

**DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE UN AIRE ACONDICIONADO DE
ALTA EFICIENCIA PARA EL NUEVO LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN
DE LA IUPB**

**FELIPE ANDRÉS HENAO TABORDA
HEMER DE JESUS VILLADA SANCHEZ
JUAN DAVID MONTOYA PÉREZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA
MEDELLIN
2014**

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE UN AIRE
ACONDICIONADO DE ALTA EFICIENCIA PARA EL NUEVO LABORATORIO
DE REFRIGERACIÓN DE LA IUPB**

**FELIPE ANDRÉS HENAO TABORDA
HEMER DE JESUS VILLADA SANCHEZ
JUAN DAVID MONTOYA PÉREZ**

**Trabajo de Gradopara optar porelTítulodeTecnólogo
en Electromecánica.**

**Asesor
ARLEYSALAZARHINCAPIE
Ingeniero Mecánico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA
MEDELLIN**

2014

NOTAS DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, Noviembre de 2014.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A nuestros padres por su guía y su apoyo diario

A la institución universitaria Pascual Bravo y todos los docentes que han formado parte de nuestra educación universitaria.

Al Ing. Arley Salazar Hincapié, asesor del proyecto, por su acompañamiento, sus recomendaciones, su tiempo y dedicación para la realización de este proyecto.

CONTENIDO

CONTENIDO	5
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	11
2 JUSTIFICACIÓN	12
3 OBJETIVO GENERAL	13
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
4 REFERENTES TEÓRICOS	14
4.1 AIRE ACONDICIONADO	14
4.2 REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR	15
4.2.1 Ciclo de refrigeración ideal por compresión mecánica	16
4.2.2 Recalentamiento y subenfriamiento.....	18
4.3 TIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	19
4.3.1 Unidad de paquete	19
4.3.2 Unidades Split.....	20
4.4 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	20
4.5 LA EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO	22
4.5.1 E.E.R	22
4.5.2 S.E.E.R.....	23
4.5.3 Cálculo del consumo energético.....	23
4.5.4 Diferencias entre el EER y el SEER	24
4.5.5 La tecnología Inverter	25
5 METODOLOGIA	27
5.1 TIPO DE ESTUDIO	27
5.2 MÉTODO.....	27
5.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	27
5.4 POBLACIÓN.....	27
5.5 PROCEDIMIENTO	28
6 DISEÑO TÉCNICO DEL PROYECTO	29

6.1	FUNCIONES DEL MÓDULO.....	29
6.2	CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO.....	29
6.2.1	Especificaciones del equipo minisplit.....	31
6.3	MANTENIMIENTO	34
6.3.1	Rutina semanal.....	34
6.3.2	Rutina frecuencia mensual	34
6.3.3	Rutina frecuencia anual	35
7	CONCLUSIONES.....	37
8	RECOMENDACIONES	38
9	BIBLIOGRAFÍA.....	39
10	CIBERGRAFÍA.....	41

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de un sistema de refrigeración por compresión de vapor.....	16
Figura 2. Diagrama de Presión-entalpía (p-h) del sistema teórico de refrigeración por compresión de vapor.....	17
Figura 3. Comparación del funcionamiento de un equipo con Inverter y un equipo tradicional de aire acondicionando.....	26
Figura 4. Diagrama del Módulo tipo mini Split propuesto	31
Figura 5. Unidad Mini Split	32

RESUMEN

La industria exige cada vez mayor competencia de los profesionales. La IUPB en su necesidad de aumentar la competitividad de sus programas ha iniciado la construcción de nuevos laboratorios de refrigeración y aire acondicionado con el fin de mejorar sus procesos formativos. En este sentido, este trabajo consistió en el diseño de un módulo de aire acondicionado de alta eficiencia para el laboratorio de refrigeración. El objetivo del proyecto es dotar a los nuevos laboratorios de la Institución de una herramienta básica para complementar el proceso de formación de técnicos y tecnólogos a través del aprendizaje práctico y que sirva para fortalecer los procesos de investigación.

