

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS

“Carlos Rafael Rodríguez”

Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
INGENIERÍA



CEEMA
Centro de Estudios de Energía
y Medio Ambiente

Trabajo de diploma

DISEÑO DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN.

Tesis presentada en opción al título de **Ingeniero Mecánico.**

Autor: Yadiel Rodríguez Hernández

Tutor: DrC. Sergio Montelier Hernández

Curso 2023

Cienfuegos

Declaración de autoridad



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica; autorizando para que el mismo sea utilizado para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total, además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certifican que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esa envergadura, referido a la temática señalada.

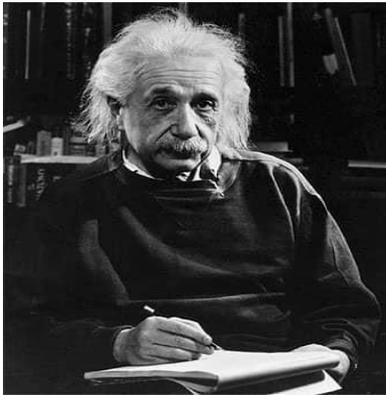
Firma del Vice Decano.

Nombre y Apellidos. Firma.

Información Científico Técnico

Pensamiento

“Los científicos investigan lo que ya es; los ingenieros crean lo que nunca ha sido.”



Albert Einstein

Dedicatoria:

Dedico este trabajo a mis padres María Hernández Chaviano y Jorge Rodríguez Garrido, que han estado conmigo en cada paso que he dado, a mi esposa Merlyn González Becerra que ha batallado y me ha apoyado en todo momento y a mi familia en general, que con su esfuerzo y sacrificio supieron brindarme su apoyo incondicional en cada instante que los necesite, depositando en mí su confianza, para poder ser cada día mejor.

Agradecimientos:

Mis más sinceros agradecimientos a mi querida madre María Hernández Chaviano, mi esposa Merlyn González Becerra y a toda mi familia quienes me apoyaron de una u otra forma para que pueda lograr la finalización de mi carrera.

A quienes colaboraron en esta investigación: Dr. Sergio Montelíer Hernández como mi asesor de tesis, le estoy agradecido por el interés, la dedicación y confianza que depositaron en mí para realizar y culminar este trabajo de forma satisfactoria.

Finalmente agradezco a todos mis amigos que me ayudaron de una u otra forma, al desarrollo del mismo. Estos conocimientos serán aprovechados dentro de mi desempeño laboral como futuro profesional.

Resumen

En el presente trabajo fueron elaboradas las guías de prácticas de laboratorio de Refrigeración a emplear con fines docente por el departamento de mecánica de la Universidad de Cienfuegos. Para ello se elaboraron, en base a las diversas bibliografías consultadas, cinco guías de prácticas de laboratorio correspondiente a las asignaturas de Refrigeración. Se comprobó la veracidad de las prácticas realizadas implementando ensayos en laboratorio de Refrigeración regidos por las mismas, tomándose como base mediciones experimentales obtenidas en las máquinas existentes en la Universidad. Los resultados obtenidos corroboran los cálculos teóricos planteados, dando cumplimiento al objetivo propuesto que garantice el aprendizaje adecuado de los estudiantes de Ingeniería Mecánica.

Abstract

In this work, the Refrigeration laboratory practice guides were developed to be used for teaching purposes by the mechanics department of the University of Cienfuegos. For this purpose, five laboratory practice guides corresponding to the Refrigeration subjects were prepared, based on the various bibliographies consulted. The veracity of the practices carried out was verified by implementing tests in the Refrigeration laboratory governed by them, taking as basis experimental measurements obtained in the existing machines at the University. The results obtained corroborate the proposed theoretical calculations, fulfilling the proposed objective that guarantees adequate learning for Mechanical Engineering students.

Contenido

Introducción	8
1.1 Fundamentos de la refrigeración.	10
Climatización	17
1.2 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor	17
1.3Climatización de locales	24
1.4 Refrigerante y aplicaciones.....	26
1.5 Ventilación	29
1.6Parámetros en sistema de refrigeración, clima y ventilación.	30
1.7 La práctica de laboratorio y medición de indicadores	33
2.1 Caracterización del laboratorio	35
2.2 Identificación de potencial de prácticas de laboratorio de refrigeración.....	36
2.3 Practicas de la asignatura (Refrigeración)	37
2.4 Practicas de otras asignaturas de la carrera de IM (MEC. Fluidos, Transferencia de calor, Termodinámica)	42
3.1 Guías de Refrigeración	50
3.2 Guías de otras asignaturas.....	¡Error! Marcador no definido.
Conclusiones	69

Introducción

El presente trabajo investigativo surge de la necesidad de que los estudiantes realicen prácticas en el laboratorio de refrigeración, esta asignatura es un aspecto crucial en numerosos campos, incluyendo la industria de alimentos, la medicina y la tecnología. Con el creciente interés en la sostenibilidad y la eficiencia energética, el desarrollo de sistemas de refrigeración más eficientes y respetuosos con el medio ambiente se ha convertido en un área de investigación clave en la ingeniería mecánica.

La Universidad de Cienfuegos posee como meta formar profesionales de excelencia en el campo académico y competitivo en el ámbito laboral, aportando de esta forma al desarrollo de la provincia y del país. El uso de procedimientos de guías de prácticas para control de procesos establecidos de los estudiantes, son hechos significantes y bien reconocidos de nuestro desarrollo técnico. Prácticamente todas las ramas de la ingeniería conciernen íntimamente a los materiales, cuyas propiedades deben ser determinadas con prácticas. El poseer talleres y laboratorios facilita el aprendizaje práctico y conocimiento de los estudiantes, logrando una formación íntegra de los futuros profesionales que aquí se forjan.

Problema Científico: El laboratorio de Refrigeración, de la Universidad de Cienfuegos, no cuenta con guías de prácticas de laboratorio que permitan a los estudiantes enriquecer su formación y conocimientos como ingenieros mecánicos.

Hipótesis: Si se realiza el diseño de las guías prácticas para de laboratorio de laboratorio se garantizará la mejor formación de los futuros ingenieros mecánicos de la universidad de Cienfuegos.

Objetivo General:

Elaborar las guías de prácticas de laboratorio de Refrigeración de forma tal que se fortalezca las habilidades prácticas del ingeniero mecánico graduado.

Objetivos Específicos:

1. Realizar una búsqueda bibliográfica sobre los conceptos y procedimientos establecidos para los diferentes ensayos de Refrigeración, Climatización y Ventilación..
2. Caracterizar el equipamiento del laboratorio de refrigeración donde se van a realizar las prácticas de laboratorio
3. Elaborar las guías de prácticas de laboratorio para las asignaturas la asignatura refrigeración y otras asignaturas de la carrera.

La Tesis está estructurada en tres Capítulos, exponiendo en el Capítulo I La Refrigeración y Climatización (con una búsqueda bibliográfica concreta de la asignatura); en el Capítulo II la caracterización del laboratorio y su equipamiento donde se realizarán las prácticas, y por último en el Capítulo III donde se elaboran guías de prácticas para otras asignaturas para la carrera de ingeniería mecánica-

Capítulo 1: Refrigeración y climatización.

1.1 Fundamentos de la refrigeración.

La refrigeración es un proceso termodinámico, donde se extrae el calor de un cuerpo o espacio (bajando así su temperatura) y llevarlo a otro lugar donde no es importante su efecto. Los fluidos utilizados para extraer la energía promedio del espacio o cuerpo a ser enfriado, son llamados refrigerantes, los cuales tienen la propiedad de evaporarse a bajas temperaturas y presiones positivas.

Durante la década de los 90 casi todos los países firmaron y consecuentemente ratificaron el Protocolo de Montreal y sus correcciones posteriores. Este acuerdo incluye una escala de tiempo estricto para la desaparición de refrigerantes que atacan el ozono y requiere el uso provisional hasta su sustitución por refrigerantes que no dañen el ozono. Este cambio resultó en el aumento de la variedad de refrigerantes de uso común existentes de 3 a 4 veces mayor y en la necesidad de asegurarse de que las prácticas de los ingenieros sean muy exigentes.

La gama de aparatos de refrigeración para la enseñanza y software de ordenador, ha sido diseñada para enseñar a los estudiantes los principios básicos de la refrigeración, para así asegurarse de que la próxima generación de ingenieros sea capaz de comprender y contribuir a los cambios fundamentales que están ahora dándose lugar en la industria de la refrigeración. (Teresa Martín & Ana Serrano, 2014)

Entre otras formas:

Aprovechar diferencias de temperaturas entre el medio receptor y emisor. Transfiriendo el calor por convección, conducción o Radiación.

Usar un proceso que requiera una aportación externa de energía en forma de trabajo, como el ciclo de Carnot.

Aprovechar el efecto magneto-calórico de los materiales, como en la desimanación adiabática.

Aplicaciones

Las aplicaciones de la refrigeración son entre muchas:

La Climatización, para alcanzar un grado de confort térmico adecuado para la habitabilidad de un edificio.

La Conservación de alimentos, medicamentos u otros productos que se degraden con el calor. Como por ejemplo la producción de hielo o nieve, la mejor conservación de órganos en medicina o el transporte de alimentos perecederos.

Los Procesos industriales que requieren reducir la temperatura de maquinarias o materiales para su correcto desarrollo. Algunos ejemplos son el mecanizado, la fabricación de plásticos, la producción de energía nuclear.

La Criogénesis o enfriamiento a muy bajas temperaturas empleada para licuar algunos gases o para algunas investigaciones científicas.

Motores de combustión interna: en la zona de las paredes de los cilindros y en las culatas de los motores se producen temperaturas muy altas que es necesario refrigerar mediante un circuito cerrado donde una bomba envía el líquido refrigerante a las galerías que hay en el bloque motor y la culata y de allí pasa un radiador de enfriamiento y un depósito de compensación. El líquido refrigerante que se utiliza es agua destilada con unos aditivos que rebajan sensiblemente el punto de congelación para preservar al motor de sufrir averías cuando se producen temperaturas bajo cero. Máquinas-herramientas: las máquinas herramientas también llevan incorporado un circuito de refrigeración y lubricación para bombear el líquido refrigerante que utilizan que se llama taladrina o aceite de corte sobre el filo de la herramienta para evitar un calentamiento excesivo que la pudiese deteriorar rápidamente. (Teresa Martín & Ana Serrano, 2014).

Métodos de Enfriamiento

Los métodos más antiguos para enfriar son la evaporación, como en el caso del botijo (proceso adiabático); o la utilización del hielo o la nieve naturales. Para la preparación de refrescos o agua fría, se bajaba nieve de las montañas cercanas (a menudo por las noches) que se guardaba en pozos y, en las casas, en armarios

aislados, que por esa razón se llamaban neveras. Más tarde se consiguió el enfriamiento artificial mediante los métodos de compresión y de absorción.

El método por compresión es el más utilizado, sin embargo, el método por absorción solo se suele utilizar cuando hay una fuente de calor residual o barata, como en la trigeneración.

Otros métodos son mediante un par termoeléctrico que genera una diferencia de temperatura; mediante una sustancia fría, como antiguamente el hielo y hoy en día la criogenia, con nitrógeno líquido o mezcla de sustancias, como sal común y hielo.

La refrigeración es el proceso por medio del cual se consigue una disminución de la temperatura de fluidos o cuerpos en general. En particular se utiliza el proceso de conservación de mercancías perecederas incluso a temperaturas inferiores a -60°C .

La refrigeración es una de las más importantes aplicaciones en la industria alimentaria, porque ralentiza la proliferación de bacterias en los alimentos y permite conservar intactas sus propiedades organolépticas, prolongando el tiempo de conservación.

