



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**TÍTULO**

Prueba del funcionamiento y elaboración de guías para prácticas de taller en la unidad de aire acondicionado A660 y la unidad de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso 808 (para la asignatura de Refrigeración y Aire Acondicionado) perteneciente al laboratorio de Plantas Térmicas de la Facultad de Tecnología de la Industria en el Recinto Pedro Arauz Palacios, Universidad Nacional de Ingeniería.

**AUTORES**

- Br. Carlos José Quiroz Álvarez
- Br. Luis David Morales González
- Br. Carlos José Tapia González

**TUTOR**

- MSc. Mario de Jesús García

**Managua, 01 de Febrero de 2022**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo monográfico lo dedico primeramente a Dios, a mis padres Carlos y Martha ya que son el principal pilar en mi vida y me enseñaron a valorar el amor, esfuerzo y comprensión que siempre me brindaron, a mis hermanas Hazel y Karla que me apoyaron y motivaron con sus consejos durante esta etapa de preparación.

**Carlos José Quiroz Alvarez**

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi abuela por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por su amor, trabajo y sacrificio en todos los años, muchos de mis logros se lo debo a mi madre entre los que se incluye este.

A las personas que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto como profesional y como ser humano, que me apoyaron y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

**Luis David Morales González**

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto; por haberme dado salud, ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos. Agradezco a mi madre inmensamente por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por su empeño y ejemplo para lograr una etapa más en mi vida.

**Carlos José Tapia González**

## **RESUMEN**

En este documento se presenta las guías para la realización de los laboratorios de la asignatura de refrigeración y aire acondicionado la cual es impartida a los estudiantes de Ingeniería Mecánica en el taller de Plantas Térmicas comenzando en el marco teórico con la descripción de conceptos generales acerca de refrigeración y aire acondicionado y las unidades de laboratorio de aire acondicionado A660 y la unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso R808, partes que las componen, también se abordan criterios básicos acerca del uso y mantenimiento.

Posterior a esto se llevó a cabo una descripción y un diagnóstico del estado en que se encuentran la unidad de laboratorio de aire acondicionado A660 y la unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso R808.

Se muestra un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para cada una de las unidades de laboratorio antes mencionadas tomando en cuenta las especificaciones brindadas por el fabricante.

# INDICE

## Contenido

|        |   |    |
|--------|---|----|
| I.     | INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| II.    | ANTECEDENTES .....  | 2  |
| III.   | JUSTIFICACIÓN .....   | 3  |
| IV.    | OBJETIVOS .....   | 4  |
| V.     | MARCO TEÓRICO .....   | 5  |
|        | CAPITULO I .....  | 5  |
| 1.1.   | UNIDAD DE LABORATORIO DE AIRE ACONDICIONADO A660 .....  | 5  |
| 1.1.1. | INTRODUCCIÓN .....  | 5  |
| 1.1.2. | Esquema pictórico de la unidad de laboratorio de aire acondicionado a660 .  | 7  |
| 1.2.   | UNIDAD DE LABORATORIO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO DE CICLO INVERSO R808.....  | 8  |
| 1.2.1. | INTRODUCCION .....  | 8  |
| 1.2.2. | Esquema pictórico de la unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso R808.....                      | 9  |
|        | CAPITULO II .....   | 10 |
| 2.1.   | Descripción del funcionamiento general de la unidad de laboratorio de aire acondicionado A660 .....                                 | 10 |
| 2.2.   | Descripción del funcionamiento general de la unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso 808 ..... | 12 |
| 2.2.1. | Funcionamiento normal .....   | 12 |
| 2.2.2. | Condensador enfriado por agua .....   | 12 |
| 2.2.3. | Condensador enfriado por aire .....   | 12 |
| 2.2.4. | Evaporador de aire forzado.....   | 13 |
| 2.2.5. | Evaporador de convección.....   | 14 |
| 2.2.6. | Operación de ciclo inverso .....  | 14 |
|        | CAPITULO III.....   | 16 |
| 3.1.   | Diagnóstico del funcionamiento de la unidad de refrigeración y aire acondicionado A660 .....  | 16 |
| 3.2.   | Diagnóstico del funcionamiento de la unidad de ciclo inverso R808 .....   | 18 |
|        | CAPITULO IV .....   | 20 |

|   |    |
|---|----|
| 4.1. GUÍA DE ESTUDIO PARA LA UNIDAD DE LABORATORIO DE AIRE ACONDICIONADO A660 .....                                 | 20 |
| 4.1.1. Objetivo General .....   | 20 |
| 4.1.2. Objetivos Específicos .....  | 20 |
| 4.1.3. Metas.....   | 20 |
| 4.1.4. Contenidos Principales .....   | 20 |
| 4.1.5. Organización de los grupos de trabajo.....   | 20 |
| 4.1.6. Evaluación .....   | 20 |
| 4.1.7. Medidas de seguridad .....   | 21 |
| GUIA #1: ESTUDIO DE LA PERDIDA DE CALOR Y CALCULO DE VOLUMEN Y CALOR ESPECIFICO DEL AIRE .....                      | 22 |
| 4.1.8. Indicaciones para la realización del informe.....  | 29 |
| 4.2. GUIA DE ESTUDIO PARA LA UNIDAD DE LABORATORIO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO DE CICLO INVERSO R808..... | 30 |
| 4.2.1. Objetivo general .....   | 30 |
| 4.2.2. Objetivos específicos.....   | 30 |
| 4.2.3. Metas.....   | 30 |
| 4.2.4. Contenidos principales.....  | 30 |
| 4.2.5. Organización de los grupos de trabajo.....   | 30 |
| 4.2.6. Evaluación .....   | 30 |
| 4.2.7. Medidas de seguridad .....   | 31 |
| GUIA #2: ESTUDIO DE CAIDA DE PRESION/TEMPERATURA Y USO DE MANOMETROS.....   | 32 |
| 4.2.8. Indicaciones para la realización del informe.....  | 35 |
| CAPITULO V .....  | 36 |
| 5.1. Mantenimiento para la unidad de laboratorio de aire acondicionado A660 .....                                   | 36 |
| 5.1.2. Rutina mensual .....   | 36 |
| 5.1.3. Rutina cuatrimestral .....   | 37 |
| 5.2. Mantenimiento para la unidad de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso R808.....                  | 39 |
| 5.2.1. Mantenimiento General.....   | 39 |
| 5.2.2. Durante cada practica efectuada.....   | 40 |
| 5.2.3. Cada mes .....   | 40 |

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| 5.2.4.              | Todos los años .....                               | 41 |
| 8.7.5.              | Cada tres años .....                               | 41 |
| CAPITULO VI .....   |  | 43 |
| 6.1.                | Diseño Metodológico .....                          | 43 |
| 6.1.1.              | Ubicación geográfica del proyecto .....            | 43 |
| 6.1.2.              | Tipo de Investigación .....                        | 43 |
| 6.1.3.              | Diseño de la investigación.....                    | 44 |
| 6.1.4.              | Tipo de población .....                            | 44 |
| 6.1.5.              | Método de Investigación. ....                      | 44 |
| 6.1.6.              | Técnicas e Instrumentos de Redacción de Datos..... | 45 |
| 6.1.7.              | Instrumentos de recolección de datos.....          | 45 |
| 6.1.8.              | Técnica para el procesamiento de información ..... | 45 |
| CAPITULO VII .....  |  | 46 |
| 7.1.                | RECOMENDACIONES .....                              | 46 |
| CAPITULO VIII ..... |  | 47 |
| 8.1.                | CONCLUSIONES .....                                 | 47 |
| CAPITULO IX .....   |  | 48 |
| 9.1.                | BIBLIOGRAFÍA.....                                  | 48 |
| CAPITULO X .....    |  | 49 |
| 10.1.               | ANEXOS .....                                       | 49 |
|                     | .....  | 50 |
|                     | .....  | 53 |

## **I. INTRODUCCIÓN**

Nicaragua cuenta con diferentes universidades tanto privadas como públicas entre las que se encuentra la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). La UNI se divide en varios recintos los cuales son el Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB), Recinto Pedro Arauz Palacios (RUPAP), Recinto Universitario Augusto C. Sandino (RUACS), Recinto Universitario Región Central y el Instituto de estudios superiores (IES).

Algunas de las carreras que son impartidas en los diferentes recintos reciben prácticas de laboratorios en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios, quien cuenta con diferentes laboratorios para que los estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería realicen prácticas de la teoría recibida en las aulas de clase.

El laboratorio de Plantas Térmicas que pertenece a la Facultad de Tecnología de la Industria del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP), tiene a su disposición equipos simuladores para que realicen prácticas los estudiantes en especial los que cursan la carrera de Ingeniería Mecánica que es impartida en el RUPAP.

Los equipos que se encuentran en el laboratorio son principalmente para realizar las prácticas de la asignatura de refrigeración y aire acondicionado ya que en ellos se realizan estudios del comportamiento del acondicionamiento del aire, actualmente cuenta con 5 bancos de unidades simuladores de aire acondicionado de los cuales dos se utilizan para realizar estas prácticas.

El presente documento está enfocado en realizar guías de estudio practico para realizar pruebas de dos bancos de unidades simuladores debido a que requiere de guías para realizar prácticas en estas unidades.