Summary

The industry requires increasing competition from professionals. The IUPB in their need to increase the competitiveness of its programs has begun construction of new laboratories refrigeration and air conditioning in order to improve their training processes. In this sense, this work was to design module high efficiency air conditioning Laboratory refrigeration. The project objective is to equip new laboratories of the institution of a basic tool to complement the formation of technicians and technologists through practical learning and serve to strengthen the research process.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de calefacción, ventilación, y aire acondicionado (HVAC—Heating, Ventilating, and Air Conditioning), tienen múltiples aplicaciones en diferentes espacios: residencias, edificios, laboratorios, etc., buscando controlar las condiciones ambientales internas que garanticen el confort de la persona, la calidad del aire interno y mantengan estables los factores que afectan los procesos industriales. De ahí que su estudio sea un tema de gran trascendencia, especialmente para los estudiantes y practicantes de cursos afines, por lo que se hace necesario disponer de herramientas que posibiliten adquirir los conocimientos tecno-prácticos para insertarse de manera competitiva en el medio productivo.

El presente trabajo consiste en el diseño de un módulo didáctico de un aire acondicionado tipo Split de eficiencia alta para su pronta instalación, de acuerdo a la reglamentación vigente y los requisitos de la comunidad estudiantil de la IUPB.

El diseño del módulo tipo Split busca consolidar el proceso de modernización de los laboratorios de refrigeración mejorando el conocimiento y manejo de los equipos por parte de la comunidad estudiantil.

1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en la Institución Universitaria Pascual Bravo se encuentra en desarrollo la construcción de nuevos laboratorios de refrigeración y aire acondicionado, que buscan estar a la par con las innovaciones en el automatismo y en el ahorro energético. En base a lo anterior, es necesario tener herramientas de aprendizaje acordes, como módulos didácticos y bancos de pruebas, que faciliten a los estudiantes y practicantes el acercamiento a las condiciones reales de la industria a través de prácticas de laboratorio.

Debido al desarrollo tecnológico es necesario actualizar las herramientas de enseñanza y construir módulos que sirvan para prácticas de laboratorio, investigación profesional o desarrollo de Trabajos de grado en el área de ventilación, refrigeración y aire acondicionado.

2 JUSTIFICACIÓN

La industria hoy en día exige profesionales más competitivos que estén a la par con los cambios tecnológicos que se incorporan a los diferentes sectores. En este sentido la refrigeración y aire acondicionado han tomado importancia como un proceso de soporte de la producción y calidad en las empresas. Adicionalmente la preocupación por el tema ambiental hace imperante la necesidad de evaluar y mejorar en el diseño y eficiencia de los equipos para disminuir los altos consumos de energía y el deterioro acelerado de la capa de ozono.

El montaje del módulo de aire acondicionado para el laboratorio de refrigeración hace parte de un proyecto institucional para mejorar la enseñanza y contribuir a la industria con personal capacitado con altos niveles de competitividad en el aspecto práctico para garantizar inclusión en el medio. Por tal razón se llevara a cabo en la Institución Universitaria Pascual Bravo el diseño e implementación de un módulo didáctico de aire acondicionado tipo Split de eficiencia Alta (R22-SEER 15 – 220 V – monofásico – 12000 BTU) que cumpla con las normas técnicas vigentes.

3 OBJETIVO GENERAL

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un módulo didáctico de aire acondicionado tipo mini Split de eficiencia alta (410a-SEER 15 – 220 V – monofásico – 12000 BTU) para prácticas del laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar un módulo de aire acondicionado tipo Split de eficiencia alta que cumpla con las normas técnicas nacionales garantizando así la ejecución de prácticas de laboratorio fundamentadas bajo sistemas estandarizados.
- Mejorar la calidad de los nuevos laboratorios de refrigeración y aire acondicionado de la IUPB diseñando un módulo que cumpla con los parámetros exigidos por la comunidad estudiantil para el fortalecimiento de formación tecno-académica.
- Establecer el mantenimiento del módulo.

