

123
2 ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UNA CAMARA DE REFRIGERACION
PARA ESTUDIOS BIOQUIMICOS

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a

FERNANDO SIERRA LONGEGA

Director de Tesis: José Luis Rodríguez Pérez

México, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. DESCRIPCION DE LA UNIDAD DE REFRIGERACION | 5 |
| 3. CONTROL DE TEMPERATURA | 17 |
| 3.1 <i>Funcionamiento global del sistema</i> | |
| 3.2 <i>Homogeneización de la temperatura</i> | |
| 3.3 <i>Sensor térmico</i> | |
| 3.4 <i>Controlador electrónico</i> | |
| 3.5 <i>Fuente de poder</i> | |
| 4. RECOMENDACIONES AL USUARIO | 37 |
| 4.1 <i>Instalacion</i> | |
| 4.2 <i>Localizacion de partes</i> | |
| 4.3 <i>Operacion y mantenimiento</i> | |
| 5. ESPECIFICACIONES | 43 |
| 6. CONCLUSIONES | 46 |
| 7. BIBLIOGRAFIA | 49 |

INTRODUCCION

En el área bioquímica, existe una gran cantidad de pruebas de laboratorio que se realizan durante períodos de tiempo prolongados. En ocasiones se requiere evaluar el comportamiento de ciertos cultivos a temperatura controlada y en otros casos preservar materiales químicos o biológicos. Este es el caso del análisis de aguas de presas, en donde se pretende determinar su contenido material. Las pruebas que se realizan se ven afectadas directamente por las condiciones de las muestras, es decir, si una muestra de agua, por ejemplo, se conserva inadecuadamente, existen reacciones químicas que pueden alterar su contenido como es el caso de la oxidación de metales. Si las muestras se conservan en ampolletas adecuadas y a temperaturas bajas y constantes, se obtiene una mayor duración de las condiciones químicas y por lo tanto una muestra con una mayor credibilidad.

Por otra parte, cuando el estudio se refiere a material biológico como los cultivos bacteriológicos, se obtiene una relación directa entre el crecimiento de la colonia y la temperatura, esto significa que para estudiar cada una de las variables relacionadas con el crecimiento, es necesario mantener estable la temperatura a un valor conveniente. Esto tiene, entre otras aplicaciones, identificar la presencia de alguna bacteria particular dentro de una muestra.

Sin entrar en más detalles, se observa que para los investigadores del área bioquímica, un refrigerador con alta estabilidad representa una herramienta fundamental.

De acuerdo con las aplicaciones de este refrigerador, se requiere mantener la temperatura con una estabilidad mínima de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ en una gama de 10 a -10°C , sin embargo entre 2 y 5°C es la zona usada en la mayoría de los casos.

Para simplificar la fabricación del refrigerador, se dividió el trabajo en dos partes: La sección de enfriamiento y la de control de temperatura.

La primera se obtuvo de un refrigerador comercial, seleccionando un modelo adecuado en cuanto a tamaño, forma y capacidad de enfriamiento. Se trata de un refrigerador convencional como el que utilizan las neverías ya que reúne bajo precio, es lavable, las puertas son deslizables, horizontales y transparentes permitiendo conocer el contenido sin abrirlas y al hacerlo, por el hecho de ser deslizables, se produce poca turbulencia en el aire, además, como el aire interno es más frío y denso que el externo, se mantiene en el interior, ya que la puerta está en la parte superior en forma horizontal.

Con esto se logra una menor variación de temperatura cada vez que la puerta sea abierta. Únicamente es necesario hacer unas modificaciones al refrigerador para poderlo emplear como unidad de enfriamiento.

El control de temperatura, que representa la segunda parte del equipo, se desarrolló específicamente a las condiciones de la unidad enfriadora, la cual se describe brevemente en el capítulo correspondiente.

DESCRIPCION DE LA UNIDAD DE REFRIGERACION

Descripción de la Unidad de Refrigeración

Existen varios tipos de unidades refrigeradoras, sin embargo, la que se describe se refiere a los de tipo doméstico y consiste en un refrigerador por compresión de Freón 12, que es útil hasta temperaturas de -15°C , aproximadamente.

Este proceso representa el camino más viable, debido a que de ellos hay en el mercado una gran variedad de formas, tamaño y refacciones. Además, es el proceso más conocido por los técnicos en refrigeración y cubre la gama de temperatura que se requiere.

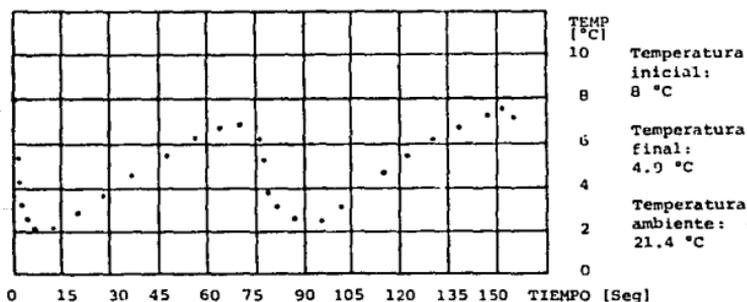


Figura 1 Comportamiento Térmico de un Refrigerador con Termostato Convencional

El refrigerador que se seleccionó, como ya se mencionó, es un modelo convencional usado en las neverías, el cual es inadecuado si

lo usamos directamente debido a que presenta una variación de temperatura demasiado grande (Figura 1).

Sin embargo, si se controla en forma más precisa al sistema de enfriamiento se puede lograr que el mismo proceso se estabilice más.