## **II. ANTECEDENTES**

En los últimos años el cuerpo docente del departamento de energética de la Facultad de Tecnología de la Industria de la Universidad Nacional de Ingeniería ha hecho un esfuerzo para mejorar las asignaturas de Refrigeración y Aire Acondicionado y Plantas Térmicas impartida a estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica.

La Facultad de Tecnología de la Industria cuenta con un programa de evaluación en donde las prácticas de laboratorio tienen un 30% de la nota final obtenida en el semestre, cada práctica de laboratorio está planificada para 2 horas o dependiendo la asignatura se divide la hora para la práctica de laboratorio.

La Universidad Nacional de Ingeniería trabaja arduamente en la potencialización de todos sus laboratorios, se ha incorporado plan de acción para los laboratorios, programas como buenas prácticas, agencia centroamericana de acreditación de programas de arquitectura y de ingeniería (ACCAI), pruebas de riesgos y gestión ambiental de laboratorios, con el fin de contar con un espacio adecuado, fortalecido y con un respaldo de todos los sistemas de gestión.

La Facultad de Tecnología de la Industria tiene el laboratorio de plantas térmicas, como todo laboratorio tiene que contar con guías para realizar prácticas, la unidad de laboratorio de aire acondicionado A660 y la unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso 808 son dos simuladores que están ubicado en este laboratorio las cuales carecen de guías.

Para poder obtener la acreditación es importante la ergonomía, la seguridad y poder lograr una mayor comodidad para el estudiante.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La Facultad de Tecnología de la Industria del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios de la Universidad Nacional de Ingeniería, efectúa prácticas de laboratorio en el taller de plantas térmicas, este tiene a su disposición 5 bancos de unidades de aire acondicionado, de los cuales solo se hacen las prácticas en dos de ellos, por eso el motivo de nuestro tema es hacer las pruebas de funcionamiento en estas dos unidades con la elaboración de las guías con el apoyo de los manuales de los equipos y así mismo establecerlas para que un futuro sean de uso a las nuevas generaciones de estudiantes de ingeniería mecánica.

Además, se pretende proponer un plan de mantenimiento planificado tanto preventivo como correctivo con el fin de que los equipos estén a la disposición al momento de realizar las clases prácticas.

De esta manera se beneficiarán los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica fortaleciendo el proceso enseñanza – aprendizaje en la asignatura refrigeración y aire acondicionado teniendo una idea más exacta del comportamiento del flujo de aire, la humectación de vapor, el enfriamiento y deshumectación de refrigeración de expansión directa y el recalentamiento de estas unidades siguiendo las normas establecidas.

#### **IV. OBJETIVOS**

##### **a. Objetivo General.**

Proponer el uso de los equipos de aire acondicionado A660 y aire acondicionado de ciclo inverso 808 mediante las guías prácticas para el fortalecimiento del proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de refrigeración y aire acondicionado impartida a los estudiantes de Ingeniería Mecánica.

##### **b. Objetivos Específicos.**

1. Describir el funcionamiento de los equipos para dar buen uso conforme las instrucciones dadas.
2. Mostrar un diagnóstico verificando la manera en que estén funcionando los equipos durante las prácticas.
3. Elaborar guías de estudio para las prácticas de laboratorio a través de la estructura de la agencia centroamericana de acreditación de arquitectura y de ingeniería (ACAAI).
4. Proponer un plan de mantenimiento preventivo/correctivo para la disponibilidad de los equipos cuando sea necesario.

## **V. MARCO TEÓRICO**

### **CAPITULO I**

#### **1.1. UNIDAD DE LABORATORIO DE AIRE ACONDICIONADO A660**

##### **1.1.1. INTRODUCCIÓN**

La unidad de laboratorio de aire acondicionado A660 permite investigar en la práctica el recirculamiento del aire usado en un sistema de aire acondicionado.

Cuando se utiliza adecuadamente, esto reduce los requisitos de energía para obtener las condiciones deseadas ya sea en un cuarto frío o edificio.

El aire recirculado puede contener polvo, microorganismos, partículas de humo (de los cigarrillos) y olores indeseables.

Aunque los accesorios de aire acondicionado estándar pueden eliminar partículas más grandes, no es normal que sean capaces de eliminar microorganismos, olores y partículas muy pequeñas. Por lo tanto, durante un período de tiempo, las condiciones en el edificio se deterioran hasta el punto en que los ocupantes se ven afectados físicamente.

El A660 permite investigar la termodinámica del proceso de mezcla y recirculación para diferentes relaciones de recirculación.

Aquí dos ventiladores hacen circular aire dentro del sistema, uno pasa aire al sistema y otra descarga aire del sistema.

La relación de aire recirculado a aire recirculado se controla mediante una combinación de reguladores de control de volumen ajustables y / o la velocidad del ventilador.

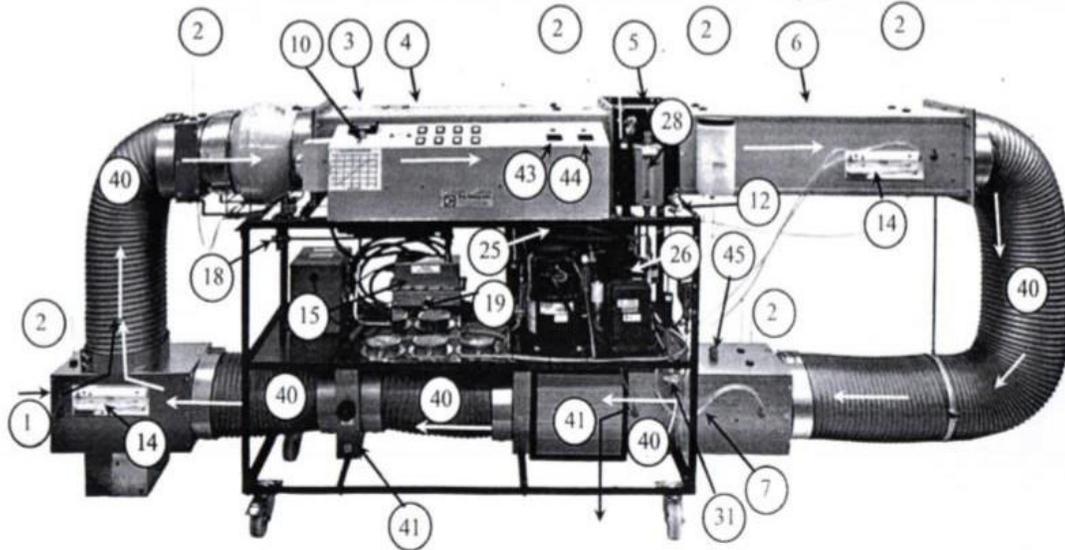
La adición del conducto de recirculación a la unidad A660 establece un sistema similar, pero usando un ventilador y una compuerta.

El control de volumen cuando está cerrado hace que todo el flujo de aire se descargue del conducto.

Cuando la compuerta de control de volumen está completamente abierta, la resistencia al flujo de aire causada por el orificio de entrada de aire fresco hace que la mayor parte del flujo de aire sea recirculado.

Al ajustar la compuerta de control de volumen a posiciones intermedias, también se puede ajustar la relación entre aire recirculado y aire fresco.

## 1.1.2. Esquema pictórico de la unidad de laboratorio de aire acondicionado a660



1. Entrada de aire
2. Estaciones de temperatura húmeda y seca
3. Inyector de vapor
4. Precalentadores
5. Evaporador.
6. Recalentadores
7. Orificio
8. Aire tratado
9. Ventilador
10. Control de velocidad del ventilador
11. Presión del evaporador
12. Válvula de expansión termostática
13. Válvula de parada
14. Manómetro inclinado
15. Tanque generador de vapor
16. Control de nivel de agua
17. Válvula de solenoide
18. Entrada de agua
19. Vista
20. Viento
21. Calentadores de agua
22. Desbordamiento para drenar
23. Medición de condensado
24. Compresor
25. Condensador de aire
26. Receptor de líquido
27. Presión de entrada del condensador
28. Caudalímetro de refrigerante
29. Presión de salida del condensador
30. Filtro / secador
31. Válvula de drenaje del tanque del generador de vapor

### **KIT DE ACTUALIZACIÓN DE TEMPERATURA**

32. Selector de 15 vías
33. Indicador de temperatura digital

### **KIT DE ACTUALIZACIÓN VINCULADO A LA COMPUTADORA**

34. Enlace serial RS232 a PC
35. Registrador de datos
36. Entradas de transductor
37. Transductor de presión de refrigerante
38. Transductor de flujo de refrigerante
39. Transductor de presión diferencial de aire

### **KIT DE CONDUCTO DE RECIRCULACIÓN DE AIRE**

40. Secciones de conductos
41. Cansada
42. Control de volumen

### **KIT DE ACTUALIZACIÓN DE CONTROL PID**

43. Controlador PID - humedad% RH
44. Regulador PID - temperatura ° C
45. Sonda combinada% HR / temperatura
46. Interruptor selector de control manual / PID
47. Enlace serial RS485 a pc

### **CÁMARA AMBIENTAL A660**

48. Cámara ambiental

## **1.2. UNIDAD DE LABORATORIO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO DE CICLO INVERSO R808**

### **1.2.1. INTRODUCCION**

La unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso 808 fue diseñada específicamente para los estudiantes que reciben la asignatura de refrigeración y aire acondicionado. La unidad utiliza componentes que son mostrados teóricamente en el aula de clase y que serán mostrados en la práctica de laboratorio en esta unidad que les servirá para instalar y dar mantenimiento a equipos de refrigeración y aire acondicionado. No está equipado con una gran cantidad de instrumentación, cuenta con un manómetro de alta y baja presión para mayor comodidad.