Los principales dispositivos que encontramos en el ámbito de la refrigeración comercial e industrial, utilizados en la conservación de alimentos son:

- * Cámaras frigoríficas;
- * Vitrinas frigoríficas de exposición para supermercados;
- * Vitrinas frigoríficas de exposición para pastelerías, bares, heladerías, etc.;
- * Frigoríficos usados en las cocinas industriales, incluidas las cámaras de maduración y de fermentación;
- * Frigoríficos para productos farmacéuticos;

Estos dispositivos difieren principalmente en su apariencia, dependiendo si el producto va a estar visible al público o no, así como en aspectos fundamentales como adecuación a la normativa y la capacidad de refrigeración requerida.

Los principales alimentos que necesitan conservación a temperaturas un poco por encima de los $0,00^{\circ}\text{C}$ son los quesos frescos, las bebidas (cerveza, vino, zumo) y embutidos.

Carne, pescado, fruta, verdura y lácteos frescos se conservan alrededor de los 0°C .

A temperaturas negativas que pueden llegar hasta a -25°C se conservan los helados y otros alimentos de congelado rápido o ultrarrápido, por ejemplo pescados o verduras, que aumentan notablemente su tiempo de conservación. (Teresa Martín & Ana Serrano, 2014)

Ejemplo: El circuito frigorífico al que más acostumbrados estamos es una simple nevera doméstica. En este caso es sencillo entender que el circuito frigorífico no hace otra cosa que extraer el calor de los alimentos que introduzcamos en su interior y expulsarlo a nuestra cocina, razón ésta de que en las cocinas siempre tengamos algo más de calor que en el resto de la casa.

Si queremos podemos hacer una prueba con nuestra nevera. Consiste en introducir un alimento caliente en el interior de la nevera. Ésta se pondrá en marcha y se mantendrá funcionando durante un largo periodo de tiempo. El circuito frigorífico tiene una capacidad de enfriamiento constante y le llevará un rato conseguir sacar del interior de la nevera todo el calor que hemos introducido con el alimento caliente, pero si nosotros introducimos el mismo alimento frío la nevera tardará muy poco en dejar de funcionar porque sólo debe bajar la temperatura del aire que entró en el interior de la nevera. Por otro lado, es sabido que si se suministra calor a una cierta cantidad de agua que se encuentre a la presión de 1 atmósfera, ésta aumentará su temperatura hasta alcanzar los 100°C , momento en el que comenzará a hervir. Durante la ebullición el agua absorberá calor, pero su temperatura permanecerá constante a 100°C hasta la completa vaporización del líquido. (Teresa Martín & Ana Serrano, 2014)

Las distintas fases por las que pasa el agua al ser calentada son:

a. Líquido sub enfriado. La temperatura del líquido es inferior a la de ebullición.

- b. Líquido saturado. Aparece la primera burbuja de vapor. El agua está a la temperatura de ebullición.
- c. Vapor húmedo. Coexisten el estado líquido y el de vapor. El agua se mantiene a la temperatura de ebullición.
- d. Vapor saturado. Se evapora la última gota de líquido. La temperatura sigue siendo la de ebullición.
- e. Vapor recalentado. La temperatura del vapor es superior a la de ebullición.

Para ello utiliza de una sustancia de trabajo (vapor de agua, aire u otras sustancias) que realiza una serie de transformaciones termodinámicas de forma cíclica, para que pueda funcionar de forma continua, como sucede con las máquinas térmicas (Teresa Martín & Ana Serrano, 2014).

Como ya se ha comentado en la introducción el paso de calor de un cuerpo frío a otro caliente no se produce de forma espontánea. Se llega así a un nuevo enunciado del Segundo Principio:

Enunciado de (Rudolf Clausius)

No es posible el paso de calor de un cuerpo frío a uno caliente sin el consumo de trabajo.

Se puede representar un refrigerador de forma esquemática de la siguiente manera:

Absorbe una cantidad de calor Q_2 de un foco frío a una temperatura T_2

Consume una cantidad de trabajo W

Cede una cantidad de calor Q_1 a un foco caliente a una temperatura T_1

Como se ha comentado anteriormente, un refrigerador trabaja en ciclos, por lo que la variación de energía interna es nula. Teniendo en cuenta el criterio de signos, el

calor cedido al foco caliente será:
En este caso, la potencia es evidentemente una potencia consumida.

Eficiencia (ϵ)

Un refrigerador se optimizará reduciendo el trabajo consumido para la misma cantidad de calor extraída del foco frío. La eficiencia (ϵ) de un refrigerador se define entonces como:

La limitación impuesta por el enunciado de Clausius nos indica simplemente que la eficiencia debe ser menor que infinito, ya que el trabajo debe ser distinto de cero.

Sistemas de Refrigeración

La refrigeración puede utilizarse para tres fines, principalmente:

1. Refrigeración para conservación.
2. Refrigeración para congelación.
3. Refrigeración para climatización.

Las dos primeras se aplican generalmente a alimentos, mientras que la última se refiere a la refrigeración de locales o vehículos para animales, personas o plantas.

Existen dos formas básicas de producir frío, una es a través del ciclo de absorción (el cual no vamos a estudiar), y a través del ciclo frigorífico de compresión mecánica de vapor, que es el más utilizado y sobre el que vamos a trabajar. También debemos saber que existe la refrigeración magnética, pero tampoco entraremos en detalle en este momento.

Sistema de refrigeración por compresión mecánica

Un espacio aislado se puede refrigerar adecuadamente permitiendo que se evapore un refrigerante en un recipiente con salida al exterior, solucionando así el problema de la continuidad del elemento enfriador.

Tomando como refrigerante el R-449A, podríamos tener un sistema en el que hay un recipiente que contiene R-449A (un refrigerante) en estado líquido, y que se encuentra en un espacio cerrado cuya temperatura es de 25°C. Este refrigerante

presenta la propiedad de que la temperatura de evaporación es de $-40,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a la presión atmosférica. Esto quiere decir que, a 25°C , este líquido se va a transformar en vapor, absorbiendo calor del espacio que se quiere enfriar en el proceso. Como la temperatura del líquido sigue constante durante el proceso de evaporación, la refrigeración continúa hasta que se evapora todo el líquido. En principio, si no almacenamos este vapor, se cede a la atmósfera.

Desde el punto de vista industrial no es posible dejar que el refrigerante se escape a la atmósfera. Por eso, los circuitos de refrigeración son cerrados, precisamente para impedir que el vapor escape a la atmósfera y se pierda.

La temperatura a la que se evapora el refrigerante líquido en el interior del evaporador puede controlarse actuando sobre la presión en la que se produce el cambio de estado. A menor presión, menor será la temperatura de evaporación.

No es práctico ni barato, además de estar prohibido, dejar escapar el refrigerante a la atmósfera, por eso hemos de reutilizarlo de nuevo. Para volver a utilizar el refrigerante en el evaporador es necesario que entre en estado líquido, y puesto que dicho equipo libera el refrigerante en forma de vapor, obviamente debemos convertirlo en líquido antes de entrar.

El proceso de conversión de vapor a líquido se denomina condensación, como ya sabemos. Durante este proceso, necesitamos un medio de enfriamiento sobre el que ceder calor, y para ello es necesario que el refrigerante en estado de vapor se encuentre a una temperatura superior a la del medio de enfriamiento. Recordemos que el calor se transmite desde el cuerpo más caliente al cuerpo más frío.

Para conseguir realizar este proceso debemos aumentar previamente la presión del refrigerante en estado de vapor hasta un valor tal que la temperatura de condensación sea superior a la del medio de enfriamiento (por ejemplo, en un condensador de aire suele utilizarse una diferencia de unos 15 K, es decir, que, para una temperatura ambiente de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, la temperatura de condensación será de $35\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Climatización

La climatización consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad y la calidad del aire interior dentro de los espacios habitados.

La climatización define como: Dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas. Puede apreciarse que se ha abandonado cualquier referencia al aire acondicionado, por ser una expresión que, aunque correcta, puede prestarse a equívoco, ya que la mayoría de la gente parece entender que se refiere exclusivamente a la refrigeración (climatización de verano), aunque sería más lógico se refiriese al acondicionamiento del aire en todas las épocas, verano e invierno.

Así pues, la climatización comprende tres factores fundamentales: la ventilación, la calefacción, o climatización de invierno, y la refrigeración o climatización de verano.

A partir de esta definición se desprende que el concepto climatización equivale a lo que en inglés se llama Heating, Ventilating and Air Conditioning, o por sus siglas HVAC, expresión en la que aparecen tres conceptos separados: ventilación y calefacción por un lado y aire acondicionado por otro, luego se supone que, en inglés, esto último se entiende exclusivamente como refrigeración. Para evitar la confusión que puede producir tomar la traducción inglesa literalmente, la norma española, evita el concepto aire acondicionado.

La climatización puede ser natural o artificial, aunque en lo que sigue se tratará exclusivamente de la artificial. (M. A. Gálvez Huerta); et al. (2013)

1.2 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

La tecnología de refrigeración por compresión de vapor también conocida como refrigeración mecánica, tiene sus inicios en “1805 cuando Oliver Evans construyó la

primera máquina utilizando vapor en lugar de líquido, basando su prototipo en la expansión de un fluido mediante su evaporación” (Bernard, J. 2022)

La refrigeración mecánica ha ido evolucionando con el paso del tiempo en cuestión de fluidos de trabajo, los cuales son considerados como la sangre que circula en un sistema de compresión de vapor.

La refrigeración por compresión de vapor se presenta mediante el ciclo termodinámico de refrigeración y consta de cuatro estados por los cuales el fluido pasa en el ciclo, dichos estados son: compresión, condensación, expansión y evaporación.

En cada estado se encuentra presente un componente que genera cada uno de los procesos mencionados, los cuales son:

- Compresor,
- Condensador,
- Dispositivo de expansión y,
- Evaporador.
-

A continuación, se describe cada uno de los componentes de manera individual.

Compresor

Es el corazón de un sistema de compresión de vapor. Este componente se encarga de bombear el fluido que trasiega sobre todo el sistema para conseguir moverlo en los demás componentes que se mencionaron anteriormente. El compresor comprime el fluido refrigerante desde una fase vapor y lo entrega como vapor sobrecalentado a su salida. La entrada y la salida de este equipo se conocen en el ciclo como succión y descarga. La figura 1 muestra el símbolo del compresor de refrigeración..

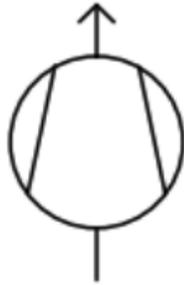


Figura 1. Símbolo de un compresor.

Condensador

En este componente, el refrigerante proveniente del compresor, baja su temperatura y mantiene su presión. A la salida del condensador, el refrigerante cambia su estado termodinámico de vapor sobrecalentado a líquido saturado. La condensación se puede llevar a cabo de diferentes maneras, siendo la más económica aquella que se obtiene por transferencia de calor por convección natural.

Dado que este equipo es simplemente un intercambiador de calor, su símbolo es representado muchas veces como se muestra en la Figura 2a. Sin embargo, cuando el condensador está implementado en un refrigerador, una forma muy típica de encontrar el símbolo del condensador es como el de la Figura 2b.

