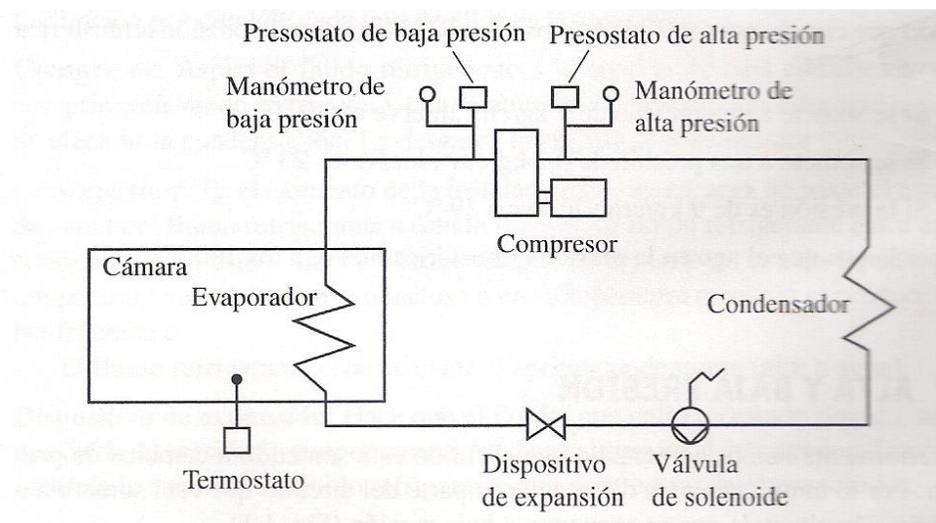
[Httpwww.empresaeficiente.com/catalogo-de-tecnologiascamaras-frigorificas-industriales](http://www.empresaeficiente.com/catalogo-de-tecnologiascamaras-frigorificas-industriales)



## 4.2. ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y CONTROL.

En la siguiente figura se representan los cuatro elementos fundamentales para el estudio de sus principales características a los que se añaden los elementos de seguridad y control.

**Figura 3. Ciclo de refrigeración y elementos de seguridad y control. Juan Manuel Franco Lijó, Manual de Refrigeración**



En un circuito frigorífico existen dos zonas bien definidas, que están sometidas a distintas presiones. Pero puede ocurrir que durante el funcionamiento normal de la instalación esas presiones alcancen valores que afecten el rendimiento de la misma o, incluso, a la propia seguridad de las personas. Para evitar estos hechos se produzcan, la instalación dispone de presostatos.

### **4.3. FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.**

Teniendo en cuenta los elementos citados anteriormente, el funcionamiento de la instalación es el siguiente:

- Cuando la instalación entra en funcionamiento, la temperatura en el interior de la cámara empieza a disminuir hasta que alcanza la que queremos obtener.

-En ese momento el termostato, que ya la detectó, corta la corriente a la válvula solenoide y ésta cierra. Como ya no pasa fluido, el compresor en su funcionamiento, cada vez tiene menos fluido que aspirar, con lo que su presión de aspiración empieza a “caer” hasta que alcanza el valor fijado en el presostato de baja y éste para el compresor.

-Debido a la entrada de calor del exterior (transmisión por paredes, techo, suelo, puertas), la temperatura en el interior de la cámara empieza a subir. Cabe resaltar, que la mayor parte de las horas que trabaja un compresor, lo hace para eliminar el calor que entra por transmisión.

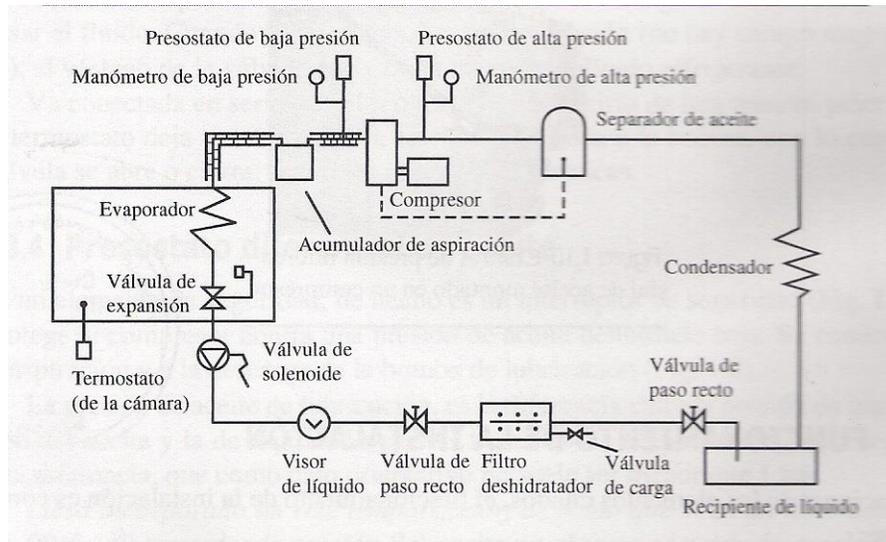
-El termostato detecta ese aumento de temperatura y al cerrar sus contactos de paso de corriente a la válvula solenoide y ésta se abre. El fluido, que se encuentra a la entrada de la misma a alta presión, pasa al dispositivo de expansión (está abierto) cámara y su presión y temperatura aumentan hasta alcanzar un valor tal que corresponda al fijado en el diferencial del presostato y arranca el compresor.

### **4.4. ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.**

Una instalación podría trabajar con los elementos citados con anterioridad, pero, evidentemente, necesita de otros elementos complementarios para que el ciclo de trabajo se pueda efectuar con mayor rendimiento posible.

En el siguiente esquema se representan los más importantes y su disposición en las instalaciones.

**Figura 4. Ciclo completo de refrigeración. Juan Manuel Franco Lijó, Manual de Refrigeración**



#### **4.5. ¿QUE HACE EL EVAPORADOR?**

En éste es donde se produce la evaporización del refrigerante a temperatura constante, tal evaporización del refrigerante produce un enfriamiento del aire que pasa a través del serpentín del evaporador, produciéndose a si el llamado “efecto refrigerante”; el frio no se hace solo la refrigeración es una transferencia de calor del cual el cuerpo más caliente le sede el calor a un cuerpo mas frio y así es como se produce el frio. Todo el refrigerante se evapora en el evaporador.

#### **4.6. INTRODUCCION A LOS EVAPORADORES.**

Es el elemento de la instalación donde se produce el efecto refrigerante. Es un intercambiador de calor, en el cual el calor de la cámara o local pasa al interior del evaporador por efecto de la ebullición del fluido refrigerante en su interior.

El fluido refrigerante, ya expansionado, entra en el evaporador a la presión y temperatura necesarias para que efectúe el enfriamiento del medio que lo rodea. Tiene que estar formado por un material que sea muy buen conductor del calor,

para que se realice el mejor intercambio posible, y no tiene que estar instalado necesariamente dentro de los recintos o locales a refrigerar.

#### **4.7. CAPACIDAD DEL EVAPORADOR.**

Se expresa en kcal/h, es decir la cantidad de calor que extrae por unidad de tiempo, y depende de los siguientes factores:

$$Q = S \cdot K \cdot \Delta t$$

Q= Capacidad del evaporador (Kcal/h)

S= Superficie de transmisión ( $m^2$ )

K= coeficiente de transmisión del material, Kcal/ (h)( $m^2$ ) ( $^{\circ}C$ )

$\Delta t$ = Diferencia de temperaturas entre el fluido refrigerante y el medio a enfriar ( $^{\circ}C$ )

Cuanto mayor sea el valor de cualquiera de estos tres factores, mayor será la cantidad de calor extraído. Pero ello implica también ciertos condicionantes, tales como:

-Que la superficie quede limitada por el espacio donde tenga que instalarse

-El coeficiente K del material esté relacionado con el coste y la compatibilidad con el fluido refrigerante

-La diferencia de temperaturas, que evidentemente cuanto mayor sea implicará más extracción de calor; pero ello repercute en la humedad de la cámara. Cuanto mayor sea esa diferencia, menor será la humedad.