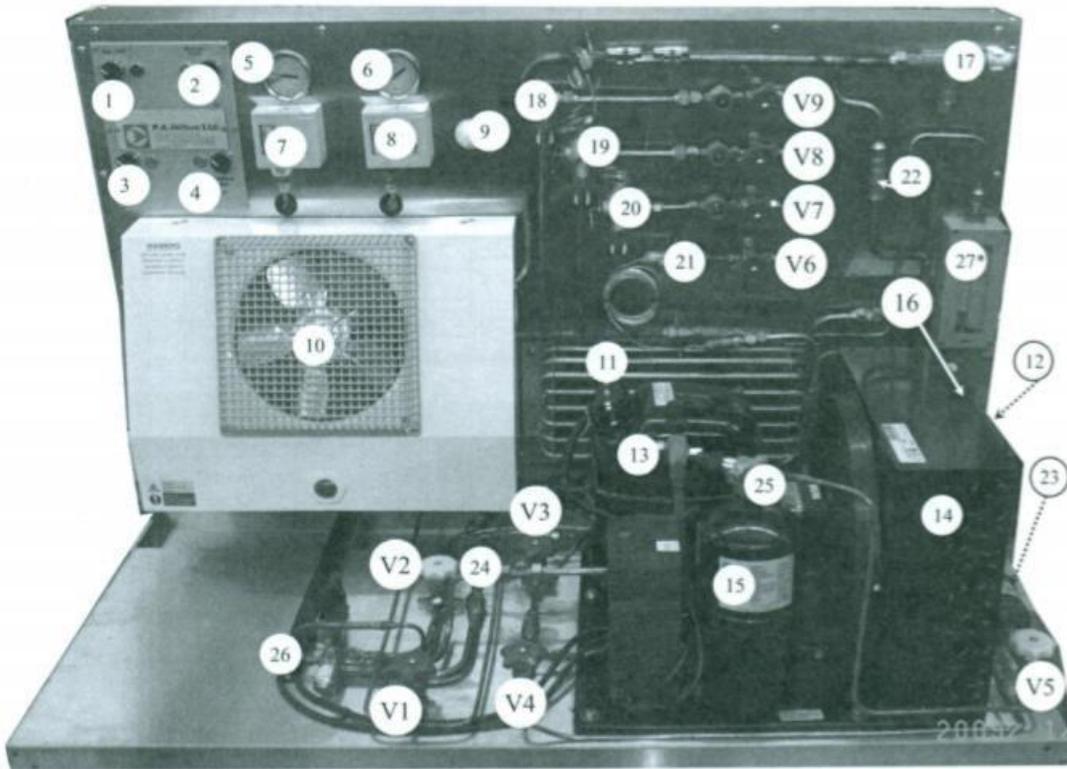
Esta unidad utiliza dos condensadores uno que es enfriado por aire y otro que es enfriado por agua, también cuenta con la operación de ciclo inverso que es para descongelación del evaporador y aire acondicionado reversible (bombas de calor).

Tiene una serie de válvulas manuales que permiten el aislamiento de partes del circuito y la selección de 4 tipos diferentes de dispositivos de expansión.

Se instalan dos evaporadores diferentes, uno es un evaporador forzado típico (impulsado por ventilador) y el otro utiliza convección natural.

Un regulador de presión de succión permite a los estudiantes ver el uso de dos evaporadores, en un compresor, con los evaporadores funcionando a diferentes presiones (y por lo tanto temperaturas). Esto se logra con el uso de un regulador de presión de succión en el evaporador de aire forzado.

## 1.2.2. Esquema pictórico de la unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso R808



1. Interruptor principal
2. Interruptor de ciclo inverso
3. Interruptor del ventilador del evaporador
4. Interruptor del ventilador del condensador
5. Medidor LP
6. Medidor de HP
7. Conmutador LP
8. Conmutador HP
9. Termostato
10. Evaporador de aire forzado
11. Evaporador de convección
12. Condensador refrigerado por agua
13. Compresor hermético
14. Condensador enfriado por aire

15. Receptor de líquido
16. Control de presión del condensador enfriado por agua
17. Regulador de presión del evaporador de aire forzado
18. Válvula de expansión automática (presión constante)
19. TEV ecualizado externamente
20. VET con ecualización interna
21. Tubo capilar
22. Válvula de retención
23. Filtro secador
24. Válvula de servicio de succión
25. Válvula de servicio de líquidos
26. Válvula de inversión
27. \* Medidor de flujo (opcional)

### VÁLVULAS DE MANO

- VI. Descarga a la válvula de inversión (26)
- V2. Descarga al condensador enfriado por aire (14)
- V3. Entre condensador (14) y receptor (15)
- V4. Descarga del condensador refrigerado por agua (12)
- V5. Línea de líquido principal
- V6. Dispositivo de expansión capilar
- V7. TEV ecualizado interno
- V8. TEV ecualizado externo
- V9. Válvula automática (presión de contenido)

## **CAPITULO II**

### **2.1. Descripción del funcionamiento general de la unidad de laboratorio de aire acondicionado A660**

Con la excepción de la filtración y la mezcla, la Unidad de Laboratorio de Aire Acondicionado A660 ha sido diseñada para demostrar y evaluar las transferencias de energía que ocurren en todos los procesos que son requerido en una planta de aire acondicionado.

La unidad está montada sobre un bastidor móvil que alberga la unidad de refrigeración y el generador de vapor.

1. El aire sin tratar que ingresa a los conductos pasa en serie a través
2. Un ventilador radial de flujo axial con control de velocidad.
3. Se puede agregar vapor mediante un inyector de vapor después de la descarga del ventilador.
4. Un precalentador.
5. Un enfriador / deshumidificador con una salida de agua de precipitado.
6. Aire calentador.
7. Un orificio de conducto de medición de aire y un manómetro.

La disposición de un precalentador antes del evaporador / serpentín de enfriamiento no es aire acondicionado estándar práctica, pero el calentador se ha incluido en este punto cerca del inyector de vapor para un propósito de la enseñanza.

Si la humedad relativa local está cerca de la saturación, la inyección de vapor simplemente puede resultar en el conducto corriendo con agua ya que el aire no puede absorber más vapor que el requerido para saturarlo en el tiempo dado temperatura de bulbo seco.

La adición de calor sensible y vapor eleva la temperatura de bulbo seco y toma el aire lejos de la condición saturada a una Humedad Relativa más baja.

De manera similar, la ubicación de la inyección de vapor antes del evaporador / serpentín de enfriamiento no es normal para el aire acondicionamiento donde se

requiere control de la humedad. Esto generalmente se ubicaría después del evaporador / serpentín de enfriamiento. Sin embargo, en lugares donde la humedad relativa es muy baja, la capacidad demostrar el proceso de deshumidificación sería imposible. Por lo tanto, inyectando vapor antes del evaporador / serpentín de enfriamiento, la humedad relativa del aire entrante se puede elevar cerca de saturación para que se pueda demostrar la deshumidificación y el proceso de transferencia de masa.

Con la disposición física descrita anteriormente y mediante la selección de los calentadores individuales. Vapor sistema de inyección y refrigeración / enfriamiento, los siguientes datos pueden obtenerse fácilmente:

- a) El estado del aire antes y después de los diversos procesos (a través de bulbo húmedo y seco sensores).
- b) La tasa de transferencia de energía en cada calentador, caldera, ventilador y unidad de refrigeración.
- c) Caudales máscicos de aire.
- d) Presiones y temperaturas del refrigerante.
- e) Caudal máscico de refrigerante.
- f) La generación de un diagrama de ciclo de refrigeración en una tabla de presión-entalpía para el refrigerante en uso. El análisis de las transferencias de energía en el sistema de refrigeración.
- g) Tasa de precipitación a temperatura más fría.

Esta información, combinada con el uso de tablas o gráficos de aire y refrigerante. habilita al operador demostrar y evaluar todos los efectos susceptibles de producirse en una Planta de Aire Acondicionado. La unidad es también un vehículo excelente para demostrar las transferencias de energía en procesos constantes ahora, ya que incluye calefacción. refrigeración y transferencia de trabajo (en el ventilador).

## **2.2. Descripción del funcionamiento general de la unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso 808**

La unidad de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso 808 tiene una unidad de condensación hermética que consta de un compresor hermético combinado, un condensador enfriado por aire y un depósito de líquido.

El interruptor principal enciende el compresor y los ventiladores siempre que el interruptor del ventilador del evaporador y el interruptor del ventilador del condensador estén en la posición de encendido. Los interruptores tienen luces indicadoras.