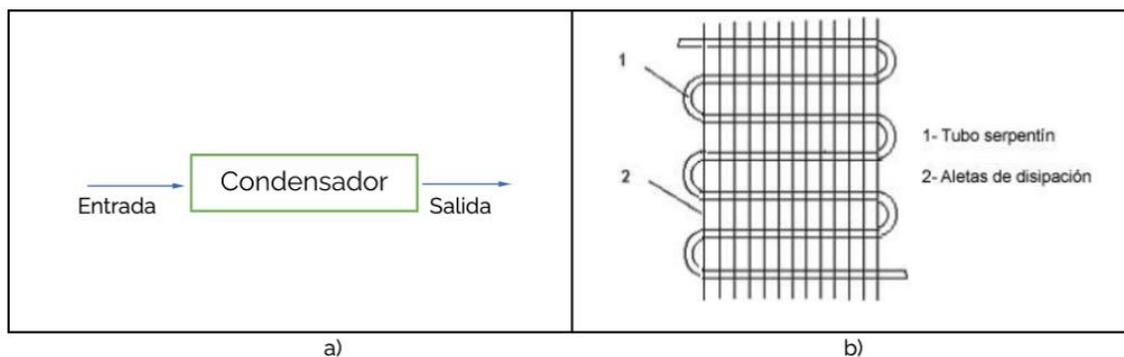


Figura 2a, y 2b Simbología típica de un condensador.

Dispositivo de Expansión

El dispositivo de expansión en un ciclo de refrigeración es el encargado de regular el flujo de refrigerante. Su función es bajar la presión del fluido de trabajo y con ello su temperatura. Una vez que el refrigerante sale del condensador como líquido saturado, éste ingresa al dispositivo de expansión para convertirlo en mezcla líquido-vapor con una calidad específica. Existen diferentes dispositivos que permiten una expansión para el refrigerante, dichos dispositivos son los siguientes:

- Válvula de expansión,
- Tubo capilar,
- Turbina,
- Tubo corto,
- Tubo vortex,
- Eyector,

De los dispositivos mencionados, la aplicación tiene mucho que ver para la selección del dispositivo. Por ejemplo, en refrigeración doméstica, el tubo capilar es el más utilizado. A menudo se relaciona más el uso de una válvula de expansión en textos de termodinámica, porque es el que representa una mayor practicidad.

Por el momento en esta sesión sólo mencionaremos que el dispositivo de expansión como la válvula de expansión, genera un proceso de estrangulamiento para reducir la presión y este proceso se lleva a cabo de manera isoentálpica, lo que significa que la entalpía a la salida del condensador se mantiene constante y la mezcla líquido-vapor sale de la válvula de expansión con la misma entalpía con la que ingresó.

El símbolo de la válvula de expansión es el que se muestra en la Figura 3. Cabe mencionar que la válvula de expansión puede controlar, además del flujo, el grado de sobrecalentamiento del refrigerante a la salida del evaporador. Este control puede ser realizado ya sea mecánicamente mediante un husillo, o electrónicamente

mediante un sensor de temperatura y presión que se coloca en el sistema una vez que se ha implementado la válvula en el ciclo de refrigeración.



Figura 3. Símbolo de válvula de expansión.

Evaporador

El cuarto elemento que constituye al ciclo de refrigeración por compresión de vapor es el evaporador. Este componente, como su nombre lo indica, se encarga de evaporar el refrigerante proveniente de la válvula de expansión. La finalidad de esta evaporación es entregar al compresor fluido 100% en forma de gas, por lo que es muy importante que el evaporador haga su función, o de lo contrario, el compresor presentará problemas de funcionamiento. El símbolo, al igual que para el condensador, es simplemente el de un intercambiador de calor aparece en la figura 4



Figura 4. Símbolo de un evaporador.

Termodinámica del ciclo de refrigeración por compresión de vapor

El ciclo de refrigeración, como ya se mencionó anteriormente se compone de cuatro elementos básicos: Compresor, Condensador, Dispositivo de Expansión y Evaporador. Estos cuatro elementos tienen una función esencial en el ciclo de manera que gracias a ellos, se puede conseguir el frío. Termodinámicamente, el ciclo de refrigeración está compuesto por cuatro fases de termodinámicas:

Compresión (1-2), Condensación (2-3), Expansión (3-4) y Evaporación (4-1), estos estados se muestran en el diagrama presión contra entalpía (p-h) de la figura 5a y 5b.

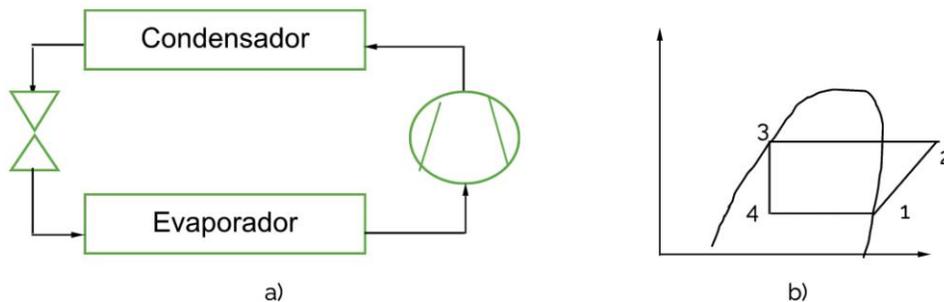


Figura 5a y 5b. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

El ciclo conformado por cuatro puntos (1 a 4), funciona de la siguiente manera: Refrigerante en forma de gas entra al compresor a temperatura y presión bajas, aquí sufre un incremento en la temperatura debido a la compresión que se genera en este componente. A su salida, las propiedades termodinámicas cambian ya que el refrigerante se encuentra ahora en vapor sobrecalentado. Posteriormente, el ingreso al condensador se presenta en condiciones de alta presión y temperatura, es aquí donde el segundo componente condensa el refrigerante, bajando la temperatura del mismo, pero manteniendo su presión. El fluido sale de este componente en condiciones de líquido saturado. En esta condición, el fluido ingresa al dispositivo de expansión para reducir su presión y temperatura y entregar el refrigerante como mezcla líquido-vapor al siguiente componente. El evaporador finalmente, evapora esta mezcla de refrigerante para convertirlo en vapor saturado que es en la condición a la cual ingresará al compresor, por lo cual, a partir de este proceso el ciclo se vuelve a repetir.

El análisis del ciclo de refrigeración por compresión de vapor se realiza mediante balances de energía. La Tabla 1 muestra las ecuaciones utilizadas para el análisis de cada componente en el ciclo. Aquí se deben tener en cuenta las siguientes suposiciones:

- El compresor, trabaja mediante un proceso isoentrópico, es decir, a entropía constante.
- En el condensador y en el evaporador, la caída de presión es despreciable.
- El proceso de estrangulación llevado a cabo en el dispositivo de expansión (válvula de expansión) se considera isoentálpico, es decir, a entalpía constante.
- El condensador convierte el refrigerante en líquido saturado, con calidad 0.
- El evaporador convierte el refrigerante en vapor saturado, con calidad 1.

Tabla 1. Ecuaciones características para cada componente en el ciclo de refrigeración mecánica.

COMPONENTE	ECUACIÓN
Compresor	$W_c = h_2 - h_1$
Condensador	$q_c = h_2 - h_3$
Válvula de expansión	$h_3 = h_4$
Evaporador	$q_e = h_1 - h_4$

Aunado a estas ecuaciones, el ciclo en todo momento debe cumplir el balance de energía general, el cual es:

$$W_c + q_e = q_c \quad (\text{Ecuación 1})$$

Cabe mencionar que los signos de los flujos de energía (calor y trabajo) son los mismos que los que se consideran en la primera Ley de la Termodinámica.

El parámetro que mide el desempeño energético del ciclo es el COP, el cual está en función del efecto de refrigeración y del trabajo específico que realiza el compresor,

$$COP = \frac{q_e}{W_c}$$

(Ecuación 2)

Además, estas ecuaciones, es posible que se utilicen otras, dependiendo del tipo de problema al que se esté enfrentando el estudiante, en cada caso, se revisarán los conceptos termodinámicos adquiridos previamente en el curso de Termodinámica.

El efecto refrigerante se define como la diferencia en la entalpía a la salida y a la entrada del evaporador, este efecto tiene unidades de kJ/kg. El trabajo realizado por el compresor es el específico y también tiene unidades de kJ/kg; su definición es simplemente la diferencia entre las entalpías de la salida y la entrada en el mismo componente.

1.3 Climatización de locales

¿Cuál es la climatización más adecuada para mi local comercial?

-Mantener la climatización más adecuada de un local comercial forma parte del éxito del mismo. Los clientes tienen que estar a gusto y los niveles de confort deben ser los más óptimos

-El sistema de multisplit para climatización de locales comerciales es una buena opción para evitar obra

- Los Split cassette destacan por su versatilidad

El sistema de climatización para locales comerciales Split cassette destaca por su eficacia para locales de pequeñas dimensiones. Se adaptan fácilmente a la decoración del local porque se instalan sobre un falso techo, es decir, son muy versátiles. Básicamente consisten en una unidad interior cuadrada que expulsa el aire en las cuatro direcciones con uniformidad y que está conectada a una unidad exterior a modo de compresor. Por norma general, son más potentes que un Split y los equipos más modernos con clase energética A ofrecen una gran relación consumo energético/eficiencia.

Otro modelo es el aire acondicionado por conducto, que, obviamente, va a requerir un falso techo, pero que, por esa misma razón, es el más discreto visualmente, quedando solamente a la vista las rejillas en cada una de las salas que vamos a climatizar. Este sistema nos permite climatizar por conductos los diferentes espacios del local comercial (zonificación), incluso con distintas temperaturas para cada flujo del local comercial. Con una bomba de calor puede distribuir tanto calor como frío. Entre las desventajas de este sistema está la necesidad de obra, la cantidad de material que requiere (conductos, rejillas...) y las dificultades de limpieza y desinfección de los conductos de aire acondicionado (tanto de polvo como de partículas nocivas) para evitar el conocido como síndrome de edificio enfermo. (Artículo de David de la Merced, Germán González de Johnson Controls Hitachi Air Conditioning Europe)

En locales comerciales de grandes dimensiones la solución VRV es muy aconsejable

En cuarto lugar, a la hora de seleccionar un sistema de climatización más adecuado para locales comerciales, tenemos los sistemas de volumen refrigerante variable (VRV), en inglés variable refrigerantFlow (VRF). Es un sistema muy eficiente a la hora de climatizar locales de grandes dimensiones. Consiste básicamente en una unidad exterior que dirige el flujo a varias unidades interiores en función de la necesidad de cada una. Los compresores llevan tecnología inverter, pudiendo modular su velocidad de trabajo en función de las necesidades de cada momento, siendo así una solución energéticamente muy eficiente en grandes espacios.

No hay que confundir los sistemas VRV con los multi-splits. Aunque tengan funciones parecidas, el principio de funcionamiento es distinto, siendo más complejo en el caso del caudal variable de refrigerante. Los sistemas VRV nos permiten programar la temperatura a través de sistemas de control en cada una de las unidades interiores, permitiendo regular temperaturas diferentes en cada estancia. Además, es un sistema que destaca por el silencio, normalmente se instalan en azoteas de edificios.

Como vemos, son varias las alternativas y nuestra decisión deberá basarse en los pros y contras que nos ofrece cada sistema, fundamentalmente en función del espacio que climatizar, el consumo energético, la estética y el nivel sonoro de las máquinas. ¿El mejor? El que creando la mejor sensación de confort en el espacio sea imperceptible para nuestros clientes. (Artículo de David de la Merced, Germán González de Johnson Controls Hitachi Air Conditioning Europe)

1.4 Refrigerante y aplicaciones

Los refrigerantes se clasifican en grupos de acuerdo con sus efectos sobre la salud y la seguridad.

Los refrigerantes podrán expresarse, en lugar de hacerlo por su fórmula o por su denominación química, mediante la denominación simbólica numérica adoptada internacionalmente y que se detalla seguidamente.

