

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE BANCO DIDACTICO CON DIFERENTES SISTEMAS DE DESCONGELACION

Arreola Gutiérrez Juan Carlos, Dávalos Yeo Juan José, Soto Nuño Oskar Alejandro
Universidad de Guadalajara, CUCEI, Departamento de Ing. Mecánica Eléctrica
Av. Revolución 1500 Puerta 10, CP 44430, Guadalajara, Jalisco, México.
Tel. (33) 3942 5920 extensiones 7706 y 7707
charli_h_@hotmail.com, juday280190@hotmail.com, knightsoto@gmail.com

RESUMEN DEL PROYECTO:

El objetivo de este proyecto titulado “Diseño y construcción de banco didáctico con diferentes sistemas de descongelación” es dotar al laboratorio de mecánica del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías un banco experimental, que sirva como complemento de la asignatura Refrigeración y Aire Acondicionado.

El prototipo presenta el proceso de refrigeración por compresión de vapor de baja temperatura (apreciado en refrigeradores domésticos), junto con los métodos más utilizados para la eliminación de la escarcha (hielo) formada en la pared externa del evaporador.

Su diseño cuenta con el montaje de los elementos necesarios de un sistema de refrigeración, junto con otros componentes adaptados, que permiten en una única instalación el desarrollo de los métodos de deshielo (resistencia eléctrica y gas caliente), en donde los periodos de inicio y finalización de descongelamiento son controlados por temperatura o por tiempo, por medio de un dispositivo electrónico (EKC 102 A) el cual reúne múltiples funciones (termostato, temporizador, y una serie de relés incorporados), que le permite monitorear el comportamiento de los parámetros de operación en cada disposición.

Cabe mencionar que se tuvo que realizar análisis y cálculos de los componentes en especial del equipo de compresión (compresor), ya que se dispone de poco tiempo para demostrar la práctica en clase y los cálculos arrojaban la utilización de un compresor de $\frac{3}{4}$ HP para agilizar el proceso de congelamiento en poco tiempo por lo cual nos disparaba en el aspecto económico, debido a que para llevarlo a cabo tendríamos que invertir en componentes del sistema de refrigeración únicamente, cerca de \$15000.00 por lo que tuvimos que analizar los cálculos estudiarlos de manera conjunta con un asesor para economizar el proyecto, y analizando alternativas y resultados que arrojan los cálculos obtuvimos que con un compresor de 1/5 hp se puede llevar a

cabo la finalidad del proyecto y así mismo economizamos el proyecto \$ 5000.00 pesos.

Por otro lado se pretende anexar un documento que sirva como guía de ensayo (manual de prácticas), a través de la cual los estudiantes de la escuela de ingeniería mecánica eléctrica puedan desarrollar de manera clara y sencilla las prácticas planteadas. Adicionalmente se plantean una serie de actividades de cuidado básico del banco experimental para garantizar su funcionalidad y disponibilidad.

ANTECEDENTES:

En el área del Laboratorio de Mecánica destinada para prácticas de laboratorio de la materia de Refrigeración y Aire Acondicionado de Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad de Guadalajara, se cuenta con pocas herramientas para consolidar los conocimientos teóricos adquiridos por el estudiante en el aula de clase, limitando así, la profundización en diversos aspectos significativos de este campo.

Mediante proyectos concretos como lo son los bancos de pruebas, los mismos alumnos contribuyen en el fortalecimiento del laboratorio, creando para sí y para las próximas generaciones, un mayor vínculo con las nuevas tendencias y avances en el área de la refrigeración.

Dentro de estas tendencias se encuentran los dispositivos de control utilizados en instalaciones de refrigeración que simplifican y optimizan las tareas de ajuste y programación para mantener las condiciones deseadas en estos sistemas. Ello conduce a la automatización de procesos que anteriormente requerían de la intervención humana para su desarrollo óptimo.