### **2.2.1. Funcionamiento normal**

La unidad funcionará en modo normal (evaporadores fríos) condensadores calientes con el interruptor de ciclo de inversión apagado. Para operar la unidad es necesario establecer ciertas válvulas manuales abiertas o cerradas. Los detalles de estas condiciones se dan en los diversos ejercicios.

### **2.2.2. Condensador enfriado por agua**

Cuando el compresor está en funcionamiento, el gas se descarga a alta presión desde el compresor y pasa a la válvula manual V1. Si esto está cerrado y la válvula V2 también está cerrada, el gas fluirá al condensador enfriado por agua. Suponiendo que el agua fluye a través del condensador, esto enfría y condensa el gas caliente, que regresa a través de la válvula V4 (la válvula está abierta) al depósito de líquido. El gas en el receptor está en estado líquido a alta presión. Consulte la presión del manómetro HP.

### **2.2.3. Condensador enfriado por aire**

Si el condensador enfriado por agua no está en uso, la válvula V4 está cerrada, las válvulas V1 y V2 están abiertas. El gas caliente pasa a través de la válvula de inversión al condensador enfriado por aire. El calor se expulsa al aire y el gas se enfría y se condensa a líquido antes de pasar al depósito de líquido. El gas en el receptor está en estado líquido a alta presión. Consulte la presión del manómetro HP.

#### **2.2.4. Evaporador de aire forzado**

Si la válvula V5 está cerrada, el líquido a alta presión se acumulará en el depósito de líquido y no continuará. Esta es la situación que se utilizaría en una unidad industrial al bombear la carga al receptor con fines de mantenimiento.

Suponiendo que la válvula V5 esté abierta, el líquido fluirá hacia arriba a través del filtro secador hacia las válvulas de aislamiento V6 a V9. Normalmente, las válvulas V7 a V9 se abren solo una a la vez. La válvula V6 se abre solo si se utiliza el evaporador de convección.

Si se abre la válvula V7, el líquido fluye hacia la VET ecualizada internamente y luego hacia el evaporador de aire forzado.

Si se abre la válvula V8, el líquido fluye hacia la VET ecualizada externamente y luego hacia el evaporador de aire forzado.

Si se abre la válvula V9, el líquido fluye a la válvula automática (presión constante) y luego al evaporador de aire forzado.

Dentro del evaporador de aire forzado, el gas líquido se expande y hierve absorbiendo el calor del entorno y enfriando el aire que pasa a través de él. El gas sale del evaporador y pasa al regulador de presión del evaporador de aire forzado. Esto se puede ajustar (retire la tapa del extremo e inserte una llave hexagonal adecuada para limitar la presión mínima que el compresor puede extraer sobre el evaporador de aire forzado. Esto limitará la temperatura más baja que puede alcanzar el evaporador. La válvula de retención se detiene gas sin pasar por el regulador de presión del evaporador durante el funcionamiento normal. La válvula de retención permite que el gas fluya cuando la unidad se opera en ciclo inverso ya que el flujo de gas está en la dirección opuesta. Después de salir del regulador de presión del evaporador el gas fluye de regreso al otro lado del 7 válvula de inversión y luego a la succión del compresor a través de la válvula de servicio.

### **2.2.5. Evaporador de convección**

Si la válvula V6 también está abierta, algo de líquido puede entrar en el tubo capilar y luego expandirse al evaporador de convección. Si se usa simultáneamente con uno de los otros dispositivos de expansión y el evaporador de aire forzado. El regulador de presión del evaporador de aire forzado se puede utilizar para controlar la presión mínima de funcionamiento del evaporador de aire forzado mientras que el evaporador de convección funciona a una presión y, por tanto, a una temperatura mucho más baja. Este es un ejemplo de funcionamiento de dos evaporadores a diferentes presiones en un solo compresor.

### **2.2.6. Operación de ciclo inverso**

Para la operación de ciclo inverso, el interruptor de ciclo inverso está encendido. Se escuchará un clic en la válvula de inversión.

Consulte el ejemplo de esquema de funcionamiento del ciclo inverso en la página 3. En este caso, el gas caliente sale del compresor y pasa a la válvula de inversión. Se supone que las válvulas V1, V2, V3 y V5 están abiertas y la válvula V4 cerrada (el condensador enfriado por agua no está en uso). El gas caliente fluye hasta la válvula de retención en sentido opuesto a lo normal y por tanto pasa a través de la válvula de retención hacia el evaporador de aire forzado. En este caso, con el ventilador del evaporador en funcionamiento, ahora actúa como un condensador. Y enfría el gas antes de condensarlo a líquido.

Si el evaporador está helado (con agua), esto descongelará el evaporador (derretirá el agua) y este es un método que se usa con frecuencia en los sistemas comerciales para este propósito.

El gas líquido condensado sale del evaporador de aire forzado (II) a alta presión y pasa al filtro-secador en sentido contrario al normal. El líquido pasa a la válvula de expansión montada en el condensador enfriado por aire y se expande a través de la válvula abierta V3 hacia el condensador enfriado por aire. El condensador enfriado por aire ahora funciona como un evaporador y toma calor del aire para hervir el líquido en expansión de nuevo a gas. El gas expandido sale del

condensador enfriado por aire a través de la válvula abierta V2 al otro lado de la válvula inversora. El gas vuelve al compresor a través de la válvula de servicio de succión.

## CAPITULO III

### 3.1. Diagnóstico del funcionamiento de la unidad de refrigeración y aire acondicionado A660



En la unidad de laboratorio de aire acondicionado A660 se realizó el diagnóstico del funcionamiento, en el cual se determinaron las siguientes fallas:

- Ductos desacoplados
- Sondas de temperatura desconectadas
- Fuga en el sistema
- Unidad de suministro de aire dañada
- Sondas de ambientes desconectadas

Se recomienda realizar lo siguiente:

- Regular y ajustar flujo metro de refrigerante
- Mantenimiento de fusibles de seguridad
- Mantenimiento general de equipo
- Revisar capacitores de marcha
- Ajustar terminales de acople

- Calibrar manómetros de alta y baja presión
- Reparar sistema de drenaje
- Carga de refrigerante

Nota: este informe técnico se sugiere realizar a lo inmediato para poder alargar la vida útil de cada uno de ellos y puedan operar en óptimas condiciones.

### 3.2. Diagnóstico del funcionamiento de la unidad de ciclo inverso R808



Se realizó un diagnóstico del funcionamiento de la unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso R808 encontrándose las siguientes fallas que mencionamos a continuación:

- Fuga en el sistema
- Mal ajuste de las válvulas de expansión termostática
- Dispositivo de seguridad mal ajustados (presostatos de alta y baja presión)
- Condensadora incrustada de polvo (aumentando la condensación y una alta temperatura)
- Presión de succión muy baja provocando que el equipo salga de funcionamiento

Se recomienda lo siguiente para que la unidad de laboratorio al momento del uso para las prácticas esté en condiciones para su uso.

- Realizar mantenimiento a componentes eléctricos
- Desarmar y lubricar motores fans
- Instalar un control de temperatura en el evaporador
- Reparar conexión de toma de agua para realizar de la prueba de ciclo inverso

Nota: este informe técnico se sugiere realizar a lo inmediato para poder alargar la vida útil de cada uno de ellos y puedan operar en óptimas condiciones.

## **CAPITULO IV**

### **4.1. GUÍA DE ESTUDIO PARA LA UNIDAD DE LABORATORIO DE AIRE ACONDICIONADO A660**

#### **4.1.1. Objetivo General**

Investigar el recirculamiento del aire usado en un sistema de aire acondicionado mediante la unidad de aire acondicionado A660.

#### **4.1.2. Objetivos Específicos**

- Calcular pérdida de calor en el componente de la unidad de aire acondicionado A660 llamada caldera.
- Demostrar el cálculo del volumen específico, calor específico y caudal del aire.

#### **4.1.3. Metas**

- Los estudiantes obtendrán la capacidad para poder determinar una pérdida de calor en una caldera.
- Los estudiantes también podrán calcular el volumen específico del aire, así como podrán calcular tanto el calor específico y el caudal del aire.

#### **4.1.4. Contenidos Principales**

1. Pérdida de calor de la caldera
2. Volumen específico del aire
3. Calor específico del aire
4. Caudal del aire

#### **4.1.5. Organización de los grupos de trabajo**

Para realizar las prácticas de laboratorio se formarán grupos de 5 máximo 6 estudiantes.

#### **4.1.6. Evaluación**

La evaluación de la práctica será valorada:

- a) 10 puntos realización y entrega del informe de la práctica.
- b) 5 puntos de asistencia.

#### **4.1.7. Medidas de seguridad**

- Guantes
- Gafas
- Gabacha

El refrigerante el cual se utilizará para esta clase de laboratorio es el R134a.