La unidad de enfriamiento consiste en una cámara rectangular de 49 cm de ancho, 102 cm de largo y 48 cm de alto, medida interiormente. La base y las cuatro paredes están recubiertas con espuma de poliuretano, mientras que la cara superior esta cubierta por dos puertas deslizables con dos capas de vidrio cada una, como medida para reducir la transferencia de calor desde el exterior y acercarnos a una cámara adiabática.

En el lado interior de las paredes existe un intercambiador de calor, que consiste en una placa de aluminio con un tubo del mismo material en forma de serpentín; representa el evaporador del sistema y es la parte que enfría a la cámara.

En la parte inferior del refrigerador, por debajo de la cámara de enfriamiento, se encuentra el resto de las partes que lo componen.

Explicaré brevemente el funcionamiento del ciclo, para lo cual se requiere tener presentes algunos conceptos de termodinámica.

Primero, un refrigerador consiste en una bomba de calor y extrae dicho calor del interior al exterior de la cámara. El calor es una medición del nivel de energía interna de las moléculas y se expresa en calorías o Joules¹. Por otra parte, si a la materia le agregamos una determinada cantidad de calor, experimenta un incremento en su temperatura, este incremento térmico depende de dos cosas básicamente; del tipo de material y de la cantidad de materia. Existe una constante para cada material expresado por unidad de masa y es el calor específico y representa la cantidad de calorías requeridas para incrementar en un grado centígrado un gramo de dicho material. Matemáticamente se expresa:

$$Q = C_e m (T_2 - T_1)$$

Q = Calor [calorías]

C_e = Calor específico [cal/g°C]

m = masa [gramos]

T = Temperatura [°C]

¹ El equivalente mecánico del calor es 1 cal = 0,24 Joule.

Esta ecuación es reversible; si a la materia le incorporamos una cantidad Q de calor, recibe un incremento en la temperatura; pero si se le extrae el calor, la temperatura disminuye.

Cuando existe un cambio de estado en la materia, por ejemplo de líquido a gaseoso, es necesario incorporar una cantidad de calor adicional, el calor latente de vaporización, se expresa en calorías por gramo y es un valor distinto para cada sustancia.

Así, si buscamos conocer la cantidad de calor que requiere una sustancia para lograr un incremento determinado de temperatura, y se presenta el cambio de estado de líquido a gaseoso, tenemos:

$$Q_{total} = Q_{liquido} + Q_{transición} + Q_{gas}$$

Q_{total} = Calor total absorbido.

$Q_{liquido}$ = Calor requerido para incrementar la temperatura desde el valor inicial hasta la de ebullición.

$Q_{transición}$ = Es el calor para lograr el cambio de estado sin incrementar la temperatura.

Q_{gas} = Calor requerido por el gas para incrementar su temperatura de la ebullición a la final.

Y nuevamente se trata de un proceso reversible.

Por otra parte, el calor fluye en forma natural de las sustancias más calientes a las más frías y la velocidad de transferencia depende básicamente de la diferencia de temperaturas y de la resistencia térmica. Mientras mayor sea la diferencia térmica mayor es el flujo de calorías. Y sucede del mismo modo mientras menor sea la resistencia térmica.

Por último, cuando una sustancia gaseosa es comprimida, experimenta un incremento en su temperatura.

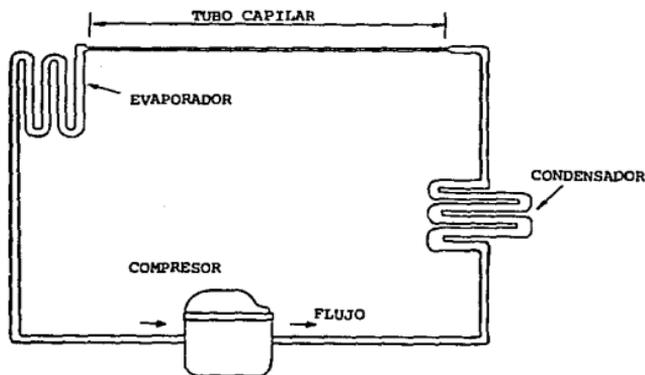


Figura 2 *Proceso de Refrigeración por Compresión*

Descripción de la Unidad de Refrigeración

En la figura 2 se observa el proceso de refrigeración por compresión consistente en un circuito cerrado por el cual circula una sustancia que es el refrigerante. Durante una parte del circuito esta sustancia es líquida y gaseosa en la otra.

Existe una gran variedad de sustancias que se prestan para esta función de refrigerante; deben seguir una serie de propiedades:

- 1. Que no reaccione químicamente con los materiales del refrigerador.*
- 2. Que no sea tóxico; es importante cuando el refrigerador se usa con alimentos o cualquier otra aplicación que represente un riesgo en caso de fuga.*
- 3. Que cubra la gama de temperatura requerida; se puede variar la temperatura de ebullición de todas las sustancias para hacerlas útiles, variándoles la presión, sin embargo, si las presiones de operación son extremos, se requiere de una compresora de diseño complicado y no resulta práctico.*

Por estas razones, existen en el mercado una serie de refrigerantes comerciales que se asocian a una zona de temperaturas,

presiones y tipo de compresor, como se puede apreciar en la tabla 1. El refrigerante que se utilizó es el Diclorodifluorometano conocido también como Freón 12, debido a que cumple satisfactoriamente los requisitos para esta aplicación.