## **4.8. CLASIFICACIÓN DE LOS EVAPORADORES**

Son muchas las formas y tipos de evaporadores existentes, por lo que es difícil englobarlos en una sola clasificación, y los distinguiremos según el estado del fluido refrigerante en su interior y según su construcción.

### **4.8.1. EVAPORADORES SEGÚN EL ESTADO DEL FLUIDO REFRIGERANTE EN SU INTERIOR.**

#### **4.8.1.1. INUNDADOS:**

En estos evaporadores, el fluido refrigerante se encuentra en estado líquido desde la entrada hasta la salida, aunque a la salida ésta es en mezcla de líquido y gas; pero en un porcentaje considerable de líquido. Es decir, el fluido refrigerante se encuentra a través de toda la superficie de transmisión, en estado líquido. Son evaporadores de gran rendimiento, ya que si a la salida el fluido está en un porcentaje considerable de líquido, implica que la diferencia de temperaturas entre el fluido refrigerante y el medio a enfriar es prácticamente constante. También se caracterizan por el tipo de dispositivo de expansión, ya que emplean los denominados reguladores de nivel o válvula de flotador.

El fluido refrigerante procedente del recipiente de líquido, pasa a través del regulador y entra expansionado en un recipiente llamado separador de líquido. Desde éste elemento se alimentan los evaporadores. A la salida del evaporador, el fluido se encuentra en estado líquido en su mayor parte y por lo tanto no puede ir conectado directamente al compresor. Por ello se conecta la salida al separador de líquido, en el cual el líquido está en la parte inferior y el vapor en la parte superior, de donde es aspirado por el compresor.

Figura 5. Esquema evaporador inundado. <http://libros.redsauce.net>

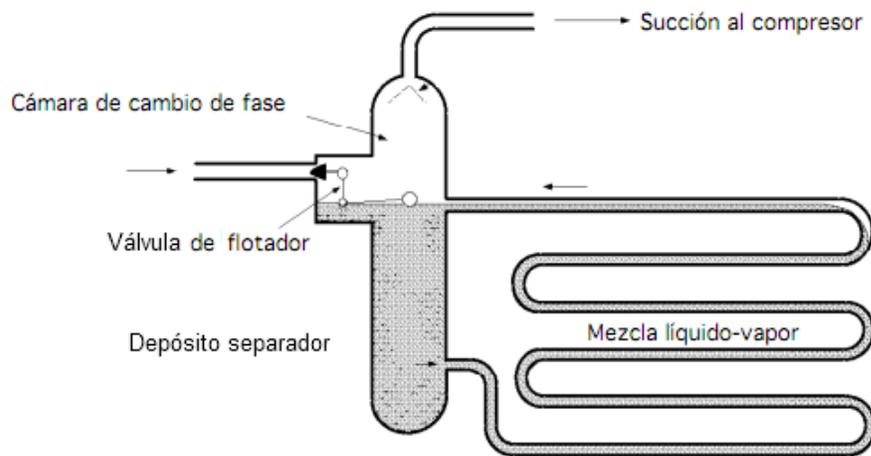
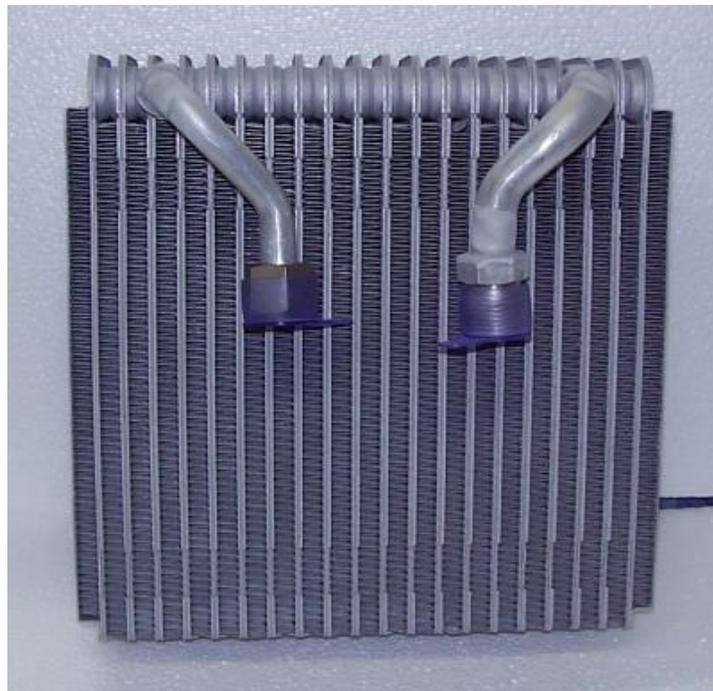


Figura 6. Imagen Evaporador Inundado. foto.[www.imesli.c](http://www.imesli.c) - importadora esmeralda Ltda.



#### **4.8.1.2. SEMIINUNDADOS:**

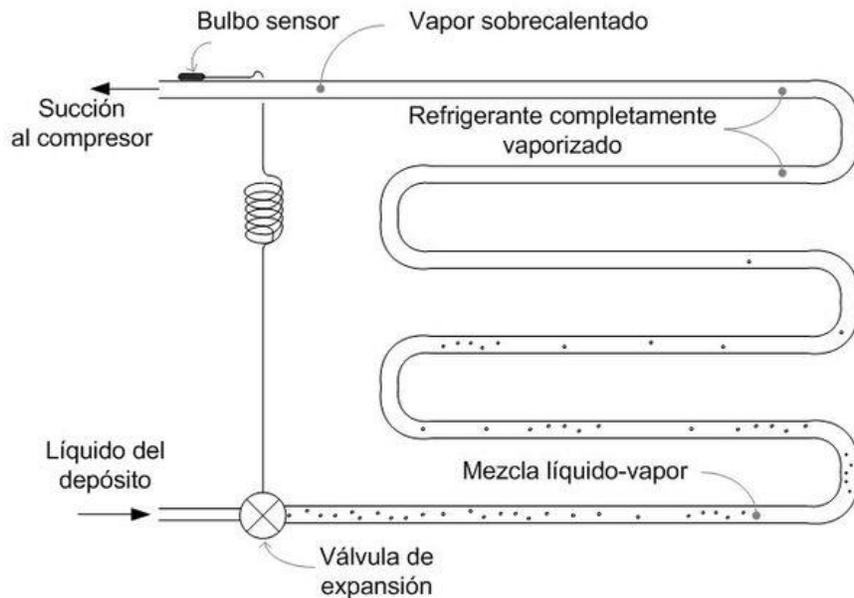
Están formados por dos colectores, uno de menor diámetro que es la entrada del fluido refrigerante, y otro colector de mayor diámetro, que es la salida del fluido. Los dos colectores están unidos mediante los tubos, en paralelo, por los que circula el fluido refrigerante. Al estar los tubos conectados en paralelo, la velocidad del fluido refrigerante a través de los mismos es muy baja y el líquido se va depositando en la parte inferior de los tubos, inundándolos. El vapor que se va formando circula por la parte superior.