4 REFERENTES TEÓRICOS

Es importante realizar una fundamentación teórica sobre los sistemas de aire acondicionado, sus componentes y los procesos que involucra para guiar la implementación de un módulo didáctico acorde con las necesidades del laboratorio de refrigeración de la IUPB.

4.1 AIRE ACONDICIONADO

El acondicionamiento de aire es el proceso de tratamiento de las condiciones del ambiente interior para establecer estándares requeridos de temperatura, humedad, limpieza y movimiento¹. Estos procesos consisten en lo siguiente²:

- a. Temperatura: La temperatura del aire se controla enfriándolo o calentándolo (Enfriamiento: eliminación de calor, Calentamiento: adición de calor).
- b. Humedad: La humedad, que es el contenido de vapor de agua en el aire, se controla agregando o quitando vapor de agua al aire (humidificación o deshumidificación).
- c. Limpieza: La limpieza o calidad del aire se controla ya sea mediante filtración que es la eliminación de contaminantes indeseables por medio de filtros u otros dispositivos, o mediante ventilación, que es la introducción de aire exterior al espacio interior, con el cual se diluye la concentración de contaminantes.
- d. Movimiento: Movimiento del aire se refiere a su velocidad y a los lugares hacia donde se distribuye. Se controla mediante el equipo adecuado para distribución de aire.

¹ CAMPOVERDE, M. y VÉLEZ, A. Diseño y construcción de un banco de pruebas para un sistema de climatización para laboratorio. Tesis de la Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Ecuador. 2011

² PITA, E. Acondicionamiento de Aire-Principios y Sistemas. 2da. ed. México: Limusa, 2003

El aire acondicionado es una aplicación de la refrigeración, por lo cual es necesario analizar algunos conceptos sobre el tema. En este sentido la refrigeración se puede entender como un proceso en el que la combinación de una serie de elementos produce un efecto refrigerante, que permite la transferencia de calor entre dos espacios. Existen varios sistemas de refrigeración:

- Sistemas de compresión de vapor o compresión mecánica.
- Sistemas por absorción.
- Sistemas de expansión de gas.
- Sistemas termoeléctricos.

4.2 REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR

El sistema de refrigeración más usado es el de compresión mecánica³. Emplea como fuente de energía trabajo mecánico y un fluido llamado refrigerante⁴ y se basa en someter el refrigerante a un ciclo termodinámico de compresión, condensación, expansión y evaporación⁵. En su forma más simple estará conformado por elementos como el compresor mecánico, el condensador, la válvula de expansión y el evaporador (Ver figura 1).

El ciclo se fundamenta en la compresión de un vapor que al hallarse a mayor temperatura que el medio caliente cede calor. Con ello el vapor se enfría y, si la presión es adecuada, incluso condensa. El condensado se expande en una válvula de expansión o en un tubo capilar, con lo que, de una parte pierde presión proporcionada por el compresor y, por otra parte, experimenta un enfriamiento súbito que hace posible la absorción de calor del medio frío que produce la vaporización del líquido. El gas será nuevamente comprimido por el compresor y de esta forma el ciclo prosigue. Los elementos fundamentales de un ciclo de

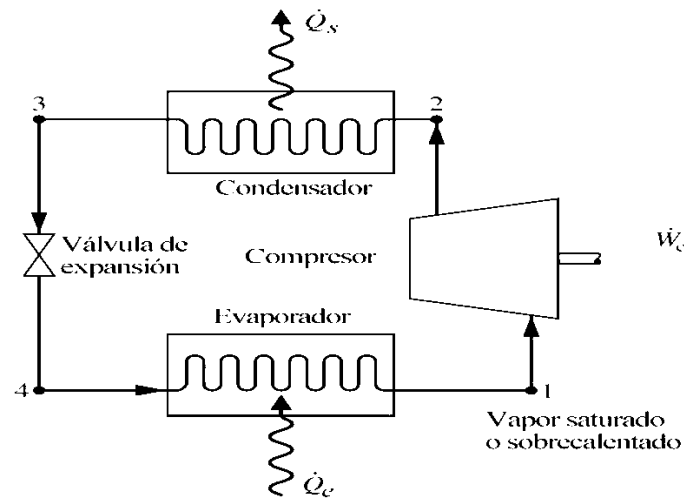
³ PITA. *Op cit.*

⁴ CAMPOVERDE y VÉLEZ. *Op cit.*

⁵ E-URE curso virtual del uso racional de la energía 2014. [Curso en línea]. <<http://www.si3ea.gov.co/Eure/>>

compresión de vapor son: el evaporador, el compresor, el condensador y un dispositivo de expansión que puede ser una válvula o un simple tubo capilar⁶.