| Refrigerante | Intervalo de Temp. en °C | Presión de Aspiración en kg/cm^2 | Presión de Carga en kg/cm^2 | Relación de Presiones | Tipo de Compresor |
|---------------------|--------------------------|--|---|-----------------------|----------------------------|
| Aire | -15 a 30 | 1.03 | 5.17 | 5.0 | Alternativo y de Expansión |
| Agua | 0 a 30 | 0.00622 | 0.04325 | 6.95 | Centrifugo |
| Anhídrido Carbónico | -15 a 30 | 23.34 | 73.333 | 3.14 | Alternativo |
| Amoniaco | -15 a 30 | 2.409 | 11.89 | 4.94 | Alternativo |
| Freón 11 | -15 a 30 | 0.2061 | 1.285 | 6.2 | Centrifugo |
| Freón 12 | -15 a 30 | 1.864 | 7.586 | 4.07 | Alternativo ó Centrifugo |
| Freón 21 | -15 a 30 | 0.3686 | 2.196 | 5.96 | Rotatorio |
| Freón 22 | -15 a 30 | 3.024 | 12.27 | 4.06 | Alternativo |
| Cloruro de Metilo | -15 a 30 | 1.487 | 6.658 | 4.48 | Alternativo |
| Anhídrido Sulfuroso | -15 a 30 | 0.8303 | 4.672 | 5.63 | Alternativo |
| Propano | -15 a 30 | 2.96 | 10.92 | 3.69 | Alternativo |
| Etano | -15 a 30 | 16.59 | 47.52 | 2.87 | Alternativo y Rotatorio |

Tabla 1 Comportamiento Ideal de Refrigerantes para diversos Intervalos de Temperatura.

Con todo esto, resulta más sencilla la explicación, para la cual me referiré a las figuras 2 y 3.

Iniciemos el análisis en el compresor, el cual succiona al Freón 12 en estado gaseoso, le eleva la presión y se tiene a la salida un gas a alta presión y por lo tanto a una temperatura mayor que en la succión; esta temperatura es mayor que la del ambiente.

Posteriormente, este gas pasa por un intercambiador de calor, manteniendo la presión casi constante, pero perdiendo calor hacia la atmósfera.

Este intercambiador es el condensador. La pérdida de calor y la alta presión ocasionan un cambio de estado en el gas, al estado líquido, el cual es succionado por el mismo compresor a través de un tubo capilar que ofrece una gran resistencia al flujo, provocando una caída brusca de presión y temperatura; esta parte del ciclo es la expansión, provocando que el líquido se evapore "robando" calor del medio externo; esto se realiza en el evaporador.

En la figura 3 se puede apreciar con detalle las diferentes fases que va tomando el refrigerante, funcionando como transporte de calor del interior al exterior.

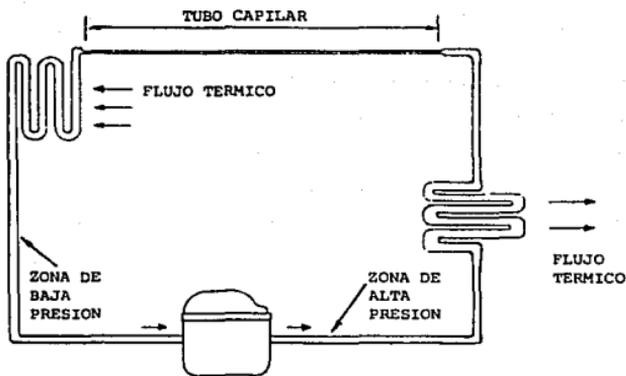


Figura 3 Funcionamiento del Refrigerador

Existen algunos detalles que le dan elegancia a los sistemas de refrigeración, mejorándoles el rendimiento. Uno de ellos (que se puede apreciar en la figura 4) es unir la parte final del tubo capilar (el extremo del lado del evaporador) con el tubo de salida del evaporador, que va a la succión del compresor. Con esto, se forma un intercambiador de calor entre los dos tubos y se enfría la parte final del tubo capilar para evitar la evaporación del freón en esta zona, enfatizándola dentro del evaporador, concentrando en éste una mayor "succión" de calor.

Otro detalle, consiste en agregar un filtro deshidratador (que también se aprecia en la figura 4), formado por un depósito con bióxido de Silicio (SiO_2), colocado entre el condensador y el tubo capilar; su función es retener el pequeño contenido de agua mezclada en el Freón 12, en el momento de hacer la carga del sistema.

Por último, un ventilador que mejora la disipación del calor en el condensador hacia la atmósfera; reduce el tiempo promedio de operación del compresor para mantener cierta temperatura, reduciendo el consumo eléctrico.

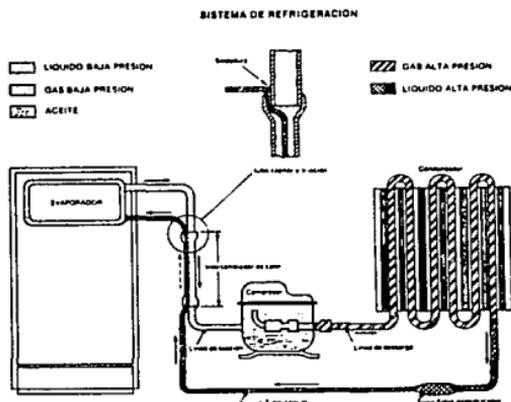


Figura 4 Montaje de un intercambiador de calor adicional y un filtro deshidratador

En síntesis, la unidad de enfriamiento empleada sin modificarla, alcanza temperaturas en el orden de $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$, partiendo de una temperatura ambiente de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y con operación permanente del compresor. Esto significa que cubre perfectamente la gama requerida de hasta $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y basta únicamente con controlar el ciclo de trabajo a un valor adecuado. Para lograrlo, es necesario considerar:

- 1. La forma de medir la temperatura, ya que existen diferencias dentro de la propia cámara.*
- 2. La constante de tiempo del sistema de medición, puesto que no es instantánea su lectura.*
- 3. La constante de tiempo de propagación del calor entre la cámara y el evaporador.*
- 4. El método para mejorar la homogeneización de temperatura dentro de la cámara, considerando que se encuentra ocupada por el material que se requiere enfriar.*

Estos son los principales aspectos del análisis y se describen en el siguiente capítulo.