#### **4.8.1.3. SECOS:**

Se caracterizan porque el fluido refrigerante se encuentra, a la salida del evaporador, en estado de gas. Es decir, una parte de la superficie de transmisión se emplea en el recalentamiento del fluido refrigerante.

En los evaporadores secos la alimentación se produce, generalmente, mediante válvulas de expansión termostáticas. El fluido entra expansionado y a la salida, por la transmisión de calor, se encuentra en estado de vapor. Esto es debido a que las válvulas de expansión termostáticas trabajan según el recalentamiento del vapor a la salida del evaporador.

**Figura 7. Esquema Evaporador de Expansión seca.**  
[http://www.superfrigo.cl/empresa\\_historia.php](http://www.superfrigo.cl/empresa_historia.php)



Esquema de evaporador de  
expansión seca  
(o directa)

#### **4.8.2. EVAPORADORES SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN.**

##### **4.8.2.1. DE TUBO LISO:**

Son los más empleados desde el principio de la refrigeración. Consisten en un tubo de cobre recocado que puede presentar distintas formas, entre las que destacan, por su aplicación, la de zigzag y en espiral.

**Figura 8. Evaporador de Tubo Liso.**

[http://www.refrigeracao.net/Topicos/evaporador\\_3.htm](http://www.refrigeracao.net/Topicos/evaporador_3.htm)

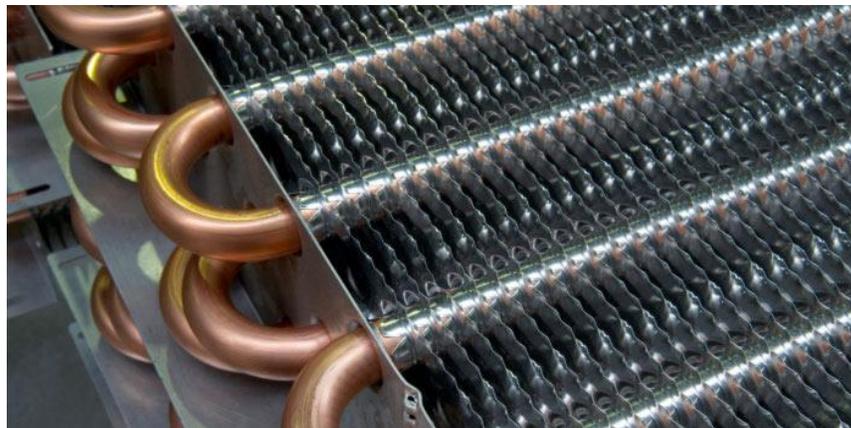


#### **4.8.2.2. DE TUBO CON ALETAS:**

Para una misma capacidad, con las aletas se consigue un menor tamaño porque la superficie de transmisión es la de los tubos más la de las aletas. Las aletas pueden ser de varias formas, principalmente rectangulares o circulares, y no necesariamente lisas con objeto de facilitar la turbulencia del aire. Las aletas se fijan al tubo mediante un proceso mecánico, que consiste en el ensanchamiento del tubo haciendo pasar por su interior una bola de acero.

**Figura 9. Sección Evaporador de tubo con aletas.**

<http://www.kobolrefrigeration.com/>

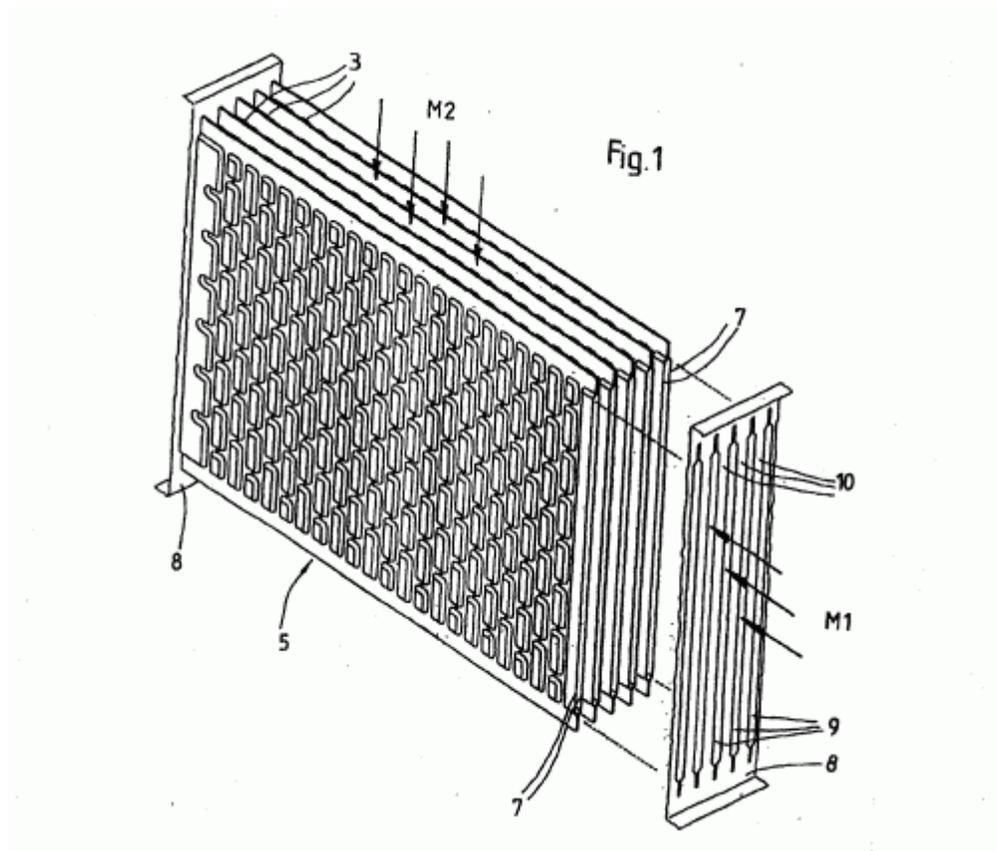


La circulación de aire a través de estos evaporadores puede ser:

**-NATURAL:**

En los que el aire circula por su diferencia de densidad en los distintos puntos, estableciéndose corrientes de convección. Se instalan en el techo o a lo largo de las paredes del local a refrigerar. El aire frío procedente del evaporador, al entrar en contacto con el producto se calienta por la transmisión de calor y asciende hacia el evaporador, que lo enfría, “cayendo” nuevamente sobre el producto a enfriar.

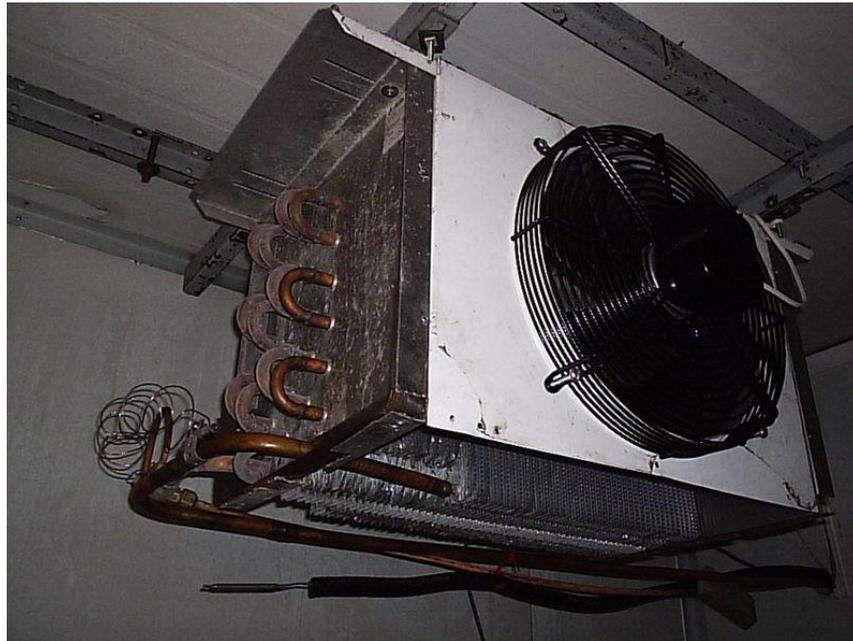
**Figura 10. Evaporador de Circulación Natural.** <http://alan-refrigeracion.blogspot.com/2009/11/que-es-y-tipos-de-evaporadores.html>