- El refrigerante R134a, en común con todos los refrigerantes de hidrofluorocarbono, es básicamente seguro. Es tóxico y no inflamable. Sin embargo, pueden surgir circunstancias en las que el refrigerante se convierta en un peligro para la salud.
- Una gran concentración de refrigerante en un espacio confinado puede reemplazar el aire y el oxígeno vital, lo que resulta en asfixia.
- Cuando se expone a una llama o una superficie al rojo vivo, el refrigerante se descompondrá y se desprenderán gases tóxicos.
- El refrigerante líquido en contacto directo con la piel puede causar quemaduras graves.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE  
TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA

**GUIA #1: ESTUDIO DE LA PERDIDA DE CALOR Y CALCULO DE  
VOLUMEN Y CALOR ESPECIFICO DEL AIRE**

LABORATORIO DE PLANTAS TERMICAS

UNIDAD DE UNIDAD DE LABORATORIO AIRE ACONDICIONADO  
A660

**DESARROLLO DE LA PRACTICA**

**1. DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CALOR DE LA CALDERA**

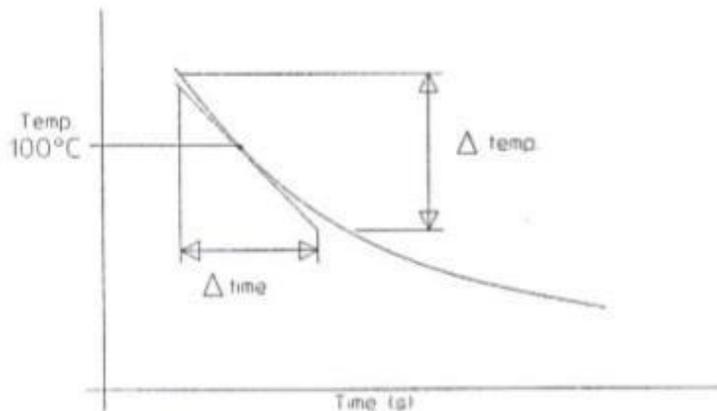
Pegue un termopar en la superficie exterior de la caldera aproximadamente a la mitad de la profundidad del agua.

Encienda los calentadores y suba la temperatura del agua a 100 ° C

Apague los elementos calefactores y luego observe, a intervalos

- ✓ La temperatura indicada por el termopar
- ✓ El tiempo
- ✓ La temperatura ambiente

Dibuje una gráfica de temperatura/tiempo, y a partir de esto estime la tasa de enfriamiento. cuando la temperatura es de 100 ° C



A partir de las dimensiones de la caldera, calcule la masa de agua presente ( $m_w$ ). El equivalente de agua ( $m_e$ ) de la caldera es de 0,54 kg.

$$\text{Tasa de pérdida de calor de la caldera } Q = (m_w + m_e) \times 4180 \left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right) W$$

Esto es a una diferencia de temperatura de  $(100 - t_a)K$

$$\text{Por lo tanto } Q = (m_w + m_e) \times 4180 \left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right) \frac{W}{K} \text{ a } 100^\circ \text{ C}$$

Normalmente, para la caldera  $\frac{Q}{\Delta t}$

## 2. DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CALOR ESPECÍFICA ( $C_p$ ) DEL AIRE

Una vez encendida la unidad establezca un valor conveniente de flujo de aire y cambie los precalentadores para proporcionar un calentamiento a 2 kW (nominal).

Haga las siguientes observaciones:

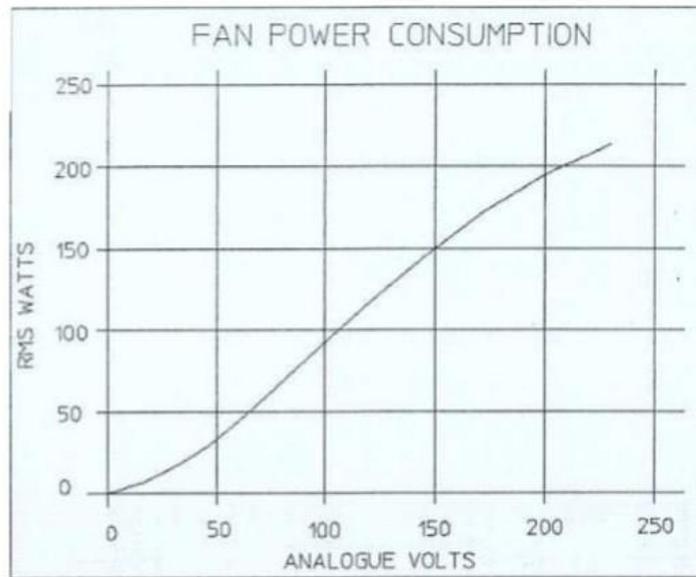
- Temperatura de bulbo seco en la entrada del ventilador  $t_1 = 20.5\text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura de bulbo seco después del precalentamiento  $t_3 = 45.0\text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura de bulbo seco después del recalentamiento  $t_7 = 33.0\text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura de bulbo húmedo después del recalentamiento  $t_8 = 17.3\text{ }^\circ\text{C}$
- Presión diferencial del orificio  $Z = 4\text{ mm H}_2\text{O}$
- Voltaje de suministro  $V_L = 110\text{V}$
- Voltaje de suministro del ventilador  $V_F = 110\text{V}$
- Presión atmosférica 1010 mbar

**Nota:** Las observaciones se deben realizar en la hoja de observación adjunta.

Calcule:

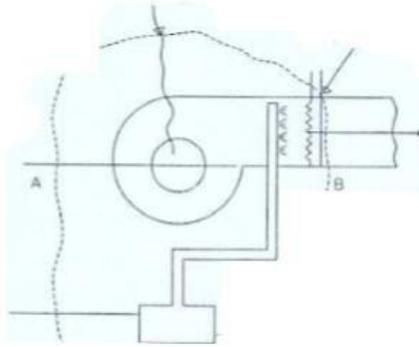
- Volumen específico de aire en el orificio (de la carta psicométrica tener en cuenta la temperatura de bulbo seco después del recalentamiento y la temperatura de bulbo húmedo después del recalentamiento)
- Calcular el volumen específico sabiendo que la humedad relativa es demasiado baja hasta un 18% utilizando la siguiente ecuación del gas  $v = \frac{RT}{p}$

La diferencia entre los dos valores se debe a que se ignora el contenido de humedad del aire. Haciendo uso de la curva de potencia del ventilador, como se muestra en la siguiente figura, a una tensión de alimentación del ventilador de 110 voltios, el ventilador la potencia es de aproximadamente 100 watts.



- Caudal másico de aire

Aplique la ecuación de energía de flujo constante entre las estaciones A y B



$$\text{potencia del ventilador} + Q_p = \dot{m}_a (h_B + h_A)$$

Tenga en cuenta que entre A y B no hay cambio de humedad (ósea no hay inyección de vapor) entonces la ecuación sería

$$\dot{m}_a C_{\text{paire}} (t_{Bd} - t_{Ad})$$

$$\dot{m}_a C_{\text{paire}} (t_3 - t_1)$$

$$C_{\text{paire}} = \frac{\text{Potencia del Ventilador} + Q_p}{\dot{m}_a (t_3 - t_1)}$$

| PRUEBA DE REFERENCIA                                  |  |        |          | 1          | 2 | 3 | 4 |  |
|---|--|--------|----------|------------|---|---|---|--|
| A   | Aire en la entrada del ventilador                | Seco   | $t_1$    | °C         |   |   |   |  |
|   |  | Húmedo | $t_2$    | °C         |   |   |   |  |
| B   | Después de precalentamiento o inyección de vapor | Seco   | $t_3$    | °C         |   |   |   |  |
|   |  | Húmedo | $t_4$    | °C         |   |   |   |  |
| C   | Después de enfriar / deshumidificar              | Seco   | $t_5$    | °C         |   |   |   |  |
|   |  | Húmedo | $t_6$    | °C         |   |   |   |  |
| D   | Después de recalentar                            | Seco   | $t_7$    | °C         |   |   |   |  |
|   |  | Húmedo | $t_8$    | °C         |   |   |   |  |
| Salida del evaporador                                 |  |        | $t_{13}$ | °C         |   |   |   |  |
| entrada del condensador                               |  |        | $t_{14}$ | °C         |   |   |   |  |
| Salida del condensador                                |  |        | $t_{15}$ | °C         |   |   |   |  |
| Voltios de suministro: L1 a N (415V) o L1 a L2 (220V) |  |        | $V_L$    | V AC       |   |   |   |  |
| Presión de salida del evaporador                      |  |        | $P_2$    | $kNm^2(g)$ |   |   |   |  |
| Presión de entrada del condensador                    |  |        | $P_3$    | $kNm^2(g)$ |   |   |   |  |
| Presión de salida del condensador                     |  |        | $P_3$    | $kNm^2(g)$ |   |   |   |  |
| Presión diferencial del conducto                      |  |        | $Z$      | $mmH_2O$   |   |   |   |  |
| Voltaje de suministro del ventilador                  |  |        | $V_F$    |            |   |   |   |  |
| Condensado recogido                                   |  |        | $m_e$    |            |   |   |   |  |
| Intervalo de tiempo                                   |  |        | $x$      | $s$        |   |   |   |  |
| R134a Tasa de flujo másico                            |  |        | $ref$    | $gs^{-1}$  |   |   |   |  |

| RESISTENCIAS DEL CALENTADOR DEL SISTEMA<br>(De la mesa en el panel de control de la máquina) |       |          |  |
|--|-------|----------|--|
| Caldera, Inferior  | $R_b$ | $\Omega$ |  |
| Caldera, Superior  | $R_b$ | $\Omega$ |  |
| Caldera  | $R_b$ | $\Omega$ |  |
| 1er precalentador  | $R_p$ | $\Omega$ |  |
| 2do precalentador  | $R_p$ | $\Omega$ |  |
| 1er Recalentador   | $R_r$ | $\Omega$ |  |
| 2do recalentador   | $R_r$ | $\Omega$ |  |