CONTROL DE TEMPERATURA

3.1 Funcionamiento Global del Sistema.

En la figura 5 se observa un diagrama completo del refrigerador, identificando sus dos secciones principales; la unidad enfriadora y la de control y potencia.

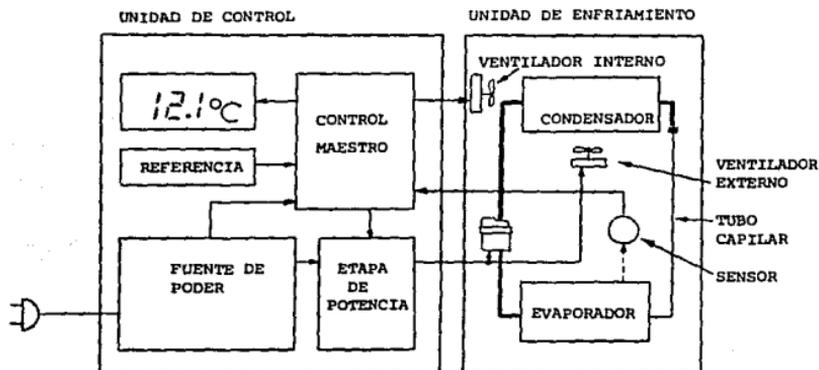


Figura 5 Diagrama Completo del Refrigerador

El refrigerador completo es alimentado por la fuente de poder y el circuito de protección, que desconecta el suministro en caso de que las condiciones internas o externas no sean las correctas.

Esta fuente toma su energía de la red de 127 V.C.A; regula y alimenta a la unidad de control y demás circuitos; la tensión que se aplica a los motores no se regula ya que los 3 son síncronos y las variaciones de tensión en un 20 % no afecta su funcionamiento.

La unidad enfriadora está formada por el circuito de refrigeración cargado con Freón 12 e impulsado por un motocompresor; el condensador está equipado con un ventilador que mejora su disipación térmica, ubicado en la parte inferior del refrigerador.

En la parte central de la cámara enfriadora se instaló un ventilador adaptado² que reduce las variaciones de temperatura en el interior; junto a él, se localiza el sensor térmico y están instalados en una estructura agregada de aluminio. Esta estructura es desmontable para facilitar la limpieza y tiene sus propios apoyos para evitar vibraciones causadas por los motores.

Cuenta también con una placa deflectora en su parte superior, ya que existe la posibilidad de derramar accidentalmente algún líquido por el usuario del refrigerador y así se protege tanto al ventilador interno como al sensor de temperatura.

² Consultar el punto 3.2, Homogeneización de la Temperatura.

En la unidad de control existe un desplegado digital que puede mostrar tanto la temperatura del interior de la cámara como la temperatura de referencia, la cual puede ser calibrada directamente por el usuario desde la parte externa del refrigerador.

La señal proveniente del sensor de temperatura informa al "control maestro", que es la etapa principal de la unidad de control; la señal de salida se aplica al compresor de enfriamiento y al ventilador del condensador a través de la etapa de potencia. El control maestro se describe en el punto 3.4 de este capítulo y consiste en una unidad que "decide" según se le ha programado, el ciclo de trabajo del motor, según sea la cantidad de calor que requiere extraer de la cámara. Esto es lo que permite la gran exactitud del sistema para estabilizar la temperatura.

3.2 Homogeneización de la Temperatura.

Igualar la temperatura en todos los puntos en el interior de la cámara, resulta ser uno de los aspectos más delicados, ya que, por una parte, se considera como base para controlarla y, por otro lado, se trata de una tarea sumamente compleja.

Como en todos los diseños, se trata de obtener un equilibrio entre la cantidad y calidad de los resultados, en función de su costo y complejidad.

La medición de temperatura durante la primera parte del diseño, se realizó colocando un termómetro aproximadamente en el centro de la cámara de enfriamiento. Un segundo termómetro, previamente calibrado en relación al primero, se colocó en una serie de puntos dentro de la cámara con la intención de conocer las diferencias de temperatura entre ellos.

Los resultados obtenidos de estas pruebas marcan diferencias tan grandes como 4°C aproximadamente entre los puntos más desiguales. Esto obedece a varias razones, siendo las principales:

- 1. Se trata de una cámara bien aislada pero no adiabática, es decir, existen fugas de calor del exterior al interior; estas fugas no son de la misma intensidad en toda la cámara. En otras palabras, mientras mayores son estas fugas, mayor es la temperatura en ese punto de la cámara.*

Básicamente las partes con mayor transferencia de calor son las puertas de vidrio y sus rieles; las paredes y la base de la cámara tienen menor pérdida ya que el poliuretano en espuma es muy buen aislante.

- 2. El segundo aspecto , es la ubicación del evaporador en las paredes de la cámara, que aunque se trata de una placa de aluminio que conduce bien el calor, los puntos donde pasan los tubos del refrigerante obviamente están más fríos que el resto del evaporador; además hay diferencias dentro del mismo evaporador en donde su parte final es más fría.*

- 3. Debido a que la cámara de enfriamiento se encuentra ocupada casi por completo con aire, por efecto térmico, la parte más fría del aire es más densa y ocupa la zona inferior, mientras que la menos fría se ubica arriba.*
Si se combina este aspecto con el punto 2 y se considera que el lugar por donde entra mayor calor es a través de las puertas, que también se

encuentran en la parte superior, se produce un movimiento del aire por convección, pero sólo inicialmente, ya que una vez que la zona superior es más caliente que la inferior de la cámara, el aire se estanca, enfatizando la diferencia.