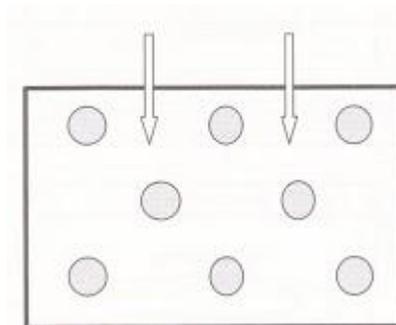
**-FORZADA:**

La entrada y salida del aire se produce por la acción de los ventiladores, por lo que la separación entre las aletas es menor que en los de circulación natural. La disposición de los tubos es al tresbolillo.

**Figura 11. Evaporador de circulación forzada. Imagen en INACAP Santiago Chile**



**Figura 12. Tubos al tresbolillo. Manual de Refrigeración - Vallycontrol**



Con ello se garantiza que el aire que pasa a través del evaporador, se enfría, ya que está en contacto con todo el tramo del serpentín. El aire que no está en contacto con los tubos de la primera fila, lo consigue con los de la segunda fila.

Los materiales que se empleen para los tubos y aletas, deben ser muy buenos conductores de calor; pero al mismo tiempo han de ser compatibles con los fluidos refrigerantes. Con amoníaco se emplean tubos y aletas de acero, y con fluidos clorofluorados. Tubos de cobre y aletas de aluminio.

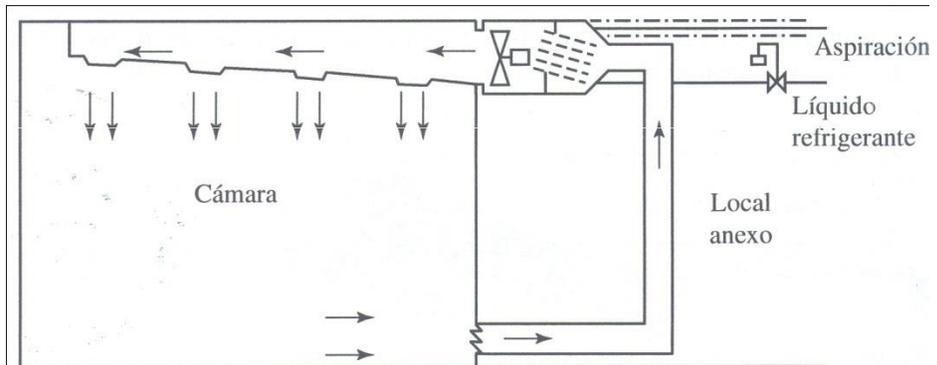
#### **4.9. EXPANSIÓN DIRECTA E INDIRECTA.**

Los evaporadores son los elementos que se encargan de mantener la temperatura necesaria en el interior del local a refrigerar. Pero ello no implica que tengan que estar instalados dentro del local, sino que pueden también estar fuera.

##### **4.9.1. EXPANSIÓN DIRECTA.**

El evaporador enfría directamente la cámara, bien porque está instalado en su interior o en un local anexo. El evaporador está instalado en un local anexo y la descarga del aire se realiza a través de un conducto que dispone de unas rejillas para la salida del aire. De esta forma se consigue una distribución uniforme del aire de impulsión. El retorno del aire en este caso también es conducido por otro conducto hacia el evaporador. Este sistema se suele emplear en cámaras de altura considerable o bien por las características de almacenamiento del producto.

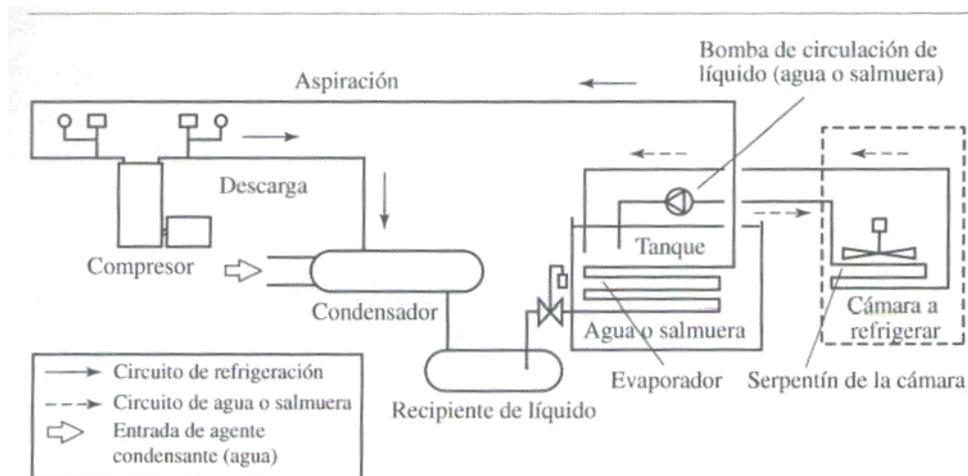
**Figura 13. Evaporador de expansión directa. Juan Manuel Franco Lijó, Manual de Refrigeración.**



**4.9.2. EXPANSIÓN INDIRECTA:**

Necesita de un circuito secundario para mantener la temperatura necesaria en el interior del local. Es un sistema muy empleado en casos en que el local o cámara a refrigerar está situado a una distancia considerable del compresor.

**Figura 14. Evaporador de expansión Indirecta. Juan Manuel Franco Lijó, Manual de Refrigeración.**



#### **4.9.2.1. VENTAJAS DE ESTE SISTEMA:**

Se evitan las grandes caídas de presión, que si se hiciera por expansión directa, implicarían, entre otras medidas, sobredimensionar el compresor para compensar esas pérdidas de carga. Así no hay que llevar el evaporador al interior de la cámara para conseguir la temperatura necesaria en su interior. Estas caídas de presión las asumiría la bomba del circuito secundario, que es la que “trasladaría” la refrigeración producida en el tanque a la cámara.

Dado que el circuito primario es más corto, es menor la cantidad de fluido refrigerante.

En caso de pérdidas de refrigerante, solamente afectarían al circuito primario, ya que en el circuito secundario las pérdidas serían de agua o salmuera. Además estas fugas se detectan con facilidad y el reponer estos fluidos es más barato que si fuera el fluido refrigerante.

#### **4.10. SALTO TÉRMICO EN LOS EVAPORADORES ( $\Delta T$ ).**

Es la diferencia de temperaturas entre la del fluido refrigerante, evaporándose en el interior de los evaporadores, y la del fluido a enfriar. Varía según se trate este último de aire, salmuera, agua... y el tipo de evaporador a emplear.

A efectos prácticos y de una manera orientativa, diremos, por ejemplo, que

Si el fluido a enfriar es líquido, esa diferencia de temperaturas es del orden de 5°C

Si el fluido a enfriar es el aire de la cámara, esa diferencia de temperaturas es del orden de 5 a 8°C para evaporadores forzados y de 8 a 12°C para evaporadores de circulación natural.