La denominación simbólica numérica de un refrigerante se establecerá a partir de su fórmula química, consistiendo en una expresión numérica en la que: Figura 1.6

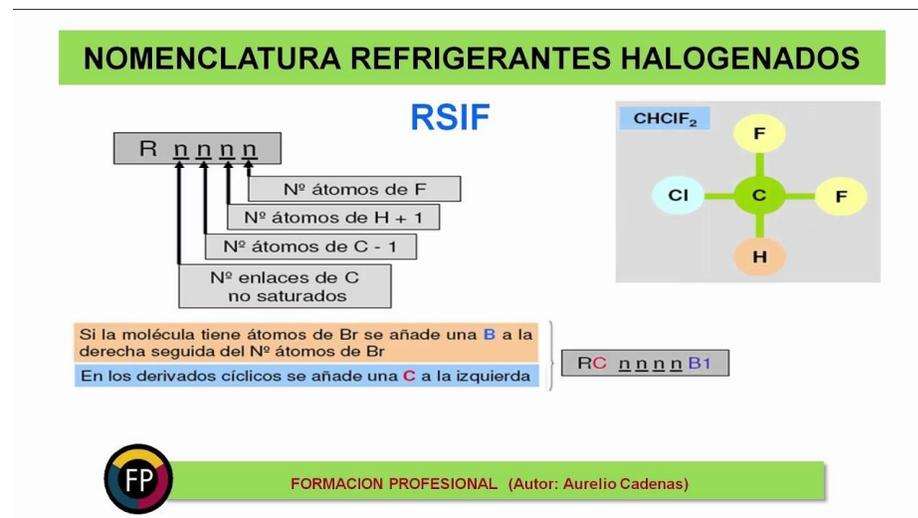


Figura 1.6. Nomenclatura de refrigerantes

El primer carácter empezando por la izquierda es una R de Refrigerante, ejemplo: R134a.



- La primera cifra de la derecha, en los compuestos que carezcan de bromo, indicará el número de átomos de flúor de su molécula.
- A la izquierda de la anterior se indicará, con otra cifra, el número de átomos de hidrógeno de su molécula más uno.
- A la izquierda de la anterior se indicará, con otra cifra, el número de átomos de carbono de su molécula menos uno.
- Si resulta un cero no se indicará.
- El resto de los enlaces se completará con átomos de cloro.
- Si la molécula contiene átomos de bromo se procederá de la manera indicada hasta aquí, añadiendo luego a la derecha una B mayúscula, seguida del número de dichos átomos.
- Los derivados cíclicos se expresarán según la regla general, encabezándolos con una C mayúscula a la izquierda del número del refrigerante.
- En los compuestos isómeros, el más simétrico (en pesos atómicos) se indica sin letra alguna a continuación de los números. Al aumentar la asimetría, se colocarán las letras a, b, c, etc.
- Los compuestos no saturados seguirán las reglas anteriores, anteponiendo el número 1 como cuarta cifra, contada desde la derecha.
- Los azeótropos o mezclas determinadas de refrigerantes se expresarán mediante las denominaciones de sus componentes, intercalando, entre paréntesis, el porcentaje en peso correspondiente de cada uno y enumerándolos en orden creciente de su temperatura de ebullición a la presión de 1,013 bar a (absolutos). Los azeótropos también pueden designarse por un número de la serie 500 completamente arbitrario.
- Las mezclas zeotrópicas determinadas de refrigerantes se expresarán mediante la denominación de sus componentes, intercalando, entre paréntesis, el porcentaje en peso correspondiente de cada uno y enumerándolos en orden creciente de su temperatura de ebullición a la presión de 1,013 bar (absolutos). También puede designarse por un número de la serie 400 completamente arbitrario. Cuando dos o más

mezclas zeotrópicas están compuestas por los mismos componentes en diferentes proporciones, se utilizarán las letras A, B, C, etc. para distinguirlas entre ellas.

- Los números de identificación de los refrigerantes de los compuestos inorgánicos se obtienen añadiendo a 700 los pesos moleculares de los compuestos. mromara961. (2020)

Cuando dos o más refrigerantes inorgánicos tienen los mismos pesos moleculares se utilizarán las letras A, B, C, etc.... diferenciarlos

Aplicaciones de refrigerantes.

La incorporación de nuevos refrigerantes

La «nueva generación de refrigerantes» o cuarta generación ya convive con nosotros. Hoy tenemos muchos fluidos en el mercado, tanto natural como sintético; no existe una solución única y universal. Los nuevos refrigerantes, no son sólo un nuevo fluido. Obliga a todos los componentes, sobre todo al compresor, a adaptarse a este nuevo medio y por eso es necesario el estudio de la compatibilidad de los nuevos refrigerantes con los aceites ya existentes. Se siguen estudiando los refrigerantes naturales como amoníaco y dióxido de carbono como solución alternativa a los HFCs, por su bajo PCA, en servicios que antes, por poca evolución en la tecnología, no podían operar. Estos refrigerantes naturales contribuyen de forma notoria en minimizar las emisiones de CO₂ en la atmósfera, reduciendo así el impacto en el cambio climático.

La actual modificación del Reglamento plantea nuevos condicionantes a la hora de elección de los refrigerantes a utilizar, teniendo también que prever los posibles cambios, tanto administrativos, como tecnológicos que puedan devenir. El mercado está en un proceso continuo de cambio, y lo que hoy puede ser una solución acertada, dentro de 10 años, podría no ser viable económicamente.

En este punto, vamos a detallar las aplicaciones de los refrigerantes, para qué se utilizan, atendiendo a su daño a la atmósfera, hablando del TEWI y del PCA.

A partir del 1 de enero de 2020 han quedado totalmente prohibido por el (reglamento Europeo F-Gas) el uso de refrigerantes tipo HFC con PCA ≥ 2500 en nuevas instalaciones, y en 2022 quedarán prohibidos aquellos que tengan un PCA ≥ 150 , algo que ha revolucionado por completo el sector del frío industrial, obligándolo a utilizar refrigerantes alternativos.

A continuación, veremos cuáles son los refrigerantes más utilizados en refrigeración comercial e industrial a día de hoy, indicando los sectores y equipos en los que se utilizan, la normativa aplicable, si dañan o no la capa de ozono y si reducen el efecto invernadero. mromara961. (2020)

1.5 Ventilación

Según (Gutiérrez, 2011) la ventilación es una estrategia bioclimática que acompaña a la arquitectura desde todos los tiempos. Ventilar es renovar o mover el aire de un lugar a otro, mediante la extracción o inyección de aire. Es un factor muy importante en el diseño arquitectónico ya que, garantiza condiciones de vida más favorables para el hombre y sus futuras generaciones. Los beneficios de la ventilación son:

- Asegurar la calidad del aire interior.
- Asegurar la salubridad del aire, tanto el control de la humedad, concentraciones de gases o partículas en suspensión.
- Colaborar en el acondicionamiento térmico del edificio.
- Luchar contra los humos en caso de incendio.
- Disminuir las concentraciones de gases o partículas a niveles adecuados para el funcionamiento de maquinaria o instalaciones.
- Proteger determinadas áreas de patógenos que puedan penetrar vía aire.

Se realiza mediante el estudio de las características arquitectónicas, uso y necesidades de cada área.

1.6 Parámetros en sistema de refrigeración, clima y ventilación.

Aire Acondicionado

Entre los sistemas de acondicionamiento se cuentan los autónomos y los centralizados. Los primeros producen el calor o el frío y tratan el aire (aunque a menudo no del todo). Los segundos tienen un/unos acondicionadores/es que solamente tratan el aire y obtienen la energía térmica (calor o frío) de un sistema centralizado.

La expresión aire acondicionado suele referirse a la refrigeración, pero no es correcto, puesto que también debe referirse a la calefacción, siempre que se traten (acondicionen) todos o algunos de los parámetros del aire de la atmósfera. Lo que ocurre es que el más importante que trata el aire acondicionado, la humedad del aire, no ha tenido importancia en la calefacción, puesto que casi toda la humedad necesaria cuando se calienta el aire, se añade de modo natural por los procesos de respiración y transpiración de las personas. De ahí que cuando se inventaron máquinas capaces de refrigerar, hubiera necesidad de crear sistemas que redujesen también la humedad ambiente.

Podemos, entonces, resumir el concepto de acondicionamiento como el proceso mediante el cual se enfría, limpia y circula el aire, al tiempo que se efectúa un control detenido del contenido de humedad, esta labor es realizada por el sistema de aire acondicionado.

Respecto al funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado, lo que sucede es que el dispositivo toma el aire desde el interior de la recámara para luego pasarlo por tubos que se encuentran a una baja temperatura y que, además, estén enfriados por medio de la acción de un líquido. Dicho líquido a su vez, se enfría por medio de un condensador. Así es como una parte del aire es devuelta a una temperatura mucho menor, mientras que la otra parte sale expulsada por la parte trasera del aparato en cuestión. Por otra parte, entre la constitución del dispositivo en sí mismo podemos encontrar un termómetro en el panel frontal. Esa ubicación tiene su correspondiente lógica, ya que, al encontrarse en esa locación particular, dicho termómetro, en el

momento en el que el aire pasa, va a poder calcular de manera más que precisa la temperatura en la que se encuentra el ambiente en el interior de la recámara. Esto es lo que origina o, mejor dicho, lo que permite determinar qué tan grado de frío y qué nivel de trabajo debe llevar al cabo el compresor. Sin embargo, no solo este componente se ocupará de realizar sus labores, por el contrario, cuando el termómetro arroja los resultados respecto a los niveles de frío y a las necesidades de puesta en marcha de procesos, el condensador también va a tener en claro con cuánto ímpetu realizar sus respectivas funciones.

Ventilación

Resultado de imagen para imágenes de sistemas de ventilación. Los sistemas de ventilación suministran aire interior a habitaciones industriales, hospitales, restaurantes etc. Para la construcción de dichos sistemas, son importantes los parámetros característicos de los soplantes, así como las pérdidas de presión de componentes como las descargas de aire, las tuberías, etc.

La ventilación puede ser natural o forzada. Se habla de ventilación natural cuando no hay aporte de energía artificial para lograr la renovación del aire, esta puede emplear la fuerza del viento y las diferencias de temperatura para lograr el movimiento del aire. Sus principios básicos son: la diferencia de altura, diferencia de temperatura, acción del viento, carga térmica. La ventilación forzada utiliza ventiladores o extractores para lograr el movimiento del aire y conseguir la renovación del aire, cuya ejecución es o bien de tipo individual (viviendas, pequeños centros comerciales, etc.), y de tipo colectivo (escuelas, hoteles y grandes centros comerciales, etc.).

Los sistemas de ventilación se dimensionan y caracterizan, mediante el análisis de los siguientes parámetros:

- El caudal, es el volumen de aire movido por un ventilador por unidad de tiempo, sus unidades son m^3/h o m^3/s .

- Presión estática, es la porción de la presión de aire debida solamente al grado de compresión del mismo, al margen de la dirección y el sentido de la velocidad.
- Presión dinámica, es la porción de la presión de aire debida solamente al movimiento del aire, equivale a la transformación de la energía cinética en energía de presión.
- Presión total, es la presión debida al grado de compresión del aire y a su movimiento.

Refrigeración

La refrigeración es el proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja con el fin, por ejemplo, de enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias etc.

La refrigeración se presenta en circuitos de refrigeración recirculantes abiertos y circuitos de refrigeración es recirculantes cerrados.

Circuitos de refrigeración recirculantes abiertos

Sistemas en los cuales parte del agua se recicla. Estos circuitos aprovechan el fenómeno físico del enfriamiento del fluido por una pérdida parcial del mismo. Esta pérdida se produce por evaporación, siendo lo más común en una torre de refrigeración: el agua caliente se enfría por evaporación parcial en la torre atmosférica y se envía de nuevo a los aparatos que necesitan de su refrigeración.