Figura 1. Elementos de un sistema de refrigeración por compresión de vapor



Fuente: Adaptado de MORAN y SHAPIRO, *Fundamentals of engineering thermodynamics 7Ed*

En el ciclo de refrigeración por compresión intervienen tres variables principales, como se muestra en la figura 1:

- Q_e = Cantidad de calor entregada al vapor desde el espacio refrigerado.
- Q_s = Cantidad de calor cedida en el condensador hacia un sumidero de temperatura baja.
- W_c = Cantidad de trabajo que necesita el ciclo.

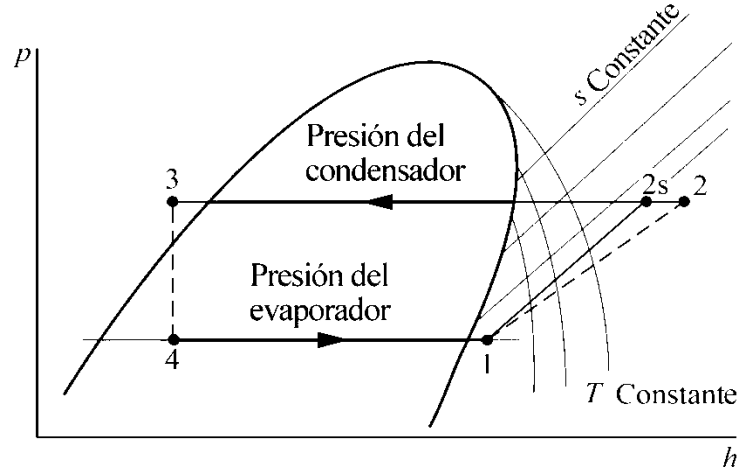
4.2.1 Ciclo de refrigeración ideal por compresión mecánica⁷

El ciclo de refrigeración (Ver figura 2), consta de cuatro procesos que son: compresión (1-2), condensación (2-3), expansión (3-4) y evaporación (4-1).

⁶ JUTGLAR, L. Técnica de Refrigeración. España: Marcombo, 2008

⁷ RAMÍREZ, D. Diseño, construcción y pruebas de un banco de refrigeración para Laboratorio. Ecuador-Riobamba, 2008. (tesis).

Figura 2. Diagrama de Presión-entalpía (p-h) del sistema teórico de refrigeración por compresión de vapor.



Fuente: Adaptado de MORAN y SHAPIRO, *Fundamentals of engineering thermodynamics 7Ed*

4.2.1.1 El proceso de compresión

El proceso de 1-2 se efectúa en el compresor a medida que se incrementa la presión del vapor debido a la compresión, desde la presión de evaporación hasta la presión de condensación. Se supone que en un ciclo teórico simple el proceso de compresión es isoentrópico; es decir, una compresión —adiabática-no fricción. Durante el proceso de compresión se realiza un trabajo sobre el vapor refrigerante, dando como resultado un aumento en su temperatura provocando un sobrecalentamiento.

4.2.1.2 El proceso de condensación

El proceso de 2-d es isobárico e indica el sobrecalentamiento que debe retirarse del vapor antes de que este comience el proceso de condensación. Este proceso se efectúa en la tubería de descarga y en los primeros tramos del condensador. La línea de d-3 representa el cambio de estado del refrigerante de vapor a líquido a presión y temperatura constante, el cual se efectúa en el condensador.