Tal es el caso del proceso de deshielo de evaporadores en sistemas de refrigeración para conservación de alimentos, en donde la escarcha que se forma allí, debido a la humedad aportada por los productos conservados en la cámara y por la humedad del ambiente que se introduce allí; era retirada a través de métodos manuales de cuidado.

Con el presente trabajo se pretende realizar un aporte en el área de refrigeración y aire acondicionado, diseñando un banco de pruebas en el cual el estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica pueda afianzar su comprensión acerca de los componentes y prácticas que influyen de manera imperante en el desarrollo de la refrigeración de recintos.

De esta manera se contribuye con el propósito del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, en la formación de personas de alta calidad profesional, permitiendo así a sus estudiantes ampliar la visión acerca del control de parámetros asociados al campo de la refrigeración, de una forma sencilla y práctica que facilite su óptimo desempeño profesional.

El estudio de los métodos convencionales utilizados para el deshielo en el evaporador, representa tan sólo un enfoque en el área de refrigeración, y facilita su comprensión al alumno, dado que se encuentra aplicado en refrigeradores de uso masivo como son las neveras domésticas.

Por otro lado, bajo la filosofía del mejoramiento continuo, el proceso de deshielo del evaporador ha venido evolucionando, ejecutándose de manera más automática, incluyendo una serie de mecanismos que son los que intervienen directamente en el proceso tanto de congelamiento, como de descongelamiento, permitiendo por su parte aumentar la eficiencia que requiere el ciclo aprovechando el uso de la energía empleada, sin correr algún tipo de riesgo tanto para el sistema, como para el usuario.

DESARROLLO:

El banco didáctico ha sido pensado para que tenga como función principal demostrar algunos de los sistemas de descongelación existentes, que es el método descongelación por gas caliente y la descongelación por resistencia eléctrica; siendo la descongelación por gas caliente uno de los métodos más usuales en cámaras frigoríficas de proporciones comerciales e industriales y el de resistencia el método más usual en la refrigeración doméstica. De allí la importancia de tener un banco didáctico que nos permita observar de forma real el funcionamiento de cada método.

A la vez este banco nos permitirá hacer pruebas de laboratorio como lo serán:

- Presiones alta y baja en temperaturas sobre cero y bajo cero.
- Toma de temperaturas y tiempos de enfriamiento para hacer cálculos de potencia del equipo.
- Programar directamente los tiempos de descongelación así como los parámetros de temperatura.
- Observar el comportamiento de consumo de corriente en los distintos tiempos de funcionamiento del sistema de refrigeración.

El equipo estará compuesto por los siguientes elementos:

- Unidad de condensación (compresor, condensador y motor difusor).
- Dos manómetros (alta y baja presión).
- Filtro deshidratador.
- Visor o mirilla (indicador de humedad en el sistema).
- Válvulas solenoides (electromagnéticas).
- Tubo capilar.
- Evaporador.
- Motor difusor (en congelador para ventilación forzada).
- Resistencia eléctrica.
- Dos Termostatos (entrada y salida del evaporador).
- Controlador de temperatura danfoss modelo EKC 102 A. *(descrito más adelante)*

Cálculo de la unidad de condensación.

Debido a que el banco didáctico se diseñará de acuerdo con los requerimientos necesarios para el laboratorio de refrigeración, es necesario tomar en cuenta el tiempo con el que se cuenta para realizar una práctica, que actualmente es de 1 hora.

En base a esto determinamos que el volumen de refrigeración que tendrá el equipo didáctico será de 87200 cm^3 , a la vez este espacio nos ayudara a que la unidad condensadora sea de la menor capacidad posible; sin embargo el equipo desempeñará sus funciones de manera óptima.

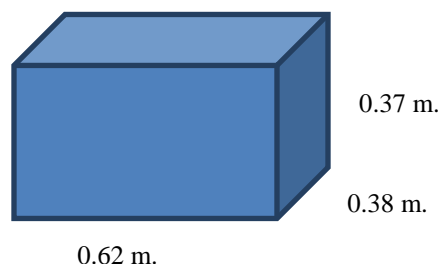
A continuación el cálculo del equipo de refrigeración.