Ya que el salto término ( $\Delta t$ ) está condicionado por la humedad relativa (H.R.) de la cámara, que a su vez está determinada por el tipo de producto en el interior de la misma, no debemos olvidar que cada producto tiene su propia temperatura y

humedad relativa, para poder ser mantenido en optimas condiciones de conservación y congelación.

#### **4.11. SELECCIÓN DE UN EVAPORADOR.**

Una vez determinada la capacidad de un evaporador, el siguiente paso es el proceso de su selección. Para ello debemos utilizar las tablas de los fabricantes. Cada fabricante tiene sus propias tablas.

La capacidad determinada se vera afectada por el factor de corrección (f), que nos dará el valor de la capacidad nominal, y esta será la que finalmente se instale.

Esta capacidad es la capacidad nominal o capacidad corregida.

El factor (f) es un valor que tiene en cuenta las perdidas de rendimiento por formación de escarcha y de hielo en las baterías de los evaporadores, durante el tiempo establecido entre los periodos de desescarche.

#### **Fórmula para seleccionar la capacidad de un evaporador.**

$$Q_n = \frac{Q_c}{f}$$

Donde:

Q<sub>n</sub>= capacidad nominal, que se obtendrá en las tablas (kcal/h)

Q<sub>c</sub>= capacidad en las condiciones de trabajo (kcal/h)

F= factor de corrección

#### **4.11.1. TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO A CONGELAR.**

Capacidad del equipo BTU/hora= (carga del enfriamiento total) / (tiempo)

Por la necesidad de deshelar el evaporador a intervalos frecuentes, no resulta práctico diseñar los sistemas de refrigeración de tal forma que el equipo deba trabajar continuamente a fin de manejar la carga. No importa la forma en que se efectúe el deshielo, esto requiere determinado tiempo para efectuarse, durante el cual debe de detenerse el efecto refrigerante en el serpentín mientras se efectúa el deshielo. In método de deshielo consiste en detener el compresor y dar lugar a que el evaporador se caliente hasta la temperatura que se detiene en el espacio y conservarlo a esta temperatura por tiempo suficiente hasta que se termine el deshielo en el serpentín.

#### **4.11.2. CARGA TERMICA A TRAVES LAS PAREDES DE LA CAVA.**

Muchas veces se le llama carga de fuga, es una medición de calor que fluye a través de las paredes del espacio refrigerado del exterior hacia el interior. Ya que no se dispone de ningún aislamiento perfecto, habrá una cantidad de calor que está pasando desde el exterior hacia el interior debido a la diferencia de temperaturas.

#### **4.11.3. CARGA DEBIDA A LOS CAMBIOS DE AIRE.**

Al abrirse la puerta del espacio refrigerado, el aire caliente que entra desde el exterior entra al espacio para reemplazar el aire frío más denso, esto constituye una perdida en el espacio refrigerado, lo mismo sucede con fugas.

#### **4.11.4. CARGA DEL PRODUCTO.**

La constituye el calor que debe de extraerse del producto a fin de que la temperatura del producto baje hasta el nivel deseado. El termino producto se

aplica aquí a las carnes rojas, pescados, mariscos, cerdo, etc. temperatura es disminuida por el equipo de refrigeración.

#### **4.11.5. CARGAS VARIAS O SUPLEMENTARIAS.**

Las cargas varias a veces llamadas suplementarias, toman en cuenta a varias fuentes de calor. Las principales son las producidas por las personas que trabajan en el espacio refrigerado, alumbrado, equipos eléctricos.

#### **4.12. MANTENIMIENTO DE LOS EVAPORADORES.**

El inconveniente de los evaporadores es que el agua contenida en el aire se condensa y se congela sobre la superficie de los tubos para formar hielo y escarcha. Cuanto menor es la temperatura del evaporador mayor es la velocidad de formación de escarcha. Por supuesto no se tiene formación de escarcha en aquellos evaporadores donde la temperatura de trabajo es superior a 0° C.

La escarcha es mala conductora del calor por lo que la velocidad de transferencia de calor desde el espacio refrigerado hacia el refrigerante se reduce. Esto provoca que la temperatura de evaporación del refrigerante sea cada vez más baja por lo que se formará más escarcha lo que hace más difícil que entre en calor desde el exterior. De esta manera, se reduce la capacidad frigorífica del evaporador.

En los evaporadores aleteados la escarcha que se forma entre las aletas reduce la superficie de contacto entre las aletas y el aire. Esto reduce también la transmisión de calor por lo que disminuirá la temperatura de evaporación y se producirá una mayor formación de escarcha. El agua como se dilata conforme se congela, la expansión que se produce puede dañar las aletas.

#### 4.12.1. DESESCARCHE DEL EVAPORADOR.

La escarcha que se produce sobre los evaporadores debe ser eliminada periódicamente mediante el proceso que se denomina desescarche. En los pequeños frigoríficos domésticos, el desescarche se consigue desconectando el aparato durante un período suficiente para que se descongele el hielo. Esta escarcha debe ser cuidadosamente eliminada con el fin de conseguir un proceso rápido para que los alimentos no se deterioren.

En los sistemas frigoríficos grandes se utilizan otros métodos para el desescarche. Uno de estos métodos consiste en rociar agua caliente sobre la escarcha. Otro consiste en utilizar evaporadores con resistencias dispuestas en el interior de estos equipos. Un tercer método consiste en utilizar el vapor que se tiene en el tramo de descarga del compresor.

Los fabricantes suelen determinar los períodos de desescarche, en general cuanto más baja es la temperatura mayor será la frecuencia de desescarche.

**Figura 15. Desescarche.** [http://www.yoreparo.com/foros/refrigeracion/584884\\_0.html](http://www.yoreparo.com/foros/refrigeracion/584884_0.html)



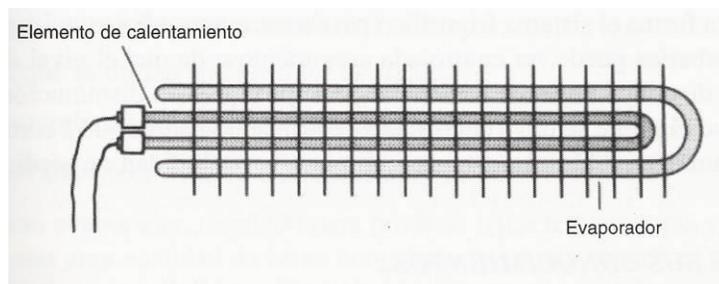
## 4.12.2. MÉTODOS DE DESESCARCHE:

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

A continuación, se pone en marcha el rociador de agua, que se aplica con duchas que se colocan en la parte superior del evaporador. Se tiene en marcha este sistema durante algunos minutos hasta que la escarcha se ha descongelado y se le ha permitido drenar completamente el agua formada.

**4.12.2.2. Desescarche eléctrico:** Se procede como en el caso anterior, cerrando la línea de líquido y se para el compresor cuando se haya extraído todo el refrigerante del evaporador. Luego se conecta la resistencia y el calentamiento elimina la escarcha. Luego se pone de nuevo todo el sistema en marcha. Este proceso se puede realizar de forma manual ó automática utilizando un programador.