| RESULTADOS DERIVADOS  |          |       |                  | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|----------|-------|------------------|---|---|---|---|
| Potencia del Ventilador<br>(consulte la curva de voltios de ventilador frente a vatios de ventilador) |          | $P_f$ | kW               |   |   |   |   |
| 1er poder de precalentamiento<br>$V^2R@235V$  | $\Omega$ | $P$   | kW               |   |   |   |   |
| 2da potencia de precalentamiento<br>$V^2R@$   | $\Omega$ | $P$   | kW               |   |   |   |   |
| Caldera, potencia inferior a 2kW<br>$V^2R@$   | $\Omega$ | $P$   | kW               |   |   |   |   |
| Caldera, potencia superior de 2 kW<br>$V^2R@$   | $\Omega$ | $P$   | kW               |   |   |   |   |
| Caldera, 1kw de potencia<br>$V^2R@235V$   | $\Omega$ | $P$   | kW               |   |   |   |   |
| Primera potencia de recalentamiento<br>$V^2R@$  | $\Omega$ | $P$   | kW               |   |   |   |   |
| 2da potencia de recalentamiento<br>$V^2R@$  | $\Omega$ | $P$   | kW               |   |   |   |   |
| Presión de salida del evaporador  |          | $P_1$ | $kN\ m^2\ (abs)$ |   |   |   |   |

|                                    |          |                  |  |  |  |  |
|------------------------------------|----------|------------------|--|--|--|--|
| Presión de entrada del condensador | $P_2$    | $kN\ m^2\ (abs)$ |  |  |  |  |
| Presión de salida del condensador  | $P_3$    | $kN\ m^2\ (abs)$ |  |  |  |  |
| Entrada del evaporador             | $t_{16}$ | $^{\circ}C$      |  |  |  |  |
| Tasa de condensado                 | $m_e$    | $kg/sec$         |  |  |  |  |

#### **4.1.8. Indicaciones para la realización del informe:**

El informe deberá tener la siguiente estructura:

1. Introducción
2. Objetivos generales y objetivos específicos
3. Marco teórico
4. Materiales, métodos y equipos que se utilizaron en la práctica de laboratorio.
5. Memoria de Cálculo y Gráfico.
6. Resultados
7. Conclusiones
8. Recomendaciones
9. Bibliografía.
10. Anexos.

## **4.2. GUIA DE ESTUDIO PARA LA UNIDAD DE LABORATORIO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO DE CICLO INVERSO R808**

### **4.2.1. Objetivo general**

Promover el uso de medidores de servicio y termómetros de mano que los estudiantes deberán usar en el trabajo de mantenimiento diario.

### **4.2.2. Objetivos específicos**

- Indicar el uso adecuado de los manómetros de presión y temperatura.
- Analizar porque se dan las caídas de presión y temperatura.

### **4.2.3. Metas**

Los estudiantes obtendrán la capacidad para poder realizar correctamente el uso de los manómetros, así también como ver como se da una caída de presión y de temperatura.

### **4.2.4. Contenidos principales**

1. Caída de presión
2. Caída de temperatura
3. Uso de manómetros
4. Sobrecalentamiento de trabajo
5. Temperatura de saturación

### **4.2.5. Organización de los grupos de trabajo**

Para realizar las prácticas de laboratorio se formarán grupos de 5 a 7 estudiantes.

### **4.2.6. Evaluación**

La evaluación de la práctica será valorada:

- a) 10 puntos realización y entrega del informe de la práctica.
- b) 5 puntos de asistencia.

#### **4.2.7. Medidas de seguridad**

- Guantes
- Gafas
- Gabacha

Medidas de seguridad del equipo:

- Un interruptor de alta presión el cual evita que la presión de condensación sea demasiado alta.
- Un presostato de baja presión para evitar una presión de evaporación demasiado baja

También hay que hacer caso omiso a las medidas de seguridad referente a los refrigerantes, en este caso es el refrigerante R134a el cual se utilizara para esta clase de laboratorio.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE  
TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA

**GUIA #2: ESTUDIO DE CAIDA DE PRESION/TEMPERATURA Y  
USO DE MANOMETROS**

LABORATORIO DE PLANTAS TERMICAS

**UNIDAD DE LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE  
ACONDICIONADO DE CICLO INVERSO R808**

**DESARROLLO DE LA PRACTICA**

**Realice el siguiente ejercicio práctico.**

1. Abrir la válvula de volante V9, cierre las válvulas V4, V6, V7 y V8 y abrir las válvulas V1, V2, V3 y V5.
  - Tome la lectura del medido compuesto LP.
  - Observe la presión del manómetro LP.
  - Verifique y registre el recalentamiento de trabajo.
  - Verifique y registre la caída de temperatura en el evaporador.
  - Repita estas demostraciones usando diferentes configuraciones.
  - Observar las variaciones durante un período de tiempo de al menos 20 min.
  - Registre y compare todos los resultados con los obtenidos anteriormente.

Responda las siguientes preguntas:

1. Explique la temperatura de saturación.
2. Explique por qué no se puede usar un interruptor de baja presión como controlador de temperatura en un sistema que usa un capilar.

**2.** Abrir la válvula de volante V7, cerrar las válvulas V6, V7, V8 y V9. En la base abierta las válvulas V1, V2, V3 y V5, V4 tiene que estar cerrada.

- Anote y registre lecturas de manómetro HP
- Anote y registre caída de temperatura de sobrecalentamiento de trabajo en el evaporador
- Medir el recalentamiento
- Obtener la temperatura de evaporación

Responda las siguientes preguntas:

1. ¿Debido a que se da un recalentamiento muy grande en el T.E.V?
2. ¿Cuál es la diferencia del sobrecalentamiento de trabajo?
3. Explique porque debido a la caída de presión a través del evaporador, el T.E.V tiene sobrecalentamiento de trabajo amplio.

**3.** Cierre la válvula de volante manual V7 a la válvula de expansión ecualizada internamente (20). y deje que la mirilla se vacíe. Abra la válvula de volante manual V8 a la válvula de expansión termostática con ecualización externa.

Anotar y registrar:

- Lecturas del manómetro HP (6) y LP (5)
  - Caída de temperatura de sobrecalentamiento de trabajo en el evaporador
1. Explique la diferencia entre los T.E.V. internos y externos ecualizados. Explique en particular cómo el T.E.V. compensa la caída de presión a través del evaporador.
  2. Compare todos los resultados con los obtenidos con el T.E.V.

4. Abra la válvula del volante V8. Asegúrese de que V6, V7 y V9 estén firmemente cerrados. Válvulas VI, V2, V3 y V5 en la base ABIERTA, V4 esté cerrada.

Coloque un manómetro compuesto en el regulador de presión del evaporador.

Verifique y registre:

- Sobrecalentamiento de trabajo
  - Caída de temperatura en el evaporador
  - Lecturas de calibre
  - Explique las diferencias en los resultados con los obtenidos anteriormente.
5. Válvula V7 ABIERTA válvulas V6, V8 y V9 Cerradas. Válvulas VI, V2, V3 y V5 en la base ABIERTA, V4 está cerrada.
    - Explique cómo funciona la válvula de inversión.
    - Rastrear el circuito frigorífico.
    - Muestre que el gas de descarga sale de la válvula inversora a través de la rama opuesta.
    - Muestre que el líquido fluye a través de la línea de succión original al pasar el regulador de presión del evaporador y fluye en dirección inversa a través de la línea de líquido a través de la válvula de retención hacia la válvula de expansión en el condensador.
    - Tabule y analice cuidadosamente todos los resultados.
  6. Realice el siguiente ejercicio:

Válvula V8 ABIERTA válvulas V6, V7 y V9 Cerradas. Válvulas VI, V2, V3 y V5 en la base ABIERTA, V4 está cerrada. (Nota: Para realizar este ejercicio el interruptor de ciclo inverso tiene que estar apagado).

1. ¿Por qué hubo exceso de carga al realizar el ejercicio planteado?

#### **4.2.8. Indicaciones para la realización del informe:**

El informe deberá tener la siguiente estructura:

11. Introducción
12. Objetivos generales y objetivos específicos
13. Marco teórico
14. Materiales, métodos y equipos que se utilizaron en la práctica de laboratorio.
15. Resultados
16. Conclusiones
17. Recomendaciones
18. Bibliografía.
19. Anexos.