Para reducir este problema se instaló un ventilador en el interior de la cámara que mantiene en movimiento permanente el aire. Se estudió el tipo de ventilador adecuado, ya que los que contienen un circuito electrónico en su interior, no operan a temperaturas bajo cero. Por otra parte, el lubricante en la flecha no debe elevar exageradamente su viscosidad a esas temperaturas, ya que le sería imposible arrancar, considerando un motor síncrono que prácticamente carece de par de arranque.

Además, cada motor se calienta y si esto no se analiza cuidadosamente, puede causar más problemas de los que se resuelven.

Por todo esto, se seleccionó un ventilador de 9 watts, como el que se emplea en las computadoras personales, equipado con un

motor síncrono de 127 V.C.A. y 60 Hertz; su operación es bastante silenciosa y desplaza suficiente volumen de aire para reducir la diferencia de temperaturas a 0.3°C entre la parte superior y la inferior. La ubicación definitiva se obtuvo experimentalmente buscando el mejor resultado.

El ventilador, tal y como se consigue en el mercado, opera sólo a temperaturas mayores de -3°C, por lo que fue necesario sustituir el lubricante por uno de silicón de baja viscosidad. Este mostró buen resultado en todas las temperaturas a las que fue probado, hasta aproximadamente -17°C.

3.3 Sensor Térmico.

El sensor de temperatura es un elemento crítico, ya que su función es informar al controlador electrónico. No todos los sensores térmicos son electrónicos, existen mecánicos, pero en este caso se debe seleccionar entre los electrónicos para hacerlo compatible con el controlador.

Básicamente existen tres grupos:

1. *Los resistivos, que son los termistores y se trata de dispositivos cuyo valor óhmico varía como función de la temperatura.*
2. *Los termovoltáicos, que producen una diferencia de potencial entre sus extremos y consisten en la unión de dos metales con diferente grado de electronegatividad. Estas uniones se designan mediante una letra, dependiendo los materiales que la forman, por ejemplo: El tipo "J", integrado por acero contra una aleación de cobre-níquel.*
3. *El tercer grupo se basa en la tensión de encendido de los semiconductores. En las uniones de dos materiales semiconductores complementarios, existe la propiedad de conducción en un solo sentido, sin embargo, para que exista esta corriente, se requiere aplicar una tensión mínima que varía con cada material. Por ejemplo, en el caso de los diodos de silicio este valor es aproximadamente 0.7 volts a 20°C. Al incrementar la temperatura, se eleva la velocidad del movimiento de los electrones en el átomo, comportándose en forma más inestable y "predispóniéndose" a saltar a otro átomo. En*

otras palabras, si se calientan los átomos de silicio, se requiere menos energía eléctrica para "hacer saltar a los electrones" al átomo vecino y por, lo tanto, la tensión de encendido de 0.7 volts, disminuye. Este fenómeno es prácticamente lineal dentro de -20°C a 150°C.

Existe en el mercado una gran variedad de circuitos integrados complejos basados en este principio. Contienen en su interior una serie de circuitos amplificadores y reguladores de tensión que proporcionan voltajes de salida con variaciones en función a la temperatura perfectamente conocidos y que facilitan su fabricación. Es el caso del circuito fabricado por NATIONAL SEMICONDUCTORS LM3911 y representa una de las opciones más atractivas y por ello se seleccionó.

Se trata de un circuito monolítico, que incluye un sensor de temperatura, un amplificador y una referencia de tensión de 6.8 volts. En conjunto, es un dispositivo de extraordinaria precisión, aplicable a temperaturas entre -25°C a 85°C. La salida de voltaje es directamente proporcional a la temperatura en grados Kelvin a razón de 10 mv/°K.

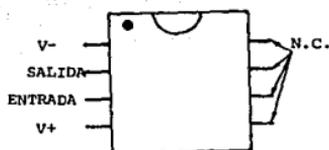
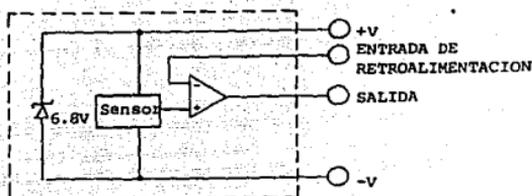
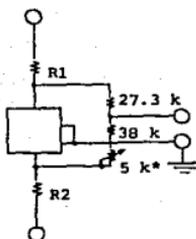


Figura 6 Diagrama electrónico del sensor térmico LM3911

Este circuito puede calibrarse mediante componentes externas para compensar la tolerancia en sus valores de fábrica; esta es la razón de la terminal de "Retroalimentación", sin embargo, no es la única manera de calibrarlo. Las entradas de alimentación V+ y V-, permiten polarizar al circuito y la tensión de salida se encuentra entre las terminales "Salida" y tierra.

De las configuraciones de conexión que sugiere el fabricante, la que se encontró más adecuada es la siguiente:



$$R_1 = 1000 (V^+ - 3)$$

$$R_1 = 9 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 500 (V^- + 4)$$

$$R_2 = 4 \text{ k}\Omega$$

Figura 7 Conexión Externa del Sensor *

Tal como se muestra en el diagrama de la figura 7, el sensor se conecta a través de 3 líneas; las alimentaciones, positiva y negativa y una línea a tierra; esto permite instalarlo en una posición remota por medio de un cable. Las resistencias para polarizarlo se encuentran en la unidad de control; el potenciómetro de 5k Ω permite variar ligeramente el valor de tensión en la salida (punto medio entre las resistencias de 27.3 k Ω y 38 k Ω) en relación a tierra, es decir, modifica el valor de la ordenada al origen en su comportamiento, ya

* Calibrar para obtener en la salida 0V a 0°C.

que se trata de la ecuación de una línea recta como se aprecia en la figura 8. Con esto se logra calibrar el cero del sistema, mientras que la pendiente no requiere calibración debido a su gran exactitud y linealidad.