Se denominan “abiertos” porque el agua está en contacto con la atmósfera durante su paso por la torre de refrigeración, siendo por lo tanto el agua recirculante sometida a ciclos de calentamiento y enfriamiento sucesivos.

Circuito de refrigeración recirculantes cerrados

Son aquellos en los cuales el agua no está en contacto con la atmósfera. Su enfriamiento se realiza mediante intercambiadores de calor refrigerados mediante agua. El agua empleada en este circuito es agua bruta para enfriar el refrigerante y agua desmineralizada con aditivos para refrigerar equipos y sistemas.

1.7 La práctica de laboratorio y medición de indicadores.

Una práctica de laboratorio es una actividad que se realiza en un ambiente controlado para llevar a cabo experimentos, mediciones y observaciones con el fin de aprender y aplicar conceptos teóricos.

La formación de profesionales en el campo de las ciencias requiere de la experimentación como método de estudio para la formación de los graduados. La componente técnica investigativa, apoyada en las prácticas de laboratorio la exposición a situaciones reales de la industria dotan al graduado de conocimientos sólidos además de utilizar la práctica como vía de comprobación de los conocimientos teóricos recibidos en clases

La carrera de ingeniería mecánica requiere de un ingeniero con amplios conocimientos teóricos prácticos que solucionen problemas en la industria y entidades del territorio. Esta formación requiere desde el curriculum del ingeniero la concepción e prácticas laborales y prácticas de laboratorio que enriquezcan la formación de los graduados.

En la asignatura de refrigeración, se realizan prácticas de laboratorio para comprender los principios termodinámicos del ciclo de refrigeración por compresión de vapor y para calcular el flujo másico, trabajo, potencias y el coeficiente de rendimiento del ciclo de refrigeración. La universidad de Cienfuegos cuenta con un laboratorio especializado que permite elevar la formación del graduado a partir de la implementación de prácticas de laboratorios en diversas asignaturas de la carrera de ingeniería mecánica.

Los objetivos de estas prácticas son identificar y correlacionar los diferentes componentes del sistema de refrigeración, determinar las características de los estados termodinámicos en el sistema de refrigeración y dotar al estudiante de criterios prácticos en el campo de la ingeniería..

Conclusiones parciales.

1. Los sistemas de refrigeración, climatización y ventilación juegan un papel fundamental en el confort humano y en los procesos tecnológicos industriales actuales.
2. Los conocimientos de los profesionales graduados se fortalecen con el uso de la práctica laboral y de laboratorio como medio de formación integral de los graduados.

Capítulo 2: Laboratorio de refrigeración UCF

El capítulo II está dedicado a la caracterización del laboratorio de refrigeración de la universidad de Cienfuegos donde se desarrollan diversas prácticas de laboratorios que en la actualidad no cuentan con una guía escrita para la realización de las mismas.

2.1 Caracterización del laboratorio

La Universidad Carlos Rafael Rodríguez (UCF) cuenta con una gran amplitud, dentro de ella se encuentran varios laboratorios para realizar las prácticas de los estudiantes y así entender y aprender sobre la materia que se van a realizar sus prácticas. Uno de ellos el laboratorio de refrigeración, climatización y ventilación el cual está ubicado cerca del docente educativo. A su izquierda se encuentra la facultad de ingeniería y a su derecha con el laboratorio de resistencia de materiales. El laboratorio además de las instalaciones que se describen en lo adelante del capítulo cuenta con un aula de debate donde se discuten los resultados de las prácticas de laboratorio en tiempo real.

La siguiente foto visualiza la vista frontal del laboratorio de refrigeración de la UCF.



La figura 2.1 muestra una vista superior del área de laboratorio

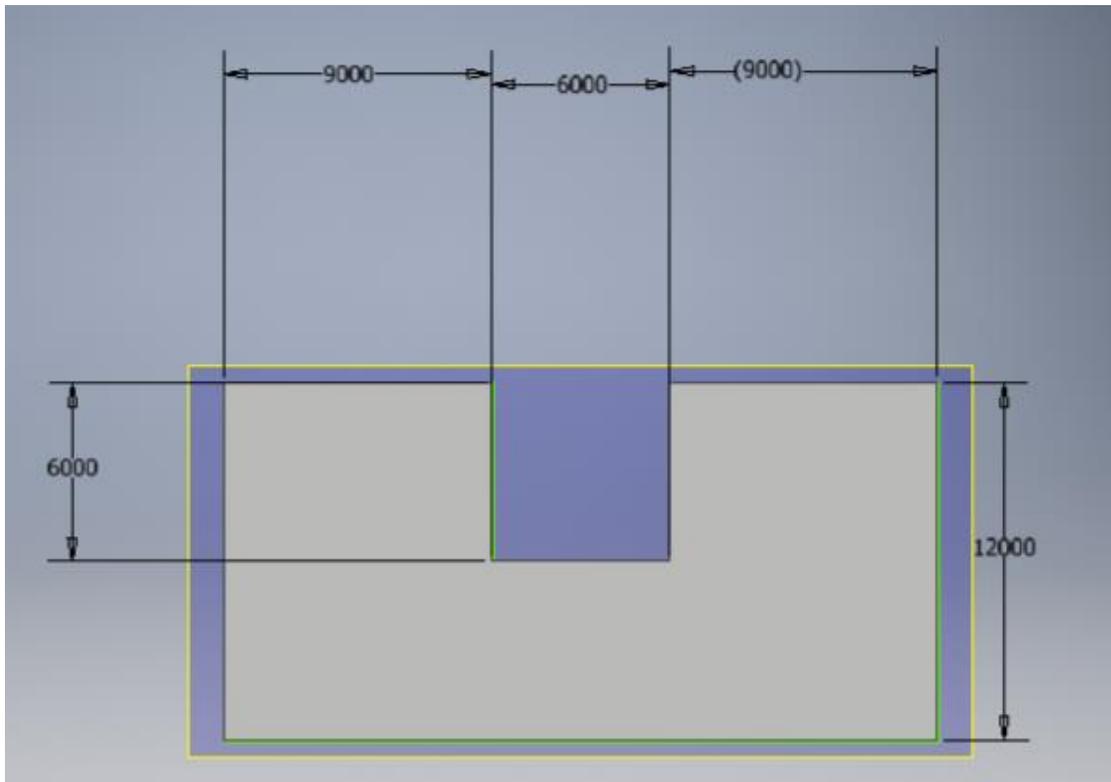


Figura 2.1 muestra una vista superior del área de laboratorio

2.2 Identificación de potencial de prácticas de laboratorio de refrigeración.

El laboratorio cuenta con varias instalaciones y equipos para realizar sus prácticas a los estudiantes de pregrado y de postgrado, además existe la posibilidad de extender el espectro de prácticas a diversas asignaturas de la carrera de ingeniería mecánica e ingeniería industrial.

Varias asignaturas que en la actualidad realizan sus prácticas en la industria pueden hacer uso del laboratorio de refrigeración como son mecánica de los fluidos, termodinámica y transferencia de calor entre otras).

2.3 Prácticas de la asignatura Refrigeración Climatización y Ventilación.

La asignatura refrigeración climatización y ventilación se imparte en el cuarto año de la carrera de ingeniería mecánica con un total de 48 horas lectivas de las cuales 10 horas se imparten como laboratorio o clases visitas.

Levantamiento del equipamiento disponible.

1-El chiller: Es un sistema de aire acondicionado que enfría agua para enviar aire a través de una UMA (Unidad Manejadora de Aire) a oficinas, centros de servicios públicos, hospitales u otros espacios privados y públicos. Este equipo puede enfriar el agua hasta 6°C y es más eficiente que una torre de enfriamiento.

Chiller Tornillo Enfriado por Aire.

La Figura 2.3 a y b muestra el Chiller del laboratorio de Refrigeración de la Universidad de Cienfuegos (UCF)



Figura 2.3a muestra el Chiller del laboratorio de Refrigeración



Figura 2.3b muestra el Chiller del laboratorio de Refrigeración

2-Trainer o entrenador de refrigeración general: El dispositivo de entrenamiento utilizado para el estudio adicional del ciclo de compresión de refrigeración común. El condensador y el ventilador del evaporador tienen ocho piezas de tubería transparente y ventilador cuya velocidad es ajustable, puede observar directamente el proceso de condensación y evaporación del refrigerante en el sistema, respuesta intuitiva en las mismas condiciones de 4 tipos de refrigerantes, cambio de refrigeración bajo diferentes dispositivos de estrangulamiento, ya través del cambio de velocidad del ventilador del efecto de transferencia de calor del condensador y evaporador, bajo diferentes condiciones de refrigeración del refrigerante.

El banco de entrenamiento tiene estructura de marco de aluminio, es conciso y firme, no solo aligera el equipo, sino que también asegura la resistencia del equipo, está equipado con 4 ruedas universales en su parte inferior, que es fácil de mover. La tubería de circulación de refrigeración se coloca en el panel de instalación, está pintada con diferentes colores en el área de alta y baja temperatura, que es fácil de observar y distinguir. El equipo está equipado con un buen sistema de protección de seguridad. Está equipado con un interruptor de protección de alta-baja presión en el ciclo de refrigeración, cuando la presión del sistema es anormal, el compresor puede dejar de funcionar inmediatamente para proteger el compresor y el sistema. Está equipado con disyuntor de fuga a tierra, parada de emergencia y protección de tierra

confiable en el circuito eléctrico, que es para garantizar la seguridad del equipo y del personal. Suministre software que pueda monitorear voltaje, corriente, frecuencia, potencia, factor de potencia, presión, flujo, etc.

La Figura 2.4 muestra el Trainer o entrenador de refrigeración general de la UCF



La Figura 2.4 muestra el Trainer o entrenador de refrigeración general de la UCF

3- Máquina para recuperar gas refrigerante (móvil y portable).

Una recuperadora de gas es un dispositivo encargado de extraer el gas de un sistema con el fin de volver a almacenarlo o reutilizarlo y no desperdiciarlo. Cotidianamente lo usan los técnicos para reparar sistemas de refrigeración como del que dispone un aire acondicionado o una nevera.

El refrigerante es removido en su condición presente y almacenada en un cilindro especializado para esta tarea; para después, reciclarse en el centro de servicio o enviado a una estación de reproceso para reutilizarlo posteriormente.

La recuperación se lleva a cabo mediante técnicas de decantación, separación o “push/pull”, con el consecuente transporte de aceite. El método de “push/pull” (aspiración / retroalimentación), se realiza empleando el vapor del cilindro como empuje al gas refrigerante líquido hacia fuera del sistema.

La Figura 2.5 a y b muestran las máquinas para recuperar gas refrigerante móvil de la UCF.



Figura 2.5 Máquina para recuperar gas refrigerante móvil de la UCF



Figura 2.5 a de una Máquina para recuperar gas refrigerante móvil de la UCF



Figura 2.5 b Máquina para recuperar gas refrigerante portable de la UCF

4-Balanza para pesaje de gas refrigerante: Dispositivo mecánico o electrónico empleado en hogares, laboratorios, empresas e industrias para determinar el peso o la masa (debido a la relación que existe entre ambas magnitudes) de un objeto o sustancia; también puede denominarse báscula en algunos casos.

Las balanzas para pesar gas están en la categoría de básculas antiexplosivas. Se fabrican con la intención de dar un máximo de seguridad. Igualmente, cuentan con mecanismos que evitan cualquier tipo de chispa o accidente al manipular gas. Son balanzas pensadas para entornos industriales.