**Figura 16. Esquema desescarche eléctrico.**



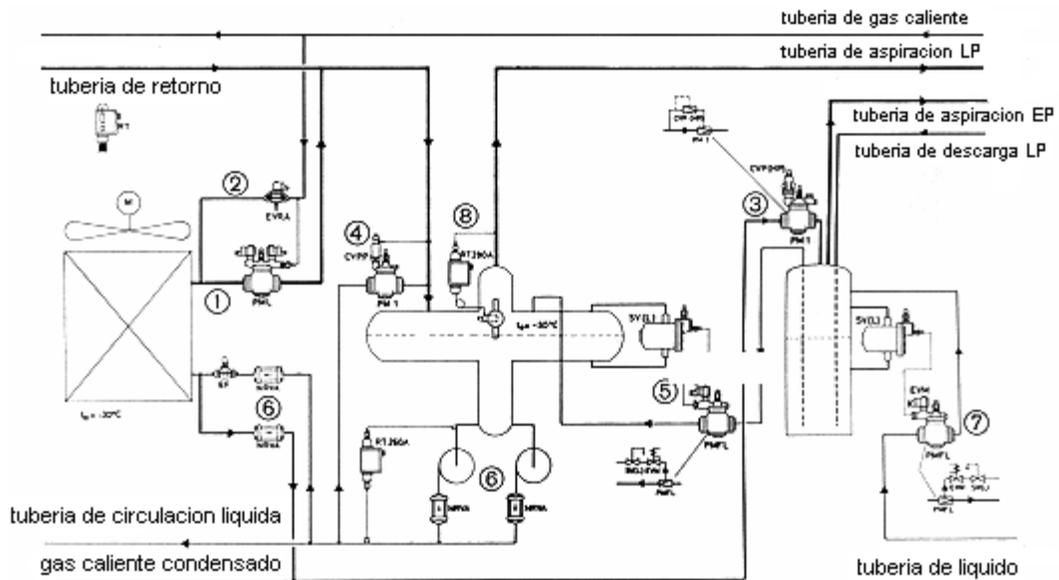
**Figura 17. Imagen desescarche eléctrico. Sitio web del Fabricante de resistencias eléctricas, sondas de temperatura y termopares herten s.l.**



**4.12.2.3 Desescarche con gas caliente:** Se utiliza un tramo de tubería que se conoce como by-pass, que conduce el fluido frigorífero gas desde la línea red de descarga hacia el evaporador. Cuando se abre la válvula de esta línea by-pass, el gas caliente se introduce en el evaporador provocando que se funda el hielo, y de esta manera el desescarche.

El inconveniente es que el gas caliente se condensa y pasa a la forma líquida en el evaporador, se tiene el peligro de que el refrigerante líquido pueda retornar al compresor a través de la tubería de aspiración y dañar de este modo el compresor. Este problema se puede resolver utilizando un segundo evaporador, conocido como re-evaporador, que es conectado por medio de una válvula cuando se produce el desescarche.

**Figura 18. Desescarche por gas caliente, principio de circulación.**  
<http://galeon.hispavista.com/spaincor/img/VALVU.bmp>



#### 4.13. REFRIGERANTES.

Los refrigerantes son productos químicos líquidos o gases, los cuales son utilizados como medio de transmisor de calor entre otros dos elementos en una máquina térmica, y específicamente en sistemas de refrigeración.

##### 4.13.1. CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES:

Los refrigerantes son muy difíciles de clasificar en un solo grupo, por esto son clasificados según su composición, su seguridad y su función de trabajo, así:

#### **4.13.1.1. POR SU COMPOSICIÓN QUÍMICA:**

- Inorgánicos:  
Como el agua y el Amoniacó ( $\text{NH}_3$ ).
- Orgánicos:
  - Los CFC's, Clorofluorocarbonados.
  - Los HCFC's, Hidroclorofluorocarbonados.
  - Los HFC's, Hidrofluorocarbonados.
  - Los HC, Hidrocarburos.
  - Las mezclas: azeotrópicas o no azeotrópicas.

#### **4.13.1.2. POR SU GRADO DE SEGURIDAD:**

- Grupo 1:  
No son combustibles ni tóxicos
- Grupo 2:  
Son tóxicos, corrosivos o explosivos a concentraciones mayores de 3,5% en volumen mezclados con el aire.
- Grupo 3:  
Son tóxicos, corrosivos o explosivos a concentraciones menores o iguales a 3,5% en volumen mezclados con el aire.

#### **4.13.1.3. POR SUS PRESIONES DE TRABAJO:**

- Baja.
- Media.
- Alta.
- Muy Alta.

#### **4.13.1.4. POR SU FUNCIÓN:**

- **Primario:**  
Si el agente transmisor en el sistema frigorífico, y por lo tanto realiza un intercambio térmico principalmente en forma de calor latente.
- **Secundario:**  
Realiza un papel de intercambio térmico intermedio entre el refrigerante primario y el medio exterior. Realiza el intercambio principalmente en forma de calor latente.

#### **4.13.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES:**

- **Punto de Congelación:**  
Debe ser inferior a cualquier temperatura que exista en el sistema, para así evitar congelamiento en el evaporador.
- **Calor específico:**  
Debe ser lo mayor alto posible, para que así una pequeña cantidad de líquido pueda absorber una gran cantidad de calor.
- **Volumen Específico:**  
Debe ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de succión y compresión.
- **Densidad:**  
Deben ser elevadas para usar líneas de líquidos pequeñas.
- **Temperatura de Condensación:**  
A la presión máxima de trabajo debe ser la menor posible.
- **Temperatura de ebullición:**  
Relativamente baja a presiones cercanas a la atmosférica.
- **Punto Crítico:**  
Debe ser lo más elevado posible.

#### **4.13.3. REFRIGERANTES MÁS COMUNMENTE USADOS:**

- Agua.
- Amoniaco o R717.
- El Glicol.
- R22
- R134a.
- R407C.
- R410A.

#### **4.13.4. REFRIGERANTE R410A.**

El R410A es una mezcla casi azeotrópica de dos gases HFC: R-32 y R-125, con una temperatura de ebullición de  $-52,2^{\circ}\text{C}$ . No es perjudicial para la capa de ozono. Es un refrigerante de alta seguridad; Grupo 1, es decir, no tóxico y no Inflamable en caso de fugas.

Los niveles de presión del R410A son mucho más elevados que los habituales en los refrigerantes actuales. Por tanto, deben utilizarse mangueras, manómetros y material frigorífico adecuados a la nueva presión de trabajo.

El R410A sólo debe usarse con aceites poliéster (POE) o Poliviniléter (PVE) con los que es miscible, lo que permite un buen retorno al compresor. Otros aceites no se mezclan con el R410A.

## 5. METODOLOGÍA.

<b>OBJETIVOS.</b>	<b>ACTIVIDADES.</b>	<b>PRODUCTO.</b>
<p>Investigar documentación referida a los evaporadores y como es su selección.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indagar acerca de qué es un evaporador, como funciona, que tipos existen, como se clasifican y cuáles son las pautas para una correcta selección.</li> <li>• Preguntar y pedir pautas al asesor para investigar sobre los temas apropiados.</li> </ul>	<p>Documento que muestra todo lo relacionado con el conocimiento sobre un evaporador.</p>
<p>Seleccionar un evaporador adecuado que satisfaga las condiciones de trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar la forma para seleccionar un evaporador.</li> <li>• Calcular el evaporador apropiado para las condiciones de trabajo, aplicando las fórmulas consultadas.</li> <li>• Buscar en el mercado evaporadores que cumplan con los parámetros calculados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documento en el que se ilustra la forma de seleccionar un evaporador.</li> <li>• Cálculos de la selección del evaporador.</li> <li>• Alternativas de los evaporadores consultados, con el fin de evidenciar el proceso y dejar como material de consulta para los estudiantes.</li> </ul>

<p>Conseguir en el mercado en evaporador seleccionado.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar fabricantes y productos que cumplan con los requerimientos calculados.</li><li>• Conseguir en el mercado el evaporador apropiado.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se hará entrega del evaporador correspondiente a la carga térmica calculada.</li></ul>
--	--	--

## **6. SOLUCIÓN AL PROBLEMA.**

### **6.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UN EVAPORADOR.**

Para la correcta selección de un evaporador, se requiere hallar la carga térmica que este debe remover; dicha carga se calcula teniendo en cuenta varios factores, tales como:

- Los productos a almacenar.
- La temperatura a la cual se quieran conservar o congelar los alimentos.
- Las dimensiones de la cava en la cual se va a almacenar el producto.
- Las condiciones atmosféricas del lugar donde se va a instalar la cava.