Dimensiones del interior del congelador:

Altura: 0.37 m.

Fondo: 0.38 m.

Frente: 0.62 m.



Rango de temperatura: 30°C – (-10°C)

Humedad Relativa: 60 %

1.- Carga por infiltración de pared.

$$A_T = (0.38 \times 0.37 + 0.62 \times 0.37 + 0.62 \times 0.38) \times 2 \\ = 1.2112 \text{ m}^2$$

$$\Delta_T = 30 - (-10) = 40^\circ\text{C}$$

Tipo de aislante Poliuretano espumado 1" (40°C) = $704 \text{ Kcal}/\text{m}^2 \text{ 24 hrs}$

$$Q_1 = (1.2112 \text{ m}^2) (704 \text{ Kcal}/\text{m}^2 \text{ 24 hrs}) = 852.685 \text{ Kcal}/24 \text{ hrs}$$

2.- Carga por cambios de aire.

$$V_{\text{interior}} = (0.62 \times 0.38 \times 0.37) = 0.0872 \text{ m}^3$$

Para un volumen como el que tenemos y de acuerdo con una tabla de cambios de aire a temperaturas menores de 0°C corresponden un total de:

- 34 cambios de aire

Y para una humedad relativa de 60 % con una temperatura exterior de 29°C (valor aproximado al real) y una temperatura interior de - 9°C (valor aproximado al real) corresponde una cantidad de calor a remover cada que se abra la puerta de:

- $24.3 \text{ Kcal}/\text{m}^3 \text{ 24 hrs}$

Por tanto:

$$Q_2 = (0.0872 \text{ m}^3) (34 \text{ cambios de aire}) (24.3 \text{ Kcal}/\text{m}^3 \text{ 24 hrs}) \\ = 72.04 \text{ Kcal}/24 \text{ hrs}$$

3.- Carga por motores.

Dentro del congelador solo se tendrá un motor de 1/70 hp, por tanto el cálculo queda de la siguiente manera.

$$Q_3 = (1 \text{ motor}) (0.746 \text{ kW} / \text{hp}) (1/70 \text{ hp}) (860 \text{ Kcal} / \text{kW}) =$$

$$= 9.16 \text{ Kcal} / 24 \text{ hrs}$$

Tomando en cuenta todos estos cálculos obtenemos una carga total.

$$Q_T = 852.685 \text{ Kcal} / 24 \text{ hrs} + 72.04 \text{ Kcal} / 24 \text{ hrs} + 9.16 \text{ Kcal} / 24 \text{ hrs} =$$

$$= 933.88 \text{ Kcal} / 24 \text{ hrs}$$

Por cada hora la carga a disipar será de:

$$\frac{933.88 \text{ kcal}}{24 \text{ hrs}} = 38.91 \text{ kcal/h}$$

Ahora bien teniendo ya la carga por hora nos basamos en el siguiente compresor con los siguientes datos:

Marca: Danfoss

Modelo: NF7FX

Tipo de refrigerante: R – 134^a (libre de CFC's)

Voltaje de operación: 115 – 127 v, 60 Hz, 1 ~

HP = 1/4

Capacidad = 160 Kcal / hr

Con estos datos de compresor calculamos el tiempo de trabajo para lograr la temperatura deseada:

$$\text{Tiempo de trabajo} = \frac{(38.91 \text{ Kcal} / 60 \text{ min}) (60 \text{ min})}{160 \text{ Kcal} / 60 \text{ min}} = 14.59 \text{ min.}$$

De acuerdo con los cálculos, éste compresor logra cumplir con las condiciones de trabajo que requiere el banco didáctico.