Es un instrumento que sirve para medir la masa de los objetos por comparación con una masa conocida. Su característica más importante es que poseen muy poco margen de error, lo que las hace ideales para utilizarla en mediciones muy precisas. Se compone de un único receptor de carga (plato) donde se deposita el objeto a pesar. Una célula de carga mide la masa a partir de la fuerza (peso) ejercida por el cuerpo sobre el receptor de carga. El resultado de esa medición (indicación)

aparecerá reflejado en un dispositivo indicador. La figura 2.7 muestra la Balanza para pesaje de gas refrigerante de la UCF.



Figura 2.7 Balanza para pesaje de gas refrigerante de la UCF

2.4. Practicas de otras asignaturas de la carrera de IM (MEC. Fluidos, Transferencia de calor, Termodinámica)

1- Evaporadores de una cámara refrigerante (congelación y mantenimiento): En la refrigeración, un evaporador es el intercambiador encargado de que el refrigerante que circula en el interior del circuito frigorífico absorba la energía térmica del ambiente que posteriormente será enfriada.

El evaporador se encuentra en el interior de la cámara frigorífica y es el encargado de realizar el intercambio de calor entre los fluidos refrigerantes. Es en el evaporador donde tiene lugar el paso de la energía térmica desde un medio al otro: mientras uno de ellos se enfría, el otro se calienta y se evapora.

El evaporador es un intercambiador de calor por el que pasan un fluido por el interior y otro por el exterior a diferentes temperaturas, lo que permite un intercambio de energía desde el fluido con temperatura más elevada al de temperatura más baja.

Figura 2.8 de un Evaporadores de una cámara refrigerante (congelación y mantenimiento) UCF



Figura 2.8 de un Evaporadores de la cámara de refrigeración UCF



Figura 2.9 cámara refrigerante

2- Puesto de trabajo (Unidades condensadoras con sus equipos): Una unidad condensadora (CDU, por sus siglas en inglés) es un aparato que se usa en los sistemas de refrigeración para condensar y llevar de estado gaseoso a líquido la sustancia refrigerante que circula en su interior.

Básicamente un condensador es un dispositivo capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico. Está formado por dos armaduras metálicas paralelas (generalmente de aluminio) separadas por un material dieléctrico. con una cierta separación, en cuyo caso se dice que el dieléctrico es el aire.

La figura 2.10 muestra la imagen de las unidades condensadoras con sus equipos de la UCF y puertos de mediciones para el acople de instrumentos de medición.



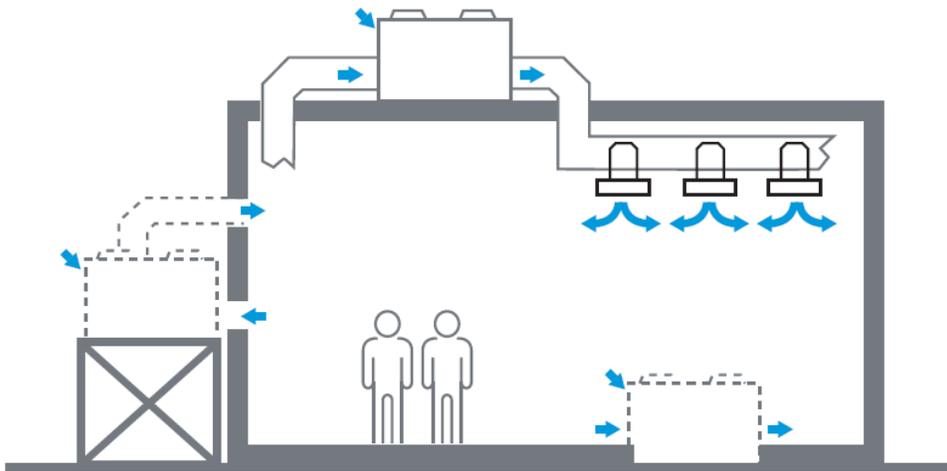
3- Sistema de climatización: Los sistemas de climatización son dispositivos mecánicos que son capaces de modificar la temperatura, la humedad, y la circulación y pureza del aire para establecer un confort térmico y una buena salubridad del aire.

Tipos de sistemas de climatización

- Por expansión directa.
- Por expansión indirecta. También existen otros sistemas como:

- Aerotermia.
- Sistemas complementarios.

Ejemplo de un sistema de climatización. La figura 2.11 muestra la imagen del sistema de climatización ventilación del laboratorio de refrigeración de la universidad de Cienfuegos



La figura 2.11 muestra la imagen del sistema de climatización ventilación del aula del taller de refrigeración de la UCF



4- Unidad condensadora de congelación y de mantenimiento: La unidad condensadora es un sistema de enfriamiento o aire acondicionado que puede funcionar para enfriar ambientes o cámaras frigoríficas.

Una unidad condensadora (CDU, por sus siglas en inglés) es un aparato que se usa en los sistemas de refrigeración para condensar y llevar de estado gaseoso a líquido la sustancia refrigerante que circula en su interior.

Básicamente un condensador es un dispositivo capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico. Está formado por dos armaduras metálicas paralelas

(generalmente de aluminio) separadas por un material dieléctrico con una cierta separación, en cuyo caso se dice que el dieléctrico es el aire.

Es el componente del sistema en el que se condensa el refrigerante mediante la transferencia de calor hacia el ambiente. También se produce el sub enfriamiento del refrigerante. Se clasifican según: el fluido que enfría el condensador, su construcción, el régimen de movimiento del aire.

Las siguientes imágenes pertenecen a las unidades condensadoras de congelación y de mantenimiento de la cámara mostrada anteriormente en la figura 2.9



5- Bomba de vacío: La bomba de vacío es un equipo mecánico diseñado para extraer gases o líquidos del interior de recipientes o sistemas, mediante el trasiego de los gases/fluidos que contienen. Este flujo genera una diferencia de presión

medida en relación a la presión atmosférica o con referencia a un punto de trabajo concreto.

La Figura 2.12 muestra la bomba de vacío



Figura 2.12 bomba de vacío

Conclusiones parciales.

1. El laboratorio de refrigeración de la universidad de Cienfuegos consta con un amplio parque de equipamiento que le permite desarrollar actividades prácticas experimentales.
2. Además de la asignatura de refrigeración otras asignaturas de la carrera como son mecánica de fluidos termodinámica técnica y transferencia de calor pueden utilizar dicho equipamiento para montar sus prácticas de laboratorio.

Capítulo 3

Este capítulo se dedica a la confección de las guías para la realización de las prácticas de laboratorios en los diversos equipos mostrados anteriormente tanto para la asignatura de refrigeración y climatización como para otras asignaturas de la carrera de ingeniería mecánica e industrial

3.1 Guías de Refrigeración Asignatura Refrigeración, Climatización y Ventilación.

Practica 1

Tema I: Introducción

Título: Identificación y recuperación de refrigerantes en un sistema.

Objetivo 1: Identificar el tipo de refrigerante presente en un sistema de refrigeración o recipiente (bala).

Objetivo 2: recuperar el refrigerante de un sistema de refrigeración.

Orientaciones para la práctica.

Para la identificación y recuperación de refrigerantes en un sistema, se deben seguir ciertas orientaciones y prácticas recomendadas. A continuación, se presentan algunas de ellas:

Identificación de refrigerantes: Es importante conocer el tipo de refrigerante que se está utilizando en el sistema, ya que cada uno tiene características y propiedades diferentes. Para identificar el refrigerante, se pueden utilizar etiquetas, manuales de servicio, o herramientas de diagnóstico

Recuperación de refrigerantes: La recuperación de refrigerantes es un proceso importante para evitar la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Durante este proceso, el refrigerante es removido del sistema en forma de vapor, utilizando la fuerza bombeadora de la máquina

. Es importante seguir las prácticas recomendadas para la recuperación, como cambiar el aceite del compresor después de la recuperación de un sistema quemado, o antes de la recuperación de un refrigerante diferente

Reciclado de refrigerantes: El reciclado de refrigerantes es un proceso que permite limpiar y volver a utilizar los refrigerantes. Durante este proceso, se remueve el aceite, ácido, humedad, contaminantes sólidos y aire, para poder limpiar el refrigerante utilizado

Es importante contar con una estación de reciclado para el sitio de trabajo, que sea capaz de realizar este proceso de manera adecuada

Prácticas responsables: Es importante seguir prácticas responsables en el manejo de refrigerantes, para proteger el medio ambiente y la salud humana. Algunas de estas prácticas incluyen el uso de herramientas y equipos adecuados, la eliminación adecuada de refrigerantes usados, y el cumplimiento de las regulaciones y normas aplicables.

En resumen, para la identificación y recuperación de refrigerantes en un sistema, se deben seguir prácticas recomendadas y responsables, que permitan proteger el medio ambiente y la salud humana. Es importante conocer el tipo de refrigerante que se está utilizando, y seguir las prácticas recomendadas para la recuperación y el reciclado de refrigerantes.

Descripción.

La identificación y recuperación de refrigerantes en un sistema es un proceso importante para proteger el medio ambiente y la salud humana. A continuación, se describen los pasos necesarios para llevar a cabo este proceso:

Identificación de refrigerantes: Es importante conocer el tipo de refrigerante que se está utilizando en el sistema, ya que cada uno tiene características y propiedades diferentes. Para identificar el refrigerante, se pueden utilizar etiquetas, manuales de servicio, o herramientas de diagnóstico

Recuperación de refrigerantes: La recuperación de refrigerantes es un proceso que implica remover el refrigerante del sistema en forma de vapor, utilizando la fuerza bombadora de la máquina

Durante este proceso, se extrae el refrigerante del sistema para ser almacenado, reciclado, regenerado o transportado

Es importante seguir las prácticas recomendadas para la recuperación, como cambiar el aceite del compresor después de la recuperación de un sistema quemado, o antes de la recuperación de un refrigerante diferente

Reciclado de refrigerantes: El reciclado de refrigerantes es un proceso que permite limpiar y volver a utilizar los refrigerantes. Durante este proceso, se remueve el aceite, ácido, humedad, contaminantes sólidos y aire, para poder limpiar el refrigerante utilizado

Es importante contar con una estación de reciclado para el sitio de trabajo, que sea capaz de realizar este proceso de manera adecuada

Prácticas responsables: Es importante seguir prácticas responsables en el manejo de refrigerantes, para proteger el medio ambiente y la salud humana. Algunas de estas prácticas incluyen el uso de herramientas y equipos adecuados, la eliminación adecuada de refrigerantes usados, y el cumplimiento de las regulaciones y normas aplicables

En conclusión, la identificación y recuperación de refrigerantes en un sistema es un proceso importante que debe ser llevado a cabo de manera responsable y adecuada. Es importante conocer el tipo de refrigerante que se está utilizando,

seguir las prácticas recomendadas para la recuperación y el reciclado de refrigerantes, y seguir prácticas responsables en el manejo de refrigerantes.

Equipamiento necesario.

- Manómetros de refrigeración para distintos tipos de refrigerante.
- Termómetro digital
- Cilindros de refrigerantes
- Carta de presión contra temperaturas de distintos refrigerantes
- Máquina de recuperar refrigerantes
- Escala digital.
- Llaves para el ajuste y desajuste de las tapas de servicio de las instalaciones.
- Cilindros para recuperación de refrigerante
- Bomba de realizar vacío

Bibliografía.

- Libro de texto.
- Recursos complementarios instalados en la plataforma Moodle.

Practica 1

Técnica de operación.

Se conformarán equipos de 4 estudiantes rotando por 2 puestos de trabajo.

Puesto 1. (Técnico de laboratorio)

Descripción de las herramientas y métodos de medición en dos instalaciones de refrigeración del laboratorio. En este caso se utilizarán las neveras de mantenimiento situadas al fondo del laboratorio.

(El técnico de laboratorio presenta la instrumentación a utilizar y su funcionamiento detallado).