4.2.1.3 El proceso de expansión

Este proceso se encuentra entre los puntos de estados 3 y 4; el punto de estado 3 se ubica sobre la línea de líquido saturado y se halla a la entrada del dispositivo de expansión (válvula de expansión o tubo capilar). El refrigerante fluye a través del elemento de expansión, por consiguiente, su presión disminuye inmediatamente y bruscamente hasta el punto de estado 4. Lo que da como resultado que el refrigerante empiece a hervir, absorbiendo calor del mismo refrigerante; teniendo como resultado un enfriamiento hasta la temperatura de saturación correspondiente a la presión inferior. El proceso de expansión es adiabático irreversible, en el cual la entalpía del fluido refrigerante permanece constante.

4.2.1.4 El proceso de evaporación

Este es un proceso isotérmico e isobárico y está representado por la línea entre los puntos de estado 4 y 1. El refrigerante en el punto de estado 4, es en su mayoría líquido con excepción del gas de vaporización súbita. El calor que adquiere el refrigerante líquido del medio exterior a través de la superficie de transferencia de calor del evaporador, que está a una mayor temperatura; hace que este se evapore hasta llegar al punto de estado 1, donde el refrigerante se encuentra totalmente evaporado

4.2.2 Recalentamiento y subenfriamiento⁸

4.2.2.1 Recalentamiento

Es el incremento de temperatura del gas refrigerante sobre la temperatura de evaporación que debería de tener según su presión de baja (la que marca el manómetro de baja). Es decir si tomamos la temperatura al inicio del evaporador,

⁸ GONZÁLEZ, C. Instalaciones de Climatización y Ventilación. España-Valencia: Conselleria de Cultura, Educación y Deporte, 2006

debe corresponder con la que marca el manómetro según su presión, y si medimos la temperatura a la salida, la diferencia será el recalentamiento.

El sobrecalentamiento sirve para asegurarse de que el gas refrigerante se ha evaporado completamente antes de pasar al compresor para evitar daños en el equipo.

4.2.2.2 Subenfriamiento

Es el mismo concepto, pero aplicado al condensador de aire, es decir el refrigerante caliente a alta presión, una vez que se ha condensado (se ha convertido en líquido), lo enfriamos un poco más, para asegurarnos que todo sea líquido, y para ello lo enfriamos unos 5 o 7° C más, antes de mandarlo a la válvula de expansión o capilar.

4.3 TIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Hay dos tipos básicos de equipos de acondicionamiento de aire: los equipos tipo paquete o integrales y los equipos de sistema dividido.

4.3.1 Unidad de paquete

Todos los elementos usados para enfriar el aire se incorporan en un único contenedor. Utilizan refrigerante R22 o R410a con una presión en baja de 60–75 psi y en la descarga 250–375 psi. Son máquinas que se les acoplan ductos, sus capacidades pueden ir desde 3 toneladas en adelante. El control total de estas máquinas son los termostatos. Estos termostatos por lo general llevan 24 voltios⁹.

Cuando el condensador es enfriado con agua se le conoce como unidad de torre. Por este motivo se utiliza una torre de enfriamiento que bombea el agua hacia la

⁹ Manual de aire acondicionado. Documento facilitado por manualesydiagramas.blogspot.com

parte superior de la torre logrando el enfriamiento del condensador por la evaporación del agua.

4.3.2 Unidades Split

En las unidades Split o divididas la unidad evaporadora se encuentra a cierta distancia de la condensadora. El condensador se ubica en el exterior del edificio y se conecta con el evaporador por conductos para el refrigerante. Utilizan R22 o R410a a una presión de 60-75 psi, con una presión de baja de 100-120 psi y en alta 400 psi¹⁰.

Normalmente son de voltaje monofásico 200v 60Hz. Puede ser una unidad mini Split si solo tiene un evaporador y una condensadora, y multisplit o extrasplit si tienen una condensadora y más de un evaporador.