## CAPITULO V

### 5.1. Mantenimiento para la unidad de laboratorio de aire acondicionado A660

#### 5.1.2. Rutina mensual

- **Inspección y limpieza del serpentín del evaporador:** Retirar tapas respectivas, realizar la inspección visual del estado del serpentín y descartar la presencia de partículas o materiales que obstruyan el flujo del aire. Realizar una limpieza aplicando desengrasante al paño húmedo primero. Si existen rastros de aceite o posible fuga.
- **Inspección y limpieza del serpentín del condensador:** Retirar tapas respectivas, realizar la inspección visual del estado del serpentín y descartar la presencia de partículas o materiales que obstruyan el flujo del aire. Realizar una limpieza aplicando desengrasante al paño húmedo primero. Si existen rastros de aceite o posible fuga.
- **Limpieza de la bandeja del humidificador:** Vaciar la bandeja, esto se hace retirando el tapón en la salida de agua de la bandeja, limpiar con un trapo húmedo eliminando cualquier tipo de suciedad, si es necesario, utilizar una espátula para retirar los residuos de calcio que algunas veces se forman en la bandeja.
- **Revisión y limpieza del desagüe del humidificador:** Verificar que el desagüe del humidificador no presente suciedad ni obstrucciones, para lo cual se debe desarmar el desagüe y lavar con agua a presión.
- **Limpieza y revisión del sistema de impulsión de aire:** Apagar la unidad (desde el tablero de control), aplicar directamente desengrasante, pasar un trapo húmedo para limpiar toda la suciedad y polvo acumulado. Encender la unidad y realizar medición de la corriente del motor.
- **Revisión de los cojinetes:** Apagar la unidad, (el tablero de control o desconectando la alimentación eléctrica). Verificar que los cojinetes o roles no presenten movimientos axiales o radiales, cuando la unidad está en

funcionamiento verificar que no existan sonidos o vibraciones anormales. Encender la unidad al finalizar la intervención.

- **Revisión de los soportes del motor ventilador:** Revisar los elementos de montaje del motor, verificar que las tuercas de sujeción del motor estén bien ajustadas y sin corrosión, verificar el estado de los hules amortiguadores, que no presenten grietas ni desgaste.
- **Limpieza del chasis del condensador:** Lavar el chasis del condensador para eliminar toda la suciedad acumulada, verificar que no existan tornillos oxidados o deteriorados. En caso de que exista algún elemento dañado se debe reemplazar.
- **Verificar estado de funcionamiento de los calentadores eléctricos:** Desinstalar las tapaderas, para acceder a los calentadores eléctricos, haciendo una verificación visual del estado de los calentadores eléctrico, oxidación.
- **Verificar el correcto funcionamiento de los manómetros:** cuando la unidad esté en funcionamiento se verifica la correcta lectura de los manómetros, dependiendo del refrigerante se valida el punto de funcionamiento con la tabla presión-temperatura.

### 5.1.3. Rutina cuatrimestral

- **Verificación de terminales eléctricos y cableados de fuerza y mando:** Verificar recalentamiento en los cables de alimentación de los diferentes componentes que funcionan con fluido eléctrico (Boiler, Compresor, impulsor de aire, motor fan condensador, calefactores).
- **Verificación del correcto funcionamiento de la válvula de ingreso de agua:** Se retira la válvula de la línea de suministro de agua, se verifica las calcificaciones que se generan en el mecanismo, se retira cepillándolas con cepillo de alambres y vinagre la remoción de esta,
- **Verificación de la excitación de la bobina de la válvula de ingreso de agua:** Inducir voltaje al embobinado que acciona la válvula de pase de agua y verificar que esta mueve el mecanismo que da pase al ingreso del agua

En la tabla N°1 mostramos lo que es el plan de manteniendo para la unidad A660

| Planificacion de Mantienimeto   |  |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |  |  |  |
|---|--|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|--|--|--|
| Area: Unidad de refrigeracion y aire acondicionado A660 del Laboratorio de Plantas Termicas |  |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |  |  |  |
| Equipo  | Actividad  | Ene |   |   |   | Feb |   |   |   | Mar |   |   |   | Abr |   |   |   | May |   |   |   | Jun |   |   |   | Jul |   |   |   | Agos |   |   |   | Sep |   |   |   | Oct |   |   |   | Nov |   |   |   | Dic |  |  |  |
|   |  | 1   | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1    | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 |     |  |  |  |
|   | <b>Semana</b>  |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |  |  |  |
| Evaporador  | Inspeccion y Limpieza del Serpentin                                |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |      | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     |  |  |  |
| condensador   | Inspeccion y Limpieza del Serpentin                                | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x    |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   |     |  |  |  |
| Bandeja del Humificador   | Limpieza   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |      |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |  |  |  |
| Desague del Humificador   | Revison y Limpieza   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |      | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     |  |  |  |
| Sistema de Impulsion de aire  | Limpieza y Revision  | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x    |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   |     |  |  |  |
| Cojinetes   | Revision   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x    |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   |     |  |  |  |
| Motor Ventilador  | Revision de los soportes   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x    |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   |     |  |  |  |
| Chasis del condensador  | Limpieza   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |      |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |   | x |   |     |  |  |  |
| Calentadores  | Verificar estado de funcionamiento                                 |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |      | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     | x |   |   |     |  |  |  |
| Manomentros   | Verificar estado de funcionamiento                                 | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x    |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   | x   |   |   |   |     |  |  |  |
| Terminales eléctricos y cableados de fuerza y mando   | Verificar recalentamiento en los cables                            |     | x |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |  |  |  |
| Válvula de ingreso de agua  | Verificación del correcto funcionamiento y excitación de la bobina |     | x |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |  |  |  |

Tabla N°1

## **5.2. Mantenimiento para la unidad de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso R808**

### **5.2.1. Mantenimiento General**

1. Garantizar limpieza en los diferentes intercambiadores de calor Evaporadores y condensadores, estos deben de manejarse libre de polvo en caso de los que son apoyados por circulación de aire a través de ellos, y en el caso del condensador enfriado por agua evitar la creación de residuos o calcificaciones.
2. Normalmente, los motores de tipo axial están permanentemente lubricados. Revise los rodamientos de forma periódica. Si estos están montados en bushing de bronce, al cabo de un año efectuar el reemplazo a de tipo baleros. Durante el mantenimiento los motores tienen juego axial en el eje o como se le conoce comúnmente cabeceo. Precaución: tenga cuidado al tocar el exterior de un motor en funcionamiento. Normalmente, los motores funcionan a altas temperaturas, suficientes para producir dolor o lesiones.
3. Cada vez que se realicen revisiones de mantenimiento, antes de volver a poner en marcha la unidad se debe comprobar que los elementos de sujeción estén bien ajustados.
4. Los sopladores requieren muy poca atención cuando mueven aire limpio. En ocasiones, se puede acumular aceite y polvo, lo que provoca desequilibrio. Si el ventilador está instalado en un ambiente corrosivo o sucio, inspeccione y limpie de forma periódica la hélice, la toma y las demás partes móviles para garantizar un funcionamiento seguro y sin problemas.
5. No bloquee ni cubra las unidades de condensación.
6. No ponga en funcionamiento el sistema acondicionador de aire si la temperatura exterior es menor a 55 °F (12,8 °C).

### **5.2.2. Durante cada practica efectuada**

1. Las válvulas de accionamiento manual, deben de ser verificado su correcto funcionamiento, cuando estas se ubican en posición de cierre, restringen totalmente el pase de refrigerante.
2. Se debe de monitorear los parámetros de funcionamiento del compresor recíprocar, amperaje durante el funcionamiento, consumo al arranque, presión de succión y de descarga, temperatura externa.
3. El Correcto accionamiento y estado de los componentes eléctricos que funcionan para el encendido de este.
4. Medición y cálculo del sobrecalentamiento en la válvula de expansión termostática.
5. Medición del subenfriamiento, en los condensadores.
6. Verificación del correcto funcionamiento de los elementos de protección en las líneas de refrigeración (presostato), esto se hace ajustando los rangos de corte y entrada en cada uno de ellos.

### **5.2.3. Cada mes**

1. Efectuar limpieza de los intercambiadores de calor a manera exhaustiva según se describe en secciones posteriores.
2. Limpieza del sistema eléctrico, inspección visual de los elementos de control y fuerza.
3. Verificación de accionamiento de los interruptores eléctricos y luces indicadoras, utilizando un probador de voltaje y amperaje (Multímetro o amperímetro).
4. Medición de parámetros de funcionamiento del compresor recíprocar; estos serán eléctricos (voltaje de entrada, consumo al arranque, consumo al funcionamiento), presiones de trabajo (manómetros de la maqueta), medición de temperatura de funcionamiento en la carcasa con un medidor infrarrojo.
5. Verificación de funcionamiento correcto de las válvulas de expansión termostática (Super calor).
6. Verificación del funcionamiento de la válvula de pase del condensador enfriado por agua, esto será con el uso de probador eléctrico en la bobina de accionamiento.

#### **5.2.4. Todos los años**

1. Inspeccione los rodamientos en busca de desgaste y deterioro de los motores axiales, reemplácelos si es necesario.
2. revisión y mantenimiento de la válvula de ingreso al condensador enfriado por agua.
3. Compruebe que los pernos y los tornillos de fijación estén bien ajustados, ajústelos según sea necesario en todos los elementos.
4. Inspeccione el motor para ver si está limpio. Solo limpie las superficies exteriores. Quite el polvo y la grasa de la carcasa del motor para garantizar un enfriamiento apropiado, quite la suciedad de la hélice y de la carcasa para evitar que se desequilibre o se dañe.
5. Resoque de todas las terminales eléctricas de conexión, verificación de recalentamiento en cableado de mando y fuerza.
6. Toma de muestra de acidez de aceite en sistema, y reemplazo del mismo de ser necesario.
7. Reemplazo de capacitores de marcha y arranque del compresor, reemplazo de relé potencial de arranque.
8. Mantenimiento al contactor principal, valoración y reemplazo de ser necesario.