En cuestión de control del sistema eléctrico del banco didáctico, se contemplaron varias posibilidades que podrían ser funcionales para nuestro proyecto, como lo fue en un principio la utilización de relojes de deshielo en combinación de válvulas solenoides para todo lo que sería el sistema de gas caliente y de resistencia eléctrica; sin embargo nos convencimos de que nuestro proyecto al ser con fin didáctico deberíamos de armarlo con tecnologías más recientes.

De esta manera contemplamos la posibilidad utilizar un PLC que nos controlara de manera completa todo el sistema refrigerativo y sus funciones, sin embargo el inconveniente que aquí encontramos fue que los gastos nos aumentaban considerablemente.

Y fue investigando diferentes posibilidades como nos encontramos con un dispositivo llamado “Controlador de temperatura” que es manejado en los catálogos de la marca Danfoss ofreciéndonos las siguientes cualidades:

Funciones

- Termostato

- ON / OFF del termostato de calefacción o refrigeración
- Sensores: Pt1000, PTC1000 o NTC5000 de Danfoss
- Control día / noche
- Banda del termostato
- Termostato de alarma con retardo
 - Desescarche

- Desescarche natural, eléctrico o mediante gas caliente
- Inicio mediante entrada DI, por intervalos de tiempos fijos o programando un reloj de tiempo real
- Desescarche bajo demanda
- Fin de desescarche por tiempo o al alcanzar la temperatura programada
- Desescarche coordinado
 - Compresor

- Temporizadores anticiclo para una protección óptima
- Relés de 16 A de alta eficacia para conectar compresores sin necesidad de usar relés intermedios
 - Entrada DI

- Entrada DI multifuncional para el arranque del desescarche, la función de puerta, la variación nocturna, el interruptor principal, la limpieza de la instalación, la alarma general, la coordinación del desescarche y la banda del termostato.
 - Ventilador

MEMORIAS DE LA XX EXPODIME
4 al 8 DE NOVIEMBRE 2013, GUADALAJARA, MÉXICO

- Retardo del ventilador durante el desescarche
- Parada del ventilador al desconectarse el compresor
- Parada del ventilador cuando la temperatura S5 es alta
 - Control de luces

- Control de la iluminación según si es de día o de noche, el estado de puerta o a través de red

Resumen del material gastado a la fecha 30 de agosto 2013.

El gasto actual del material que fue adquirido hasta el momento se expresa en la siguiente tabla:

Precios de los productos	
Unidad de condensación, que contiene compresor, condensador y motor difusor	\$ 2600.00
Manómetros (2)	\$ 85.00 c/u
Filtro deshidratador.	\$ 55.00
Visor o mirilla	\$ 185.00
Válvulas solenoides (2)	\$ 607.00 c/u
Tubo capilar.	\$ 35.00
Evaporador.	\$ 350.00
Motor difusor	\$ 100
Resistencia eléctrica.	\$ 120
Termostatos	\$ 100 c/u

MEMORIAS DE LA XX EXPODIME
4 al 8 DE NOVIEMBRE 2013, GUADALAJARA, MÉXICO

Gas refrigerante	\$ 200.
Controlador danfoss EKC 102A	\$ 950.00
Total *	\$6079.00

* Las cantidades que se expresan en esta tabla representan solo el gasto parcial realizado hasta el momento.

A continuación se presentan las imágenes de un enfriador de botellas al cual se le retirará la unidad condensadora y el evaporador:



MEMORIAS DE LA XX EXPODIME
4 al 8 DE NOVIEMBRE 2013, GUADALAJARA, MÉXICO



Y la siguiente imagen es la de un refrigerador domestico al cual se le realizará un corte de tal modo en el cual podamos aprovechar la caja del congelador (puerta de arriba) y montarla en nuestro banco didáctico para aprovechar el aislamiento existente en él.