4.4 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Los elementos son los mismos que en los sistemas de refrigeración. El refrigerante circula en un circuito en el que se debe diferenciar la parte del circuito que está sometida a alta presión y la que está sometida a baja presión¹¹:

- La parte correspondiente a alta presión está comprendida entre la descarga del compresor y la entrada del dispositivo de expansión. Entre la salida del compresor y la entrada del condensador el fluido está en estado de gas (vapor recalentado). Se condensa a una temperatura menor y sale del condensador a esa misma temperatura o menor si se sub-enfría, con lo cual, la temperatura del fluido a la entrada del dispositivo de expansión puede ser igual o menor que la de condensación.

¹⁰ *Idem*

¹¹ FRANCO, J. Manual de Refrigeración. España: Reverté, 2006

- La parte correspondiente a baja presión está comprendida entre la salida del dispositivo de expansión y la entrada del compresor. En este tramo, también la temperatura varía (aumenta) desde el evaporador hasta la entrada del compresor.

Los elementos principales de los sistemas de aire acondicionado son¹²:

- i. Compresor. Es la unidad que aspira el fluido refrigerante procedente del evaporador a la presión de baja establecida y lo comprime elevando su presión y temperatura hasta unos valores tales que se pueda efectuar la condensación, la descarga la efectúa al condensador. El factor más importante que regula la capacidad de un compresor, es la temperatura de vaporización del líquido en el evaporador.
- ii. Condensador. Se tiene que entender como un intercambiador de calor cuya función es disipar el calor extraído por el refrigerante en el evaporador hacia un medio condensante. Como resultado de la pérdida de calor del refrigerante hacia el medio condensante, este primero es enfriado hasta su temperatura de saturación y después condensado hasta su fase de estado líquido.
- iii. Evaporador. Es básicamente un intercambiador de calor entre el fluido refrigerante y el medio que lo rodea, de donde se pretende extraer calor para mantenerlo a una cierta temperatura. Como ya es sabido el refrigerante entra en el evaporador en estado de líquido a baja presión, y en consecuencia también a baja temperatura. Como el medio que le rodea está a una temperatura superior, existe una cesión de calor que proviene del ambiente, al cual será absorbida por el fluido refrigerante para poder así llevar a cabo su cambio de estado de líquido a vapor.
- iv. Dispositivos de expansión. Entre las funciones que realizan estos elementos, debemos destacar los siguientes: (1) Regulan la cantidad de fluido refrigerante, que debe entrar en el evaporador, (2) En unión del compresor, mantienen las presiones de alta y baja; podríamos decir, que

¹² BUQUÉ F. Manual Práctico de Refrigeración y Aire Acondicionado. Colombia: Alfaomega, 2007

son las "fronteras" entre la alta y la baja presión del circuito, (3) Producen la expansión del fluido. El fluido pasa de la alta a la baja presión necesaria en el evaporador.

4.5 LA EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

La eficiencia en aires acondicionados se refiere a la cantidad de energía relativa requerida para remover una cantidad específica de calor, así una unidad con eficiencia mayor consumirá menos energía que otras para realizar el mismo trabajo. En términos prácticos es similar a los kilómetros por litro para automóviles pero en vez de km/l, los equipos de Aire Acondicionado estiman la relación entre el Calor Total suministrado expresado en unidades térmicas británicas por hora (Btu/h) versus la energía eléctrica requerida para lograrlo (Kw)¹³.

Existen dos formas de evaluar el desempeño de un equipo a lo largo de un amplio rango de condiciones de operación y certificar su eficiencia: el método EER del Instituto AHRI y el método SEER del Departamento de Energía de los Estados Unidos. Instituciones y programas reconocidos que certifican la eficiencia de los equipos¹⁴.

4.5.1 E.E.R

El Instituto AHRI (Air-Conditioning, and Refrigeration Institute) representa a más de 300 empresas manufactureras, lo cual constituye el 90% de los equipos residenciales o comerciales de aire acondicionado, calentamiento de agua, calefacción y refrigeración comercial fabricados o vendidos en América del Norte. Para ser certificados, los productos del fabricante son sometidos a pruebas. Los

¹³ INPERCA. Alta Eficiencia [Publicación en Línea]. Extraído de
<http://www.inperca.com/spanish/paginas/alta_eficiencia.htm>

¹⁴ ACEVEDO. El uso de acondicionadores de aire de alta eficiencia le produce ahorros [Artículo en Línea]. En: *Corriente Verde* Vol. 01, No 03, 2010. Extraído de:
<<http://www.corrienteverde.com/articulos/uso%20acondicionadores%20aire%20altaeficiencia.html>>

equipos y sus componentes son evaluados usando los estándares propios de la industria para certificar que los niveles de rendimiento publicados sean exactos¹⁵.