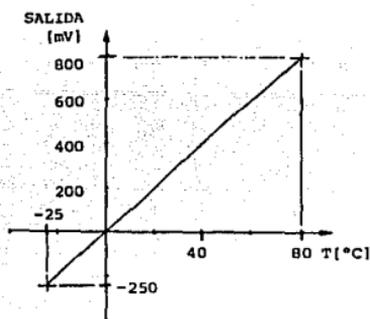


Figura 8 Comportamiento Temperatura-Voltaje en el Sensor

3.4 Controlador Electrónico.

La unidad central del refrigerador, es este controlador que permite mantener la temperatura interior dentro de un margen de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$. Además, muestra permanentemente la temperatura interior en un desplegado digital de cristal líquido.

Opcionalmente, el usuario puede leer el valor prefijado de temperatura y variarlo a sus necesidades dentro de la gama de -10°C a 10°C .

En el p nel de control se instaló un interruptor adicional para controlar la operación del ventilador interno, así el usuario puede apagarlo cada vez que abra las puertas, reduciendo la mezcla del aire externo a temperatura ambiente con el del interior.

En la figura 9 se muestra un diagrama de bloques de esta sección completa. En ella podemos apreciar que la tensión que aparece en el punto A representa la temperatura medida por el sensor, como se explicó. El circuito formado por las resistencias R_1 a R_4 , polariza al sensor de temperatura.

El voltaje que aparece en el punto C representa la temperatura de referencia, es decir, la que se pretende alcanzar. Este voltaje se obtiene por medio de los potenc metros P_2 , P_3 y P_4 ; el control P_3 es un potenc metro de precisión de 15 vueltas, por medio del cual, el usuario calibra el refrigerador a la temperatura que requiere, mediante un desarmador de relojero; mientras que P_2 y P_4 son controles internos preajustables que determinan los límites de temperatura a 10°C y -10°C respectivamente.

Control de Temperatura

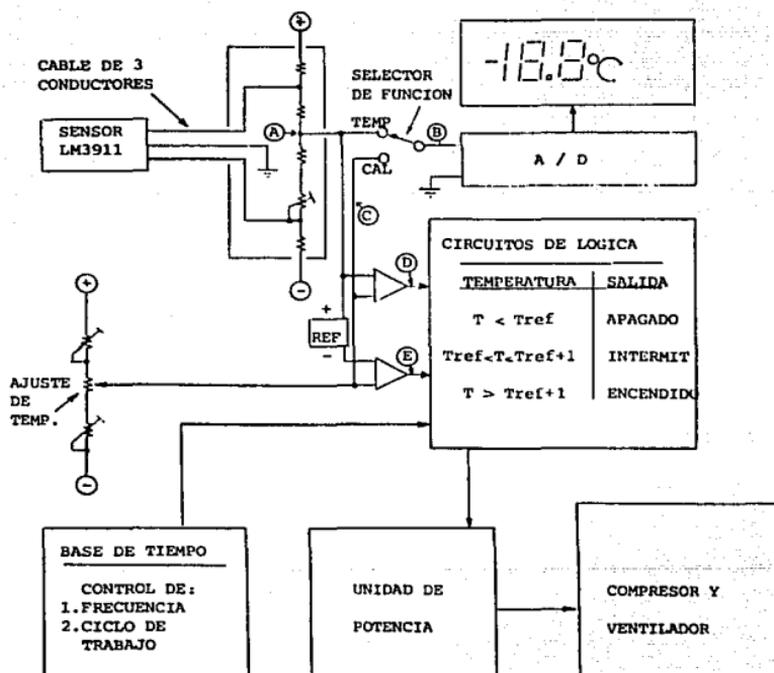


Figura 9 Diagrama de Bloques del Controlador

El selector de función nos permite leer en el desplegado digital la temperatura real o la de calibración. El convertidor analógico digital (A/D), convierte la tensión aplicada entre sus entradas (punto B), a una señal digital para alimentar al desplegado de cristal líquido de 3 1/2 dígitos.

Los comparadores de los circuitos integrados CI-3 y CI-4 entregan una señal digital de 1 ó 0, dependiendo del nivel de tensión en sus entradas.; en el caso del primero, el CI-3, la salida en el punto D es un "1" si la temperatura es mayor que la referencia y "0" en el caso contrario. El segundo comparador, el CI-4, opera igual, solamente que la conmutación se realiza a la temperatura de referencia más un grado centígrado, debido a la referencia de 10mV que se le agregó.

Con estas dos señales, las de los puntos D y E, se ordena la operación del motor, mediante un circuito de lógica digital, el cual apaga al compresor si la temperatura es menor que la de referencia; lo arranca en forma intermitente si la temperatura se encuentra entre la de referencia y un grado más y subiendo de este último límite, se arranca permanentemente.

Este proceso se puede considerar como una aproximación

macrométrica y otra micrométrica de la temperatura según sea requerido.

La frecuencia de la intermitencia de la compresora puede ajustarse mediante el potenciómetro P_5 en la base de tiempo, mientras que por medio de P_6 se determina el ciclo de trabajo del motor en forma independiente.

La unidad de potencia recibe la orden de la sección de lógica digital y enciende o apaga a los motores de la compresora y ventilador del condensador.