Para el caso de la selección del evaporador y la de los demás componentes de la cava de congelación que se instalará en el laboratorio de refrigeración del Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria, la carga térmica ya ha sido calculada por otro grupo de estudiantes que al igual que nosotros realizó un Trabajo de Grado.

La carga térmica o la capacidad determinada que deberá remover el evaporador será de 24000 BTU. Este fue el resultado del cálculo de la carga térmica, en la cual se tuvieron en cuentas todas las perturbaciones que pueden afectar al sistema en cuanto a temperatura y condiciones atmosféricas.

### **6.2. SELECCIÓN DE UN EVAPORADOR.**

Luego de que se haya determinado la capacidad del evaporador, el paso siguiente será la selección del mismo; pero para ello no nos podemos remitir a buscar el evaporador requerido en las tablas que los fabricantes tienen ya predeterminadas, sin antes haber hallado la capacidad nominal del evaporador, en la cual se tiene en cuenta el factor de corrección.

La capacidad que determinamos mediante el cálculo de la carga térmica es la capacidad en las condiciones de trabajo o capacidad determinada, la cual la denominamos como:  $Q_c$ .

El factor de corrección es un valor que tiene en cuenta las pérdidas de rendimiento generadas por la formación de escarcha y de hielo en las celdas de los evaporadores, durante el tiempo establecido entre los períodos de desescarche; este factor de corrección lo llamamos:  $f$ .

La capacidad nominal o capacidad corregida es el valor que nos da como resultado la aplicación del factor de corrección a la capacidad determinada, este valor es con el cual nos podemos dirigir a buscar en las tablas de los fabricantes; la capacidad nominal se conoce como:  $Q_n$ .

Entonces la fórmula para seleccionar un evaporador es:

$$Q_n = \frac{Q_c}{f}$$

**DONDE:**

$Q_n =$  Capacidad nominal.

$Q_c =$  Capacidad determinada.

$f =$  Factor de corrección.

Para hallar  $Q_n$ , necesitamos saber el valor de  $Q_c$  y  $f$ ; el valor de  $Q_c$  ya lo sabemos mediante la determinación de la capacidad del evaporador; por tanto solo necesitamos hallar  $f$ .

El siguiente paso es hallar  $f$ , para hallar el factor de corrección debemos dirigirnos a un Gráfico denominado Tabla de Factor de corrección; para hallar el valor de  $f$  debemos tener los valores de:

$\Delta t$ : Salto térmico en el evaporador.

$t_e$ : Temperatura de evaporación ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Como la aplicación final de la cava de refrigeración es con fines didácticos e ilustrativos, la materia a congelar será agua; por este motivo en la teoría de investigación dice que si el fluido el cual se va a refrigerar es líquido, la diferencia de temperaturas en el salto térmico será de  $5^{\circ}\text{C}$ .

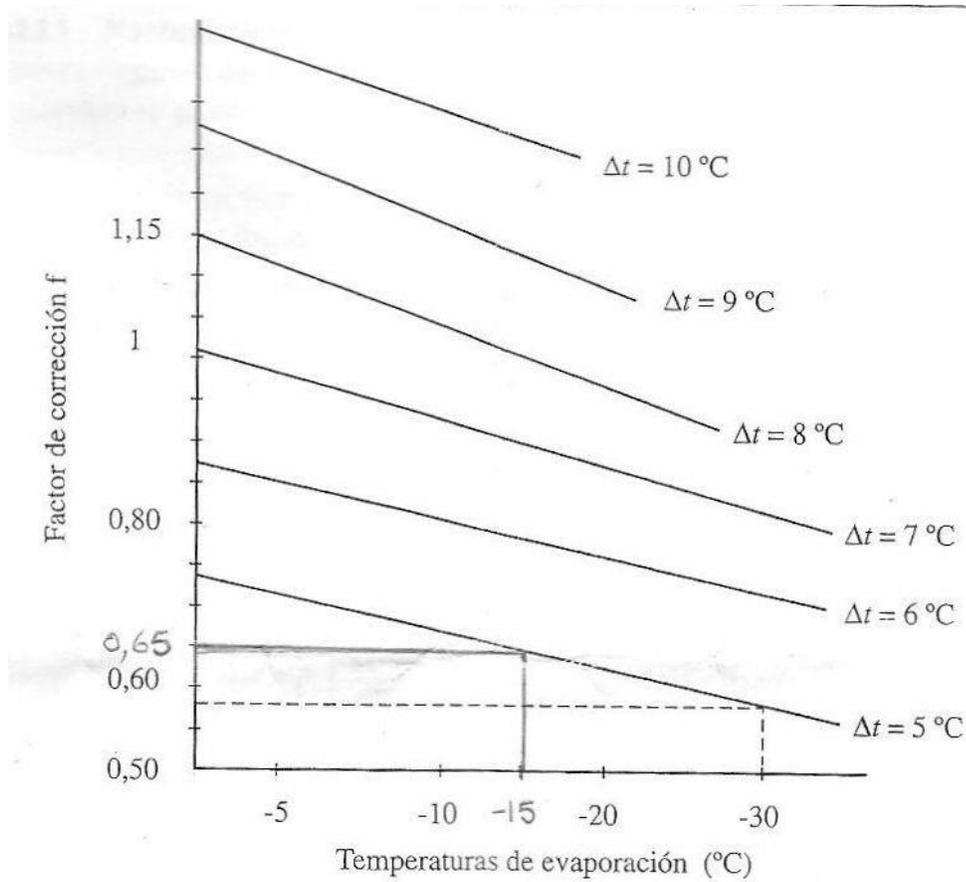
Como el agua que se va a congelar en el interior de la cava será subcongelada a  $-5^{\circ}\text{C}$ , la temperatura de evaporación del fluido refrigerante será de  $-15^{\circ}\text{C}$ , a una presión de baja de 70 psi, según la tabla de presión del líquido refrigerante R410.

En resumen :  $\Delta t$ : **Salto térmico en el evaporador es de :  $5^{\circ}\text{C}$ .** y la

**$t_e$ : Temperatura de evaporación es de :  $-15^{\circ}\text{C}$ .**

Nos dirigimos a la tabla de selección del factor de corrección y trazamos una línea perpendicular sobre el eje de temperatura de evaporación, partiendo desde el valor calculado de  $-15^{\circ}\text{C}$  hasta la línea del salto térmico que coincida con  $5^{\circ}\text{C}$ . Luego desde el punto donde se cortan la línea perpendicular trazada y la línea de el salto térmico, se traza otra línea perpendicular al eje de factor de corrección, el punto de se cortan esta última línea trazada y el eje de factor de corrección será el valor del factor de corrección que se necesita para aplicar la fórmula de selección del evaporador, que para nuestro caso será de  **$f$ : 0,65.**

**Figura 19. Tabla de Factor de Corrección. Juan Manuel Franco Lijó, Manual de Refrigeración**



Ahora reemplazamos valores en la fórmula de selección de un evaporador:

$$Q_n = \frac{Q_c}{f}$$

$$Q_n = \frac{24000 \text{ BTU}}{0,65}$$

$$Q_n = 36923 \text{ BTU.}$$

Luego de haber calculado la carga nominal del evaporador se procederá a seleccionar un evaporador de 36000 BTU, de circulación forzada y con sistema de desescarche eléctrico; el cual será un evaporador apropiado para evacuar la carga térmica del interior de la cava teniendo en cuenta cualquier perturbación que pueda afectar al sistema.