Y acontinuacion se anexa el bosquejo del proyecto:

CONCLUSIONES:

Estamos completamente convencidos de que, este equipo será de gran utilidad para generaciones futuras interesadas en el área de refrigeración y aire acondicionado; ya que les permitirá estar actualizados en esta parte tan importante de la refrigeración, como lo son los sistemas de descongelación y a la vez tener el conocimiento no solo teórico sino también práctico para ser capaces de resolver sus problemas futuros relacionados con ésta parte de la refrigeración.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- http://www.indubel.com.ar/pdf/repuestos/valvulas_filtros_controles/danfoss/controles-electronicos.pdf?PHPSESSID=493dc94e60be16c804f853b781e7cc31
- http://www.danfoss.com/latin_America_spanish
- Principios de la refrigeración; Editorial: Diana; Autor: R. Warren Marsh, C. Thomas Olivo

TITULO DEL PROYECTO:

Diseño y construcción de un banco didáctico con diferentes sistemas de descongelación

CATEGORIA EN AL QUE PARTICIPA:

Equipo de Laboratorio (nuevo)

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar, calcular y construir un banco didáctico con la finalidad de demostrar algunos sistemas de descongelación existentes.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Diseño, calculo, selección y montaje del sistema de refrigeración
2. Diseño y montaje del sistema de control eléctrico
3. Diseño y montaje de la estructura del banco didáctico.

JUSTIFICACION:

Muchos de los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de nuestra estadía en la universidad requieren de un apoyo adicional (experimental), que permita a los estudiantes vivir y comprender mejor lo planteado allí, logrando en ellos un perfil ingenieril más integral, que les brinde la capacidad de afrontar con propiedad, retos en situaciones reales y actuales del mundo industrial.

La importancia que tiene el buen aprovechamiento de la energía y su ahorro, han generado tecnologías que nos permiten beneficiarnos de sistemas de refrigeración con condiciones de operación mucho más confiables y flexibles, lo que se traduce en un mejor rendimiento a bajo costo.

En la industria frigorífica existe un fenómeno indeseable que se presenta en los evaporadores, consistente en la formación de una capa de hielo en su superficie, lo cual produce un incremento de la resistencia al flujo de calor entre el ambiente y el refrigerante, impidiendo así, que este último absorba adecuadamente la energía que necesita para su vaporización; hecho que redundará en una disminución de la capacidad de enfriamiento del sistema.

La atención se centra entonces en los métodos empleados para controlar los tiempos en los cuales la escarcha formada perdura asentada en la superficie del evaporador. Las técnicas de descongelamiento comunes utilizan el aire de manera natural o forzada, resistencias eléctricas, o incluso el flujo de gas caliente dentro de una línea cercana al evaporador para realizar el intercambio de calor. Sin embargo, el momento en el que actúan cada uno de estos métodos debe ser controlado de tal manera que se garantice el inicio exacto de deshielo, y el descongelamiento total, manteniendo un rendimiento óptimo en la unidad.

De esta manera, el propósito del presente trabajo, radica en integrar los conocimientos teóricos y prácticos de los estudiantes de Ingeniería en el área de la refrigeración y aire acondicionado, realizando para ello, el diseño con su respectiva construcción, de un prototipo experimental, a través del cual se observe el proceso de refrigeración por compresión, la generación de escarcha o hielo en y la operación de los métodos más utilizados para la eliminación de dicha capa de hielo, con el respectivo control automático que se ejerce en cada uno de ellos.

DATOS DEL EQUIPO Y / O PROTOTIPO, NECESARIOS PARA SU INSTALACIÓN Y OPERACION:

220v	4 A	3	220W	---	1
VOLTAJE	AMPERAJE	FASES	W	HP	CONTACTOS

NO	NO	NO	NO	-----
INTERNET	AGUA	DRENAJE	GAS LP	OTRO COMBUSTIBLE

DIMENSIONES (m) Y PESO (Kg.)

1.76 m	1.14 m	1.88 m	100 kg
LARGO	ANCHO	ALTO	PESO

Otros requerimientos: Conexión trifásica con neutro