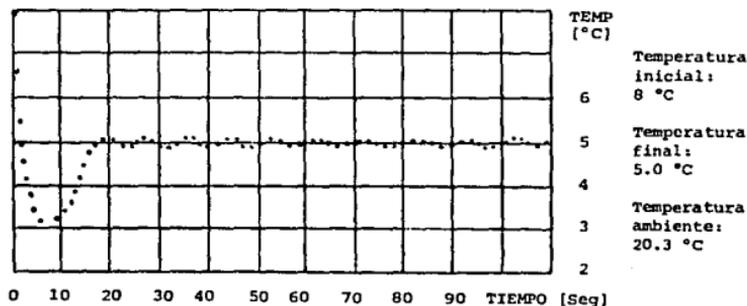
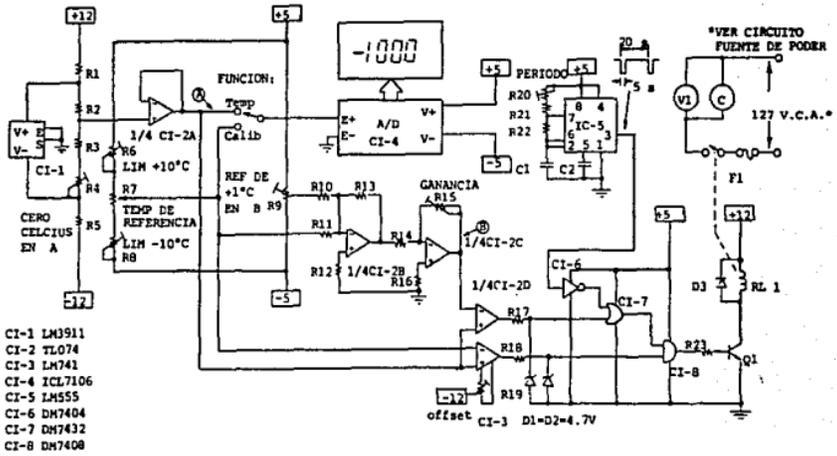


Figura 10 Comportamiento del Refrigerador Completo Controlado Electrónicamente

En la figura 10 se aprecia el comportamiento del refrigerador ensamblado, con el ventilador interno encendido, la cámara de enfriamiento vacía y con 8 litros de agua en 4 recipientes, partiendo de la temperatura ambiente hasta una temperatura de 4°C. Se puede observar que existe un fuerte sobrepaso inicial de aproximadamente 2°C, pero es sólo la primera vez, logrando estabilizarse en un tiempo de 10 a 15 minutos.

La estabilidad que alcanzó el sistema fue la misma teniendo dentro, 8 litros de agua, que estando vacío, sin embargo, se tardó unos 3 minutos menos en estabilizarse cuando se encontraba vacío.

En la figura 11 se describe el diagrama electrónico completo del controlador.



3.5 Fuente de Poder.

La fuente que se usa además de alimentar al circuito electrónico y a los motores, es también una referencia de tensión de precisión. Por esta razón se requiere de una fuente regulada y protegida.

Las protecciones se refieren a una posible sobretensión en la red de alimentación o a un corto circuito en cualquiera de las salidas, respectivamente de 5 V, 5 V, 12 V y 12 V en corriente directa y de 127 V en corriente alterna. El diagrama de la fuente de poder se encuentra en la figura 12.

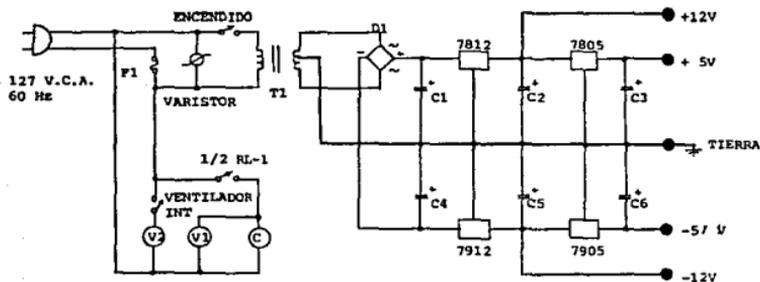


Figura 12 Fuente de Poder

RECOMENDACIONES AL USUARIO

4.1 Instalación.

El refrigerador debe colocarse sobre una superficie firme, libre de agentes químicos corrosivos. El lugar debe estar ventilado para evitar que se acumule calor. La temperatura del ambiente no es un elemento crítico, sin embargo, mientras más frío sea, mejor. Debe evitarse la instalación en un lugar donde reciba directamente los rayos del sol o corrientes de aire caliente.

La única conexión que se tiene, es la alimentación eléctrica de 127 V.C.A. / 60 Hz. Puede conectarse opcionalmente una línea del chasis a tierra, en caso de que el cuerpo metálico del refrigerador esté energizado eléctricamente.

4.2 Localización de Partes

En la figura 13 se aprecia la distribución de los elementos principales.

Recomendaciones al Usuario

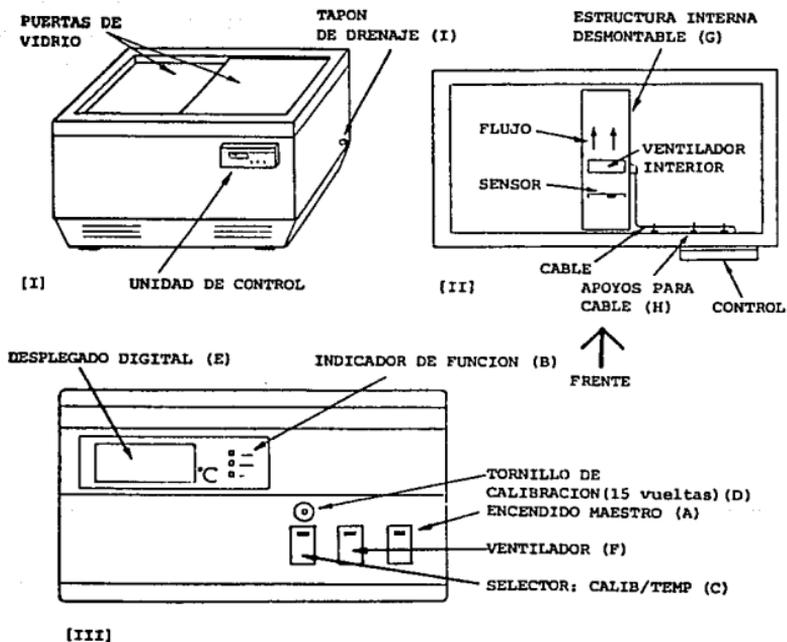


Figura 13 I Vista General del Refrigerador.
II Vista Interior de la Cámara.
III Pánel de Controles.