Las características del evaporador a seleccionar son las siguientes:

**TUBO CON ALETAS:** Se ha seleccionado un evaporador de tubo con aletas porque su tamaño es más compacto, ya que la superficie de transmisión es la de los tubos más las aletas; mientras que el evaporador de tubos solo tiene los tubos como superficie de transmisión.

**CIRCULACIÓN FORZADA DE AIRE:** Este tipo de circulación se ha escogido, debido a la mayor cantidad de aire que los ventiladores hacen circular por el evaporador, generando así mayor eficacia en el proceso de enfriamiento del aire.

**EXPANSIÓN DIRECTA:** Debe ser un evaporador de expansión directa, ya que es este quien es el que va a enfriar el aire de la cámara directamente.

**DESESCARCHE ELÉCTRICO:** Aunque todos los sistemas de desescarche se basan en el aporte de calor, se ha determinado que el desescarche eléctrico es el más apropiado para este evaporador, ya que respecto a los otros dos sistemas tiene cierta ventaja, ya que es más eficiente que el desescarche por agua y además no produce inconvenientes como podría llegar a producir el desescarche por gas caliente.

En resumen, Se ha seleccionado un evaporador de expansión directa, construido con tubos y aletas, de circulación forzada de aire y con un sistema de descongelación por resistencias eléctricas; con una capacidad de 36000 BTU.

EVAPORADOR SELECCIONADO:

**Figura 20. Evaporador Seleccionado 1. Fuente Propia.**



**Figura 21. Evaporador Seleccionado 2. Fuente Propia.**



**Figura 22. Evaporador Seleccionado 3. Fuente Propia.**



**Figura 23. Evaporador Seleccionado 4. Fuente Propia.**



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

MARCA: GUNTNER.

CAPACIDAD: 36000 BTU.

DIMENSIONES: 109 cm X 38,5 cm X 16 cm.

REFRIGERANTES: R-410A, R-22, R507, R404A.

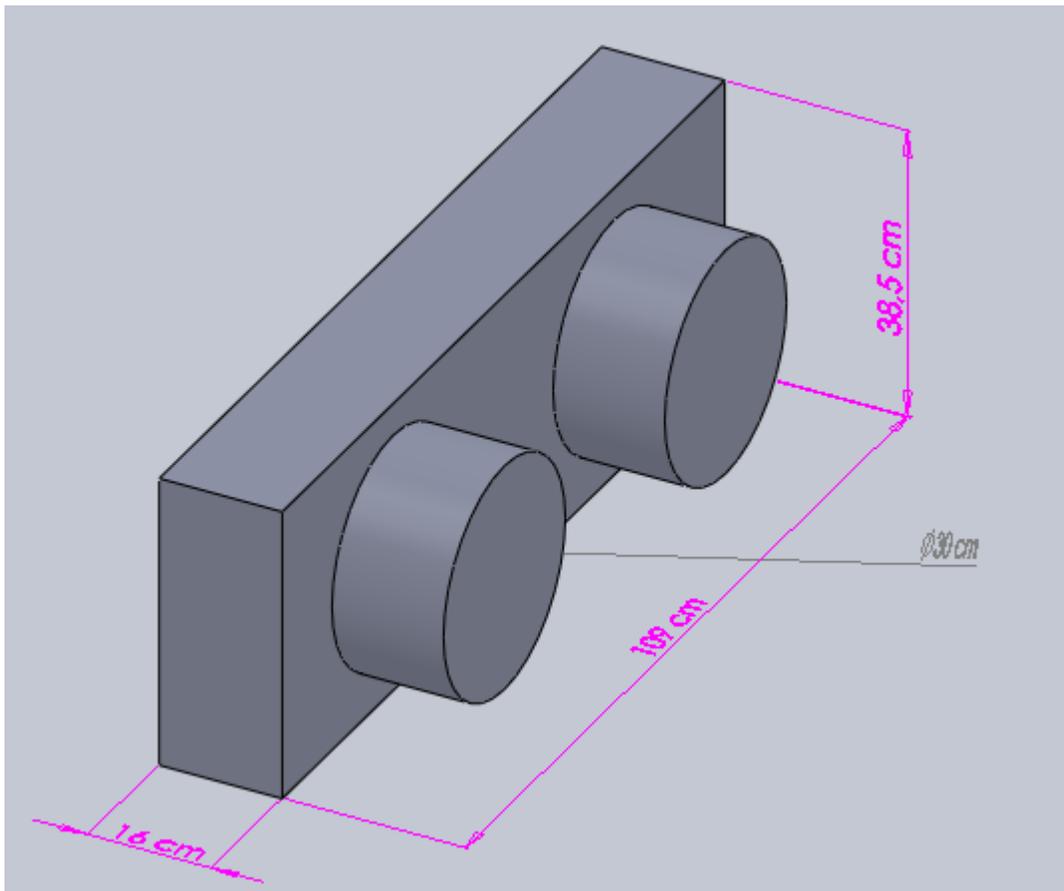
DIAMETRO VENTILADORES: 25 cm.

MOTORES (2): 220v, 120W, 0.8A, 1550rpm, 60 Hz.

RESISTENCIAS ELÉCTRICAS: 220v.

Drenaje y bandeja de condensado fabricado en acero inoxidable.

**Figura 24. Isométrico acotado evaporador. Fuente propia.**



OTRA ALTERNATIVA PARA LA SELECCIÓN DEL EVAPORADOR:

MARCA.	MODELOS.
Thermocoil.	DMS 300 E-6 DMS 300 E-4
AC TECH S.A.	EBP036
MIPAL	Mi 110.
BOHN.	FBA4540E.

## **7. CONCLUSIONES**

Con este trabajo pudimos lograr la selección adecuada de un evaporador cúbico gracias a unos parámetros y especificaciones requeridas para una cava de congelación de alimentos.

Pudimos aprender más a fondo acerca de las variedades, usos y fundamentos de los evaporadores.

Obtuvimos la experiencia de investigar y movernos en el mercado de la refrigeración, así como su comercialización, proveedores y distribuidores en la ciudad de Medellín.

## **8. RECOMENDACIONES**

Es fundamental y prioritario a la hora de hacer la selección de un evaporador, calcular o determinar la carga térmica que se va a remover teniendo en cuenta todos los factores que contribuyen para que esta cantidad de calor varíe, y de esta forma el equipo seleccionado no quedará ni sobredimensionado ni con baja capacidad de enfriamiento.

En el momento de realizar cotizaciones y averiguaciones para la compra del equipo, es recomendable no solo buscar en el mercado local, sino en mercados internacionales puesto que en muchos casos puede demorarse un poco más en llegar el equipo pero pueden encontrarse equipos más económicos y de igual o mejor calidad.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Juan Manuel Franco Lijó, Manual de Refrigeración, Barcelona (España), Editorial Reverté S.A, 2006, Capítulos 1 y 3.
- J. J. Connell, Control de la calidad del pescado, Edit. Acribia España
- Francesc Buqué. Manual práctico de refrigeración y aire acondicionado, Tomo 1, Editorial Marcombo. 357 Paginas.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/R-410A>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Refrigerante>