La certificación se basa en la designación E.E.R. (Energy Efficiency Ratio), que indica la capacidad de enfriamiento de los equipos en Btu/hr por vatio de consumo (W) en condiciones estándar de 95° F.

4.5.2 S.E.E.R.

El Departamento de Energía de los Estados Unidos de Norteamérica, ha desarrollado el SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) como método más para evaluar el desempeño de la operación del Acondicionador de Aire durante la temporada de frío. El SEER es la producción de energía (BTU) de refrigeración durante su uso anual normal, dividido por la entrada de energía eléctrica total en vatios-horas durante el mismo periodo. Cuanto mayor sea el SEER más eficiente es la unidad¹⁶. En enero de 2006, el Departamento de Energía aumentó el mínimo de eficiencia de 10.0 a 13.0 SEER.

4.5.3 Cálculo del consumo energético

Para calcular la demanda de energía se utiliza la siguiente fórmula¹⁷:

$$\text{Demanda de Energía (KW)} = \frac{\text{Tons} * 12}{\text{Eficiencia}} = \frac{\text{BTU/h}}{\text{EER ó SEER} * 1000}$$

Si aumenta la eficiencia del sistema de aire acondicionado, la demanda en energía se reducirá. Por ejemplo, si consideramos una unidad de 12,000 BTU/h con un SEER de 10 y la comparamos con otra unidad de igual capacidad, pero con un SEER de 15, la demanda de energía será:

¹⁵ *Idem*

¹⁶ *Idem*

¹⁷ *Idem*

$$\text{Para SEER} = 10, KW = \frac{12000 \text{ BTU/h}}{10 \cdot 1000} = 1.2 \text{ KW/h}$$

$$\text{Para SEER} = 15, KW = \frac{12000 \text{ BTU/h}}{15 \cdot 1000} = 0.8 \text{ KW}$$

Si se quiere determinar el costo de operación (CO) del equipo se utiliza la siguiente fórmula¹⁸:

$$CO = T * H * \frac{C}{E * 1000}$$

Donde:

CO: Costo de Operación

T: Tarifa eléctrica en \$/Kw-h

H: Cantidad de horas de consumo en un período dado

C: Capacidad real del equipo en BTU/h

E: Eficiencia (EER ó SEER)

4.5.4 Diferencias entre el EER y el SEER

La principal diferencia entre EER y SEER es la temperatura exterior a que se prueba su desempeño. En el SEER se mide el desempeño del equipo a 82°F de temperatura exterior, el EER a 95°F¹⁹, de ahí que sea más adecuado para climas calientes y húmedos. Por lo anterior el valor correspondiente al SEER es considerablemente superior al EER para un mismo equipo, de tal manera que un equipo que tiene SEER 10 consumirá más energía que uno de EER 10, haciendo que sólo sean comparables equipos que tengan el mismo indicador de eficiencia²⁰.

¹⁸ INPERCA. *Op cit.*

¹⁹ ACEVEDO. *Op cit.*

²⁰ INPERCA. *Op cit.*

4.5.5 La tecnología Inverter²¹

Un inverter sirve para regular el voltaje, la corriente y la frecuencia de un aparato, es un circuito de conversión de energía que regula el mecanismo del aire acondicionado mediante el cambio de la frecuencia del ciclo eléctrico. En lugar de arrancar y parar frecuentemente, el compresor gira de forma continua, lo que ayuda a mantener constante la temperatura del espacio. Se asegura un gasto energético directamente proporcional a la capacidad de refrigeración requerida, evitando así consumos innecesarios y prolongando la vida del compresor²².