4.3 Operación y Mantenimiento.

Una vez instalado y conectado a la red, procédase de la siguiente forma:

- 1. Presione el interruptor principal de encendido (A), localizado en el p nel de control. Refi rse a la figura 13. La luz de encendido en los indicadores (B), debe encenderse.*
- 2. Por medio del control de función (C), seleccione la opción "calibrar"; la luz de calibración debe encenderse en (B).*
- 3. Empleando un desarmador plano de relojero, gire el tornillo de calibración (D) hasta leer en el desplegado digital (E), la temperatura que se requiera.*
- 4. Presione nuevamente el control de función (C), seleccionando la opción de temperatura interna; el indicador de calibración (B), debe apagarse. Ahora el desplegado digital (E) indica la temperatura actual de la cámara en grados centígrados.*
- 5. Encienda el ventilador por medio del control (F),*

debiéndose prender la luz correspondiente en (B). El ventilador debe mantenerse encendido siempre que el refrigerador opere, excepto cuando las puertas estén abiertas para evitar que entre demasiado aire caliente.

- 6. Colocar las muestras en el interior de la cámara, evitando pegarlas a las paredes o entre ellas, de tal forma que sea posible la circulación del aire.*

Limpieza:

El refrigerador debe mantenerse limpio para evitar un deterioro prematuro. Puede utilizarse cualquier agente químico adecuado de acción suave, para evitar daño en los acabados plásticos y pinturas.

Interiormente, se puede desmontar la estructura interna (G) que contiene al sensor y al ventilador, jalándola hacia arriba; cuidadosamente se deben abrir las grapas de plástico (H) que sujetan al cable y retire la unidad completa. Esta operación se debe hacer a temperatura ambiente.

Lave el interior de la cámara y séquela completamente; para esto, existe un desagüe en la parte inferior de la pared derecha (I). En esta operación, evite que se mojen el sensor y el ventilador.

Recomendaciones al Usuario

Posteriormente haga la operación inversa para montar el cable y la estructura interna. Al lavar la parte externa, evite agua directamente sobre la unidad de control; puede limpiarse con un trapo suave ligeramente humedecido.

ESPECIFICACIONES

Tipo de Refrigerador:

De circuito hermético de compresor-expansor.

Motocompresor:

De tipo síncrono, de 127 V.C.A., 60 Hz, 1/4 H.P.

Refrigerante:

Diclorodifluorometano (0.396 Kg)

Presión de Carga:

A la entrada del compresor: 5 PSI

A la salida del compresor: 140 PSI

Temperatura de Calibración:

De -10°C a 10°C.

Estabilidad de Temperatura:

± 0.2 °C aproximadamente.

Alimentación:

127 V.C.A. ± 10%, 60 Hz, 242 VA

Especificaciones

Capacidad Interna:

240 dm³

Dimensiones:

Alto: 92.2 cm

Ancho: 114.0 cm

Fondo: 62.5 cm

CONCLUSIONES

Conclusiones

El método seleccionado para la fabricación de esta cámara de enfriamiento, partiendo de un refrigerador comercial, no sólo ha dado buen resultado, sino que además es muy práctico y económico.

Al comparar el comportamiento del refrigerador controlado mediante un termostato convencional, en relación al controlador electrónico (figuras 1 y 10), se contemplan varios aspectos:

Primero, la variación de temperatura es apreciablemente menor con el controlador electrónico.

Segundo, el termostato convencional es muy irregular en su operación; se observa que el arranque de la compresora no es siempre a la misma temperatura.

Y como tercer punto, debido al sistema de mandos que se utilizó, el manejo es sencillo y muy confiable; es posible variar la temperatura de referencia, leerla en el desplegado digital, pero es prácticamente imposible que por accidente se descalibre, debido a que el control no tiene una

Conclusiones

perilla externa, sino un tornillo a 2 mm por detrás del p nel delantero, y el único medio de modificarlo es utilizando un desarmador de relojero.

El control de temperatura es suficientemente preciso, permite ajustar 20 C (-10 a 10), en 15 vueltas.

Las unidades de refrigeración que emplean Freón 12, son las más comunes en refrigeración doméstica. Esto hace que sea constante el abastecimiento de refacciones y que exista un gran número de técnicos en refrigeración que conocen su modo de operación.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

BIBLIOGRAFIA

National Semiconductors
Linear Databook
Santa Clara California, U.S.A.
1982

BAUMEISTER Y MARKS
Manual del Ingeniero Mecánico
Ed. Uteha, U.S.A.
1980

National Semiconductors
Logic Databook
Santa Clara California, U.S.A.
1982

COYNE
Applied Practical Electricity
Ed. Goyne, U.S.A.
1946

REYNOLDS

Thermodynamics

Ed. Mc. Graw-Hill, U.S.A.

1965

DOSSAT

Principles of Refrigeration

Trans-Editions, Inc., U.S.A.

1961