#### **8.7.5. Cada tres años**

1. Reemplazo de válvulas de expansión termostáticas.
2. Reemplazo de KVP.
3. Reemplazo de protecciones de tipo fusible.

**Nota:** Para el reemplazo de los elementos como válvulas de expansión, KVP, válvulas de cierre manual, se recomienda un reemplazo por modelos de tipo flare, para evitar la aplicación de soldaduras en la maqueta didáctica debido a la creación de hollines que pueden generar atascamiento en otros dispositivos u daños severos, así mismo al efectuarse soldadura por reemplazo de componentes, efectuar la práctica de aplicar flujo contante de nitrógeno con una presión contante de entre 5 a 10 PSI, para aminorar la creación de hollines.



## CAPITULO VI

### 6.1. Diseño Metodológico

#### 6.1.1. Ubicación geográfica del proyecto

El área de estudio se realizará en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP), con dirección: Apartado Postal: 5595. Costado Sur de Villa Progreso, Departamento de Managua:



#### 6.1.2. Tipo de Investigación.

El tipo de investigación a realizar será el Descriptivo y Explicativo puesto que se pretende describir las condiciones de los equipos de aire acondicionado que están en el laboratorio y explicativo porque se realizará el plan de mantenimiento y guías de laboratorio para que los equipos se utilicen de manera adecuada.

“Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” (Hernández, Fernández y Baptista, 2003, p.60).

Los estudios explicativos, “Su principal interés es explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este, o porque dos o más variables están relacionadas” (Hernández, Fernández y Baptista, 2003, p.63).

### **6.1.3. Diseño de la investigación.**

El diseño de la investigación fue de tipo no experimental: transversal o transaccional, porque definimos nuestro tipo de investigación como descriptiva y explicativa por los que se tiene como objetivo describir relaciones entre dos o más variables en un momento determinado.

“El diseño no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable” (Palella, Martins, 2010, p.87).

### **6.1.4. Tipo de población.**

La muestra del recinto universitario en general, mayoritariamente son estudiantes de las cinco carreras que se imparten en dicho recinto.

### **6.1.5. Método de Investigación.**

El método que se empleará en nuestro estudio será deductivo, con un tratamiento de los datos y un enfoque mixto.

El método deductivo consiste en tomar conclusiones generales para explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los teoremas, leyes, postulados y principios de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos “es el razonamiento que, partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales. Este método permite la formación de hipótesis, investigación de leyes científicas, y las demostraciones. La inducción puede ser completa o incompleta” (Ander-Egg, 1997, p.97).

Enfoque mixto, porque “representan el más alto grado de integración o combinación entre los enfoques cualitativo y cuantitativo. Ambos se entremezclan o combinan en todo proceso de investigación o, al menos, en la mayoría de sus etapas agrega

complejidad al diseño de estudio; pero contempla todas las ventajas de cada uno de los enfoques” (Hernández, Fernández y Baptista, 2003, p.21).

#### **6.1.6. Técnicas e Instrumentos de Redacción de Datos.**

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo, se realizarán dos procedimientos para llevar a cabo la recolección de la información, por lo tanto. Primeramente, Diagnosticaremos el estado en el que se encuentran y con qué frecuencia se realiza el mantenimiento en los equipos. Seguidamente realizaremos un análisis documental donde se recolectarán datos de fuentes primarias como realización de ensayos en los bancos y también secundarias como manuales de los equipos, libros de refrigeración y aire acondicionado que nos serán de utilidad para realizar las guías de laboratorio y el plan de mantenimiento adecuado para los equipos.

#### **6.1.7. Instrumentos de recolección de datos.**

Para la recolección de datos se utilizará como instrumento fundamental la observación experimental porque esta nos permite elaborar datos con condiciones relativamente controladas.

#### **6.1.8. Técnica para el procesamiento de información.**

Una vez obtenida la información a través de los instrumentos de recolección de datos elegidos, se procederá a hacer las pruebas de laboratorio con los equipos para realizar las guías de laboratorio y los planes de mantenimientos preventivos y correctivo de cada uno de los equipos.

## **CAPITULO VII**

### **7.1. RECOMENDACIONES**

Las unidades de laboratorio de aire acondicionado A660 y de refrigeración de ciclo inverso R808 necesitan un mantenimiento preventivo/correctivo, antes de que los estudiantes puedan realizar sus prácticas.

A las autoridades correspondiente le recomendamos que hagan uso del plan de mantenimiento que hemos propuesto en este trabajo monográfico ya que en el se detalla cómo se realizara el mantenimiento de cada componente de estas unidades de laboratorio.

Para poder realizar las prácticas de laboratorio completas en estas unidades es necesario hacer uso de sondas especiales ya que el laboratorio de Plantas Térmicas carece de estas sondas por lo que recomendamos realizar su compra.

## **CAPITULO VIII**

### **8.1. CONCLUSIONES**

En síntesis, logramos realizar la propuesta de las guías bajo la normativa ACAAI para que se pueda hacer uso de las unidades de laboratorio de aire acondicionado A660 y la unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso R080.

Por otro lado, hicimos pruebas en las unidades para comprobar el tiempo que se lleva el laboratorio practico haciendo uso de las guías que estamos proponiendo para la realización del mismo, a su vez describimos como funcionan estas unidades para que el estudiante logre relacionarse con el funcionamiento de las unidades.

También realizamos un diagnóstico del estado en que se encuentran las unidades para que se puedan realizar estos laboratorios prácticos, para ello hicimos unas recomendaciones proponiendo el plan de mantenimiento que realizamos para las unidades de laboratorio.

## CAPITULO IX

### 9.1. BIBLIOGRAFÍA

- ACAAI. (2020). Obtenido de <https://acaai.org.gt/>
- ASHRAE. (2013). ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS. EEUU: ASHRAE.
- Buque, F. (2007). *Manual Práctico de refrigeración y aire acondicionado*. Alfaomega, Marcombo.
- Dossat, & Roy. (1990). *Principios de la refrigeración*. Mexico DF: CECSA.
- G, C. B. (1991). *Manual de Mantenimiento*. Bogota, Colombia: Grupo de Publicaciones SENA Digeneral.
- GuntHamburg. (2020). *G.U.N.T.GerätebauGmbH*. Obtenido de <https://www.gunt.de/en/>
- Manual de aire acondicionado*. (19 de abril de 2016).
- PaHilton. (2019). *Pa Hilton*. (P. Hilton, Editor) Recuperado el 2020, de <https://www.p-hilton.co.uk/products/air-conditioning/air-conditioning-laboratory-unit>
- Pita, E. G. (1991). Principios y Sistemas de refrigeración. En E. G. Pita, *Principios y Sistemas de refrigeración* (pág. 481). Mexico: EDITORAL LIMUSA, S.A DE C.V.
- VALYCONTROL, S. C. (s.f.).
- William C. Whitman, W. M. (2007). *Tecnología de la Refrigeracion y Aire Acondicionado I*. Thomson, Parainfo.

## CAPITULO X

### 10.1. ANEXOS

Componentes de la Unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso R808



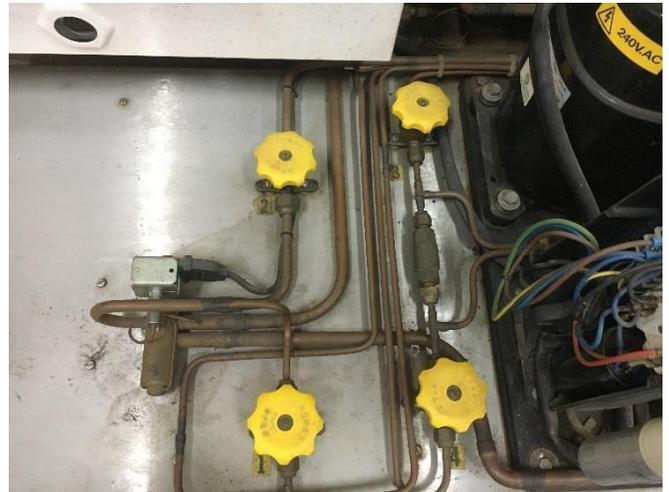
**Figura N°1:** Unidad de laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de ciclo inverso R808.



**Figura N°2:** Dispositivos de expansión, válvulas, ecualizadores externo e interno y tubo capilar.



**Figura N°3:** Evaporador de aire forzado.



**Figura N°4:** Válvulas de descarga.



**Figura N°5:** Conmutador LP y Conmutador HP.



**Figura N°6:** Compresor hermético.



**Figura N°7:** Condensador enfriado por aire.

## Componentes de la Unidad de laboratorio de aire acondicionado A660



Figura N°8: Caudalímetro de refrigerante.



Figura N°9: Contactores de energía.



Figura N°10: Indicador de temperatura.



**Figura N°11:** Tablero de mando.



**Figura N°12:** Manómetro Inclinado.



**Figura N°13:** Receptor de líquido.



**Figura N°14:** Sección de conducto.



**Figura N°15:** Tanque generador de vapor.



**Figura N°16:** Manómetros.



**Figura N°17:** Compresor.