- Con ayuda del técnico de laboratorio se conectan los manómetros de refrigeración a una instalación en estado de reposo y se lee la presión manométrica.

- Con ayuda del termómetro digital se registra la temperatura del espacio donde se realizando las prácticas.
- Una vez tomada la presión dentro de los sistemas se procede a la comparación de la temperatura del espacio medida con la temperatura de saturación del refrigerante y se identifica por medio de la carta de presión temperatura cual refrigerante corresponde con la temperatura del espacio. Queda de esta manera identificada el refrigerante dentro del sistema.

Nota. Este procedimiento se le puede realizar a cilindros de refrigeración en estado de reposo que contengan refrigerantes recuperados y se desconozca la identidad.

Puesto II recuperación de refrigerante. (Profesor de la asignatura)

- Se conforma el otro grupo de 4 estudiantes.
- Se conectan los manómetros de refrigeración a una nevera de de las instalaciones mostradas en la figura 2.6
- Se realiza el proceso de vacio al cilindro de recuperar el refrigerante con ayuda de la bomba de vacio para facilitar el proceso y evitar la presencia de humedad en el refrigerante extraído.
- Se conecta la máquina de recuperar refrigerante por medio de una manquera de refrigeración de 6mm de diámetro al cilindro receptor de refrigerante.
- Con la ayuda de la balanza se determina la cantidad de refrigerante recuperado del sistema.
- El proceso de carga del sistema se realiza desde el cilindro de recuperación directamente al sistema original previamente en vacio.
- Arranca el sistema hasta que se introduzca la carga recuperada sin ventilar refrigerantes al medio ambiente.

Indicaciones para el informe.

Los equipos deben presentar un informe al profesor con los resultados de los indicadores determinados y que tenga la siguiente estructura:

1. Participantes (4)
2. Título de la practica

3. Asignatura, Tema.
4. Descripción de la instalación
5. Herramientas y fórmulas utilizadas
6. Resultados.
7. Conclusiones

Asignatura **Refrigeración, Climatización y Ventilación.**

Práctica 2.

Tema II: Ciclo por compresión de vapor.

Título: Determinación de indicadores energético del ciclo por compresión de vapor.

Orientaciones para la práctica.

Los estudiantes deben haber recibido los contenidos teóricos relativos al funcionamiento del ciclo de refrigeración por compresión de vapor y dominar el trabajo con el diagrama termodinámico Presión vs Entalpia y el uso de las tablas termodinámicas de presión contra Temperatura.

Descripción. Se utilizará la instalación (**Trainer**) ubicada en el laboratorio de refrigeración de la universidad funcionando con R 134a y dotada de manómetros de presión que le permite a los estudiantes tomar las mediciones del funcionamiento del ciclo.

Equipamiento necesario.

Medidor de consumo (hookon)

Termómetro para medir temperatura ambiente y termopares para tomar mediciones de temperatura en las líneas.

Carta de presión temperatura.

Diagrama de Mollier para R 134a.

Bibliografía.

Libro de texto.

Recursos complementarios instalados en la plataforma Moodle.

Técnica de operación.

Se conformaran equipos de 4 estudiantes rotando por 2 puestos de trabajo.

Puesto 1.(técnico de laboratorio)

Descripción de las herramientas y métodos de medición en el **trainer**

(El técnico de laboratorio presenta la instrumentación a utilizar y su funcionamiento detallado)

Puesto II (trainer. (Profesor de la asignatura) ejecución de las mediciones reales del ciclo real de refrigeración.

Determinación de las temperaturas presiones de succión y descarga del refrigerante en(PSI)

Medición del consumo del compresor (**Amperes**)

Medición de la temperatura ambiente (**Grados Celsius**).

Medición de la temperatura del gas a la entrada de la válvula de expansión para determinar su enfriamiento del gas con ayuda del termopar.

Técnica operatoria.

- El profesor conjuntamente con el técnico de laboratorio pone el trainer en funcionamiento.
- Un estudiante del grupo realiza la toma de temperatura ambiente
- Los demás estudiantes toman las lecturas de presión en el trainer y los valores de temperaturas de salida del aire a la salida del evaporador.
- Los grupos de estudiantes rotan por los dos puestos de trabajo hasta completar las mediciones.
- Auxiliándose del diagrama de Mollier se plantean los valores obtenidos y se traza el ciclo standard y ciclo real.

- Determinación de los indicadores de Calor rechazado en el condensador, Calor absorbido en el evaporador, Trabajo realizado por el compresor, Efecto refrigerante y COP del ciclo.

Indicaciones para el informe.

Los equipos deben presentar un informe al profesor con los resultados de los indicadores determinados y que tenga la siguiente estructura:

1. Participantes (4)
2. Título de la practica
3. Asignatura, Tema.
4. Descripción de la instalación
5. Herramientas y fórmulas utilizadas
6. Valores obtenidos.
7. Conclusiones

Tema II: ciclo por compresión de vapor

Título: Determinación parámetros de operación de una instalación real

Objetivo: Cargar refrigerante en un sistema de refrigeración (Cámara de refrigeración)

Orientaciones para la práctica.

Medición de parámetros con el manómetro

Instalación de la bomba de vacío para crear el vacío y luego de este proceso de llenado del refrigerante

Instalar la maquina recuperadora de refrigerante para la extracción y el llenado del equipo

Descripción y consideraciones generales

Las bombas de vacío son equipos mecánicos diseñados para extraer gases o líquidos del interior de recipientes o sistemas, mediante el trasiego de los gases/fluidos que contienen. En un laboratorio, las bombas de vacío pueden tener diferentes objetivos y aplicaciones, como la eliminación de moléculas de gas de un volumen sellado, la remoción de sustancias no deseadas en un producto, sistema o proceso, o la creación de un ambiente de vacío para experimentos o procesos específicos.

Un manómetro de refrigeración es un dispositivo utilizado para medir la presión en un sistema de refrigeración. Para utilizar un manómetro de refrigeración, se requiere de cierto equipamiento especializado, como un manómetro de refrigeración, mangueras de refrigeración, adaptadores, y gafas de seguridad. Es importante utilizar este equipamiento de acuerdo a las prácticas recomendadas, para proteger el medio ambiente y la salud humana.

Equipamiento necesario.

Para la carga de un sistema de refrigeración, se requiere de cierto equipamiento especializado. A continuación, se presentan algunos de los equipos necesarios:

Refrigerante: El refrigerante es el fluido utilizado en el sistema de refrigeración para transferir calor. Es importante utilizar el tipo de refrigerante adecuado para el sistema de refrigeración, y seguir las prácticas recomendadas para su carga.

Manómetro de refrigeración: Un manómetro de refrigeración es un dispositivo utilizado para medir la presión en un sistema de refrigeración. Este dispositivo es importante para determinar la cantidad de refrigerante que se debe cargar en el sistema.

Mangueras de refrigeración: Las mangueras de refrigeración son utilizadas para conectar el manómetro de refrigeración al sistema de refrigeración. Estas mangueras deben ser de alta calidad y estar diseñadas para soportar la presión del refrigerante.

Adaptadores: Los adaptadores son utilizados para conectar las mangueras de refrigeración al sistema de refrigeración. Estos adaptadores deben ser compatibles con el tipo de sistema de refrigeración que se está utilizando.

Cilindros de refrigerante: Los cilindros de refrigerante son utilizados para almacenar y transportar el refrigerante. Es importante utilizar cilindros de refrigerante de alta calidad y seguir las prácticas recomendadas para su manejo.

Bomba de vacío: La bomba de vacío es utilizada para eliminar el aire y la humedad del sistema de refrigeración antes de cargar el refrigerante. Es importante utilizar una bomba de vacío adecuada para el tamaño del sistema de refrigeración.

En resumen, para la carga de un sistema de refrigeración, se requiere de cierto equipamiento especializado, como refrigerante, manómetro de refrigeración, mangueras de refrigeración, adaptadores, cilindros de refrigerante, y bomba de vacío. Es importante utilizar este equipamiento de acuerdo a las prácticas recomendadas, para proteger el medio ambiente y la salud humana.

Bibliografía.

Libro de texto.

Recursos complementarios en google.

Cargado de sistema

La carga de un sistema de refrigeración es un proceso importante que debe ser llevado a cabo de manera adecuada. A continuación, se presentan algunas técnicas operatorias recomendadas para la carga de un sistema de refrigeración:

Planificación preliminar: Antes de cargar el sistema de refrigeración, es importante realizar una planificación preliminar para determinar la cantidad de refrigerante necesaria para garantizar un funcionamiento adecuado. Esta planificación debe tener en cuenta el tamaño del sistema de refrigeración y las características del refrigerante utilizado.

Conexión de los equipos: Una vez que se ha determinado la cantidad de refrigerante necesaria, se deben conectar los equipos necesarios para la carga, como el manómetro de refrigeración, las mangueras de refrigeración, y los adaptadores. Es importante asegurarse de que los equipos estén en buenas condiciones y sean compatibles con el sistema de refrigeración.

Eliminación de aire y humedad: Antes de cargar el refrigerante, es importante eliminar el aire y la humedad del sistema de refrigeración. Para ello, se utiliza una bomba de vacío, que debe ser adecuada para el tamaño del sistema de refrigeración.

Carga de refrigerante: Una vez que se ha eliminado el aire y la humedad del sistema de refrigeración, se puede proceder a la carga de refrigerante. Es importante seguir las prácticas recomendadas para la carga de refrigerante, y utilizar la cantidad adecuada de refrigerante para el sistema de refrigeración.

Verificación de la carga: Después de cargar el refrigerante, es importante verificar la carga del sistema de refrigeración utilizando el manómetro de refrigeración. Si la carga es insuficiente o excesiva, se deben realizar ajustes para garantizar un funcionamiento adecuado.

En resumen, la carga de un sistema de refrigeración es un proceso importante que debe ser llevado a cabo de manera adecuada. Es importante realizar una planificación preliminar, conectar los equipos necesarios, eliminar el aire y la humedad del sistema de refrigeración, cargar el refrigerante de acuerdo a las prácticas recomendadas, y verificar la carga del sistema de refrigeración.

Equipamiento necesario.

- Manómetros de refrigeración para distintos tipos de refrigerante.
- Termómetro digital
- Cilindros de refrigerantes
- Carta de presión contra temperaturas de distintos refrigerantes
- Máquina de recuperar refrigerantes

- Escala digital.
- Llaves para el ajuste y desajuste de las tapas de servicio de las instalaciones.
- Cilindros para recuperación de refrigerante
- Bomba de realizar vacío

Técnica de operación.

Se conformarán equipos de 4 a 6 estudiantes

Puesto 1. (Técnico de laboratorio y el profesor de la asignatura)

Técnica de operación

- Conexión de los manómetros de refrigeración con ayuda de las llaves de ajustes y accesorios necesarios.
- Se conecta la bomba de realizar vacío, previamente se considera que no existe refrigerante dentro de la cámara y que fue evacuado con ayuda de una máquina de recuperar refrigerante como se describe en la práctica # 2.
- El proceso de carga del sistema se realiza desde el cilindro de recuperación directamente al sistema original previamente en vacío.
- Situar el cilindro en la posición de líquido y cargarlo de forma lenta. Se trata de R 404a que es una mezcla refrigerante y no un refrigerante puro como R-134a
- Arranca el sistema hasta que se introduzca la carga recuperada sin ventilar refrigerantes al medio ambiente.
- Se leen y registran las presiones de succión y de descarga una vez que el sistema esté en funcionamiento de forma estable.
- La cámara del laboratorio consta de dos evaporadores uno de congelación con R-404 y uno de mantenimiento con R 134a. Para esta práctica en específico se efectuará la carga con R404a que se utiliza para sistemas de congelación.
- Una vez obtenidos los parámetros de funcionamiento se pueden plantear en un diagrama de Mollier para obtener indicadores reales como en la práctica #

2

Indicaciones para el informe.

Los equipos deben presentar un informe al profesor con los resultados de los indicadores determinados y que tenga la siguiente estructura:

8. Participantes (4)
9. Título de la practica
10. Asignatura, Tema.
11. Descripción de la instalación
12. Herramientas y fórmulas utilizadas
13. Resultados.
14. Conclusiones

Práctica 4

Título: Determinación de parámetros en el sistema de agua fría. (Chiller)

Objetivo. Determinar la carga térmica de enfriamiento agua helada del agua

Orientaciones para la práctica.

Aspectos previos importantes.

Conocimiento del sistema: Es importante conocer el sistema de agua fría y el chiller utilizado, para poder realizar una práctica adecuada. Es importante conocer las características del chiller, como su capacidad de enfriamiento, y las características del sistema de agua fría, como la temperatura del agua.

Mantenimiento del chiller: Es importante realizar un mantenimiento adecuado del chiller, para garantizar su funcionamiento adecuado. Esto incluye la limpieza de los filtros, la verificación de las conexiones eléctricas, y la verificación de la carga de refrigerante.

Verificación de la carga de refrigerante: Es importante verificar la carga de refrigerante en el chiller, para garantizar su funcionamiento adecuado. Esto se puede hacer utilizando un manómetro de refrigeración, y siguiendo las prácticas recomendadas para la carga de refrigerante.

Verificación de la temperatura del agua: Es importante verificar la temperatura del agua en el sistema de agua fría, para garantizar su funcionamiento adecuado. Esto se puede hacer utilizando un termómetro, y siguiendo las prácticas recomendadas para la carga de agua.

Verificación de la presión del agua: Es importante verificar la presión del agua en el sistema de agua fría, para garantizar su funcionamiento adecuado. Esto se puede hacer utilizando un manómetro, y siguiendo las prácticas recomendadas para la carga de agua.

Descripción.

Descripción del Chiller:

La figura 2.3 a muestra la imagen del chiller del laboratorio de refrigeración. Es una instalación con dos circuitos donde en el circuito primario o de refrigeración se efectúa el ciclo por compresión de vapor a partir del uso de refrigerante R-22. El evaporador de este sistema es de tubo y carcasa donde se realiza el intercambio entre el refrigerante y el agua que entra a temperatura ambiente y sale al 6 grados hacia los fan coils.

Un sistema que simula aproximadamente lo que sucede en sistemas de climatización centralizados por agua helada a flujo constante.

Consta con una bomba de circulación de agua fría y un medidor de flujo ubicado en las tuberías de impulsión de agua.

Esta instalación permite realizar variaciones del flujo de agua fría y medir las fluctuaciones en las temperaturas del agua helada y temperaturas del aire ambiente.

En dependencia del interés de la asignatura que realice la práctica se ejecutará las técnicas de operación y el montaje de la misma.

Tiene las potencialidades para ejecutar prácticas de asignaturas como mecánica de fluido, termodinámica técnica y transferencia de calor y refrigeración.

Este caso particular se ocupará del desarrollo de la práctica de variación de la carga térmica del agua helada.

Equipamiento necesario.

Sistema de refrigeración R-22 integrado al Sistema de agua fría en su conjunto es el llamado chiller

Para la práctica de un chiller en un sistema de agua fría, se requiere de cierto equipamiento especializado. A continuación, se presentan algunos de los equipos necesarios:

Chiller: El chiller es el equipo principal utilizado para enfriar el agua en el sistema de agua fría. Este equipo puede enfriar el agua hasta cierta temperatura, dependiendo de su capacidad de enfriamiento.

Manómetro de refrigeración: Un manómetro de refrigeración es un dispositivo utilizado para medir la presión en un sistema de refrigeración. Este dispositivo es importante para determinar la cantidad de refrigerante que se debe cargar en el chiller.

Mangueras de refrigeración: Las mangueras de refrigeración son utilizadas para conectar el manómetro de refrigeración al chiller. Estas mangueras deben ser de alta calidad y estar diseñadas para soportar la presión del refrigerante.

Adaptadores: Los adaptadores son utilizados para conectar las mangueras de refrigeración al chiller. Estos adaptadores deben ser compatibles con el tipo de chiller que se está utilizando.

Refrigerante: El refrigerante es el fluido utilizado en el chiller para transferir calor. Es importante utilizar el tipo de refrigerante adecuado para el chiller, y seguir las prácticas recomendadas para su carga.

Bomba de agua: La bomba de agua es utilizada para mover el agua a través del sistema de agua fría.

Equipamiento necesario.

- Manómetros de refrigeración para distintos tipos de refrigerante.
- Termómetro digital para medir temperatura del aire
- Termopares para medir temperaturas del agua a la entrada y salida del chiller
- Medidor de flujo de agua fría
- Carta de presión contra temperaturas de distintos refrigerantes
- Llaves para el ajuste y desajuste de las tapas de servicio de las instalaciones.

Técnica de operación.

Se conformaran equipos de 4 a 6 estudiantes situados en las áreas del chiller

Puesto 1. (Técnico de laboratorio)

Descripción de las herramientas y métodos de medición en el chiller del laboratorio de refrigeración. En este caso se utilizarán dos equipos situados en los extremos del chiller. El grupo 1 conectará los manómetros de refrigeración al sistema primario de R-22 y anotara las fluctuaciones de los mismos a medida que el equipo numero dos se encarga de variar manual mente el flujo de agua fría que sale del chiller.

(El técnico de laboratorio y el profesor presenta la instrumentación a utilizar y su funcionamiento detallado).

- Con ayuda del técnico de laboratorio se conectan los manómetros de refrigeración la de R-22
- Con ayuda del termómetro digital se registra la temperatura del espacio donde está ubicado el chiller
- Registrar la temperatura inicial del agua. en grados Celsius
- Poner en funcionamiento el chillers con sus fan coils

- Registrar el flujo agua fría que está manejando la bomba de circulación del circuito secundario.
- Esperar espacios de tiempo de 3 minutos y registrar temperatura de salidas del agua en el chiller.
- Se tomaran también las temperaturas de entrada y salida del aire en los fans coils.
- Registrar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración.
- Repetir las mediciones para otros valores de flujo graduando el flujómetro instalado en las tuberías de agua helada.

Indicaciones para el informe.

Con ayuda de la ecuación de transferencia de calor sensible se podrá terminar la carga térmica de los fluidos agua fría

$$Q = \text{Flujo de agua Fría} \times C_p \times \Delta t \text{ del agua fría} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Asumiendo que el calor absorbido por el aire es igual en teoría al cedido por el agua fría pues se determina la carga térmica del aire.

De esta manera el estudiante tiene una idea de comparación acerca de qué local pudiera climatizar con un chiller de esa capacidad en términos de carga térmicas de climatización

Los equipos deben presentar un informe al profesor con los resultados de los indicadores determinados y que tenga la siguiente estructura:

1. Participantes (4)
2. Título de la practica
3. Asignatura, Tema.
4. Descripción de la instalación
5. Herramientas y fórmulas utilizadas
6. Resultados.
7. Conclusiones

Bibliografía.

Libro de texto.

Recursos complementarios en google.

Indicaciones para el informe.

Los equipos deben presentar un informe al profesor con los resultados de los indicadores determinados y que tenga la siguiente estructura:

1. Participantes (4)
2. Título de la practica
3. Asignatura, Tema.
4. Descripción de la instalación
5. Herramientas y fórmulas utilizadas
6. Valores obtenidos.
7. Conclusiones

Practica 5.

Título: Sistema de climatización y ventilación.

El aula del laboratorio de refrigeración se encuentra climatizada por un sistema de refrigeración de juna capacidad de 5 toneladas de refrigeración con capacidad de 25 personas. El sistema consta de una manejadora de aire y un sistema de distribución por conductos dotado de 4 boquillas de distribución del aire para garantizar el confort en el local.

Objetivo: Determinar los parámetros del aire en un sistema de climatización y ventilación del aula de refrigeración

Equipamiento necesario

- Medidor de humedad relativa o psicrómetro
- Medidor de temperatura o termómetro
- Medidor de flujo de aire
- Manómetros de refrigeración
- Carta psicrométrica

Técnica operatoria

- Poner en funcionamiento el sistema de climatización.
- Medir temperatura de bulbo seco y humedad relativa del exterior del aire
- Medir temperatura de bulbo seco y humedad relativa del aire interior del local
- Medir flujo de aire en la salida de los conductos.
- Registrar los parámetros del sistema de refrigeración,
- Con ayuda de la carta psicrométrica se determina la cantidad de calor o diferencia de entalpía del aire exterior así como la cantidad de agua que extrae el sistema (**Utilizar ecuaciones estudiadas en termodinámica técnica**).

Descripción.

Un sistema de climatización y ventilación es un conjunto de equipos y dispositivos que se utilizan para controlar la temperatura, humedad y calidad del aire en un espacio cerrado. A continuación, se presentan algunos de los equipos y dispositivos necesarios para un sistema de climatización y ventilación:

Ventiladores: Los ventiladores son utilizados para mover el aire a través del sistema de ventilación. Estos ventiladores pueden ser de diferentes tamaños y capacidades, dependiendo del tamaño del espacio y la cantidad de aire que se necesita mover.

Filtros de aire: Los filtros de aire son utilizados para purificar el aire que se mueve a través del sistema de ventilación. Estos filtros pueden ser de diferentes tipos y tamaños, dependiendo de la calidad del aire que se desea obtener.

Indicaciones para el informe.

Los equipos deben presentar un informe al profesor con los resultados de los indicadores determinados y que tenga la siguiente estructura:

1. Participantes (4)
2. Título de la práctica
3. Asignatura, Tema.
4. Descripción de la instalación

5. Herramientas y fórmulas utilizadas
6. Valores obtenidos.
7. Conclusiones

Conclusiones Capítulo III.

1. Las instalaciones del laboratorio de refrigeración permiten la ejecución de prácticas de laboratorios directamente relacionadas con la carrera de ingeniería mecánica.
2. Las guías propuestas permiten el desarrollo de las prácticas de laboratorio de forma organizada y dotan a estudiantes y profesores de un documento para la planificación y ejecución de las mismas.

Conclusiones generales

1. El laboratorio de refrigeración de la universidad de Cienfuegos posee las potencialidades necesarias para a partir de la organización de las prácticas de laboratorios dotar a los estudiantes de habilidades y conocimientos prácticos en las asignaturas de refrigeración, termodinámica técnica y transferencia de calor.
2. Se elaboraron las guías para la realización de varias prácticas siguiendo una estructura homogénea y aprovechando las características de cada instalación real enriqueciendo la componente de laboratorio en la formación del ingeniero mecánico que se gradúa en la universidad de Cienfuegos.
3. La guía de prácticas elaborada constituye una herramienta metodológica para la enseñanza de la ingeniería explotando instalaciones que hasta el momento no se utilizan en su totalidad con fines docentes.



Recomendaciones

Explorar tanto en el laboratorio de refrigeración como en otras áreas de la facultad la posibilidad de incrementar la componente práctica de laboratorios.

Bibliografía

Fernando Gutiérrez Muñoz. (2011). *Acta Médica Peruana*.

Integración de las TIC's en el Taller de Instalaciones (MROMARA 961). (2020). *TIPOS DE REFRIGERANTES, APLICACIONES Y TENDENCIAS DE MERCADO*.
<https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/conectandoima/author/mromara961/>

Teresa Martín & Ana Serrano. (2014). *Curso de física básica*.
<https://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/default.htm>