Mientras los equipos convencionales consiguen la temperatura deseada mediante arranques y paros de compresor, los equipos con tecnología Inverter regulan la frecuencia de funcionamiento del compresor para alcanzar antes la temperatura idónea.

Mientras que un sistema de aire acondicionado tradicional que quiera, por ejemplo, enfriar una habitación a una determinada temperatura necesita repetir continuamente ciclos de encendido/apagado del compresor, los equipos con tecnología Inverter regulan su frecuencia para alcanzar más rápido la temperatura deseada sin necesitar esos ciclos²³ como muestra la figura 3. Una vez alcanzada la temperatura deseada, el compresor funciona a una mínima frecuencia consiguiendo una reducción en el consumo del sistema y manteniendo la temperatura real con menos variaciones sobre la temperatura solicitada, a un menor nivel de sonido y con una mejor dehumidificación²⁴

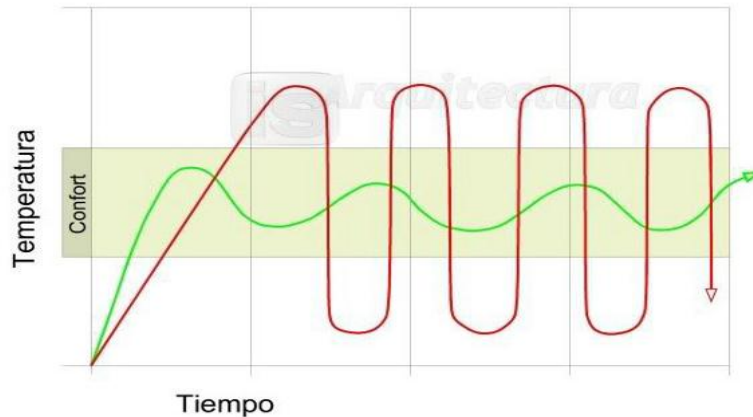
²¹ FERNÁNDEZ. Aire acondicionado con tecnología Inverter [Publicación en línea]. 2007. Extraído de <<http://blog.is-arquitectura.es/2007/06/08/aire-acondicionado-con-tecnologia-inverter/>>

²² ACEVEDO. *Op cit.*

²³ FERNÁNDEZ. *Op cit.*

²⁴ ACEVEDO. *Op cit*

Figura 3. Comparación del funcionamiento de un equipo con Inverter y un equipo tradicional de aire acondicionado.



Fuente: FERNÁNDEZ, Aire acondicionado con tecnología Inverter [Publicación en línea]. 2007

En la figura 3, la línea roja representa la temperatura en esa habitación empleando un sistema tradicional, la verde la de uno con Inverter y el área sombreada es el rango de temperatura de confort. Por ejemplo, se quiere acondicionar un espacio a 24°C, el rango de confort se puede determinar entre 24.2 °C - 23.7 °C, dado que la temperatura regulada por equipos con tecnología Inverter se mantiene siempre dentro del rango de confort no se sentirán grandes fluctuaciones, como si sucede con equipos tradicionales. En el ejemplo, un equipo no inverter enfriaría el espacio a 23 °C, luego pararía hasta que la temperatura aumente más de 25°C, y luego iniciaría un nuevo ciclo.

5 METODOLOGIA

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Este trabajo es de tipo Teórico-Práctico y busca indagar en el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado y aplicar los conocimientos en el ensamblaje de un módulo que permita a las estudiantes y practicantes, de las materias afines al tema, acercarse de manera práctica a los conocimientos impartidos en las aulas.

5.2 MÉTODO

Para el desarrollo del trabajo se realiza una investigación documental en un primer momento, recopilando información contenida en libros, documentos, guías, y manuales técnicos que permita, analizar los fundamentos del sistema a diseñar y las variables implicadas; una vez se tiene la base conceptual se utiliza un método de ensayo y error para construir el modulo.

5.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Personal calificado, guías y manuales, libros y documentos físicos como virtuales que sirven de soporte bibliográfico para el desarrollo de este proyecto.

5.4 POBLACIÓN

El proyecto va dirigido a la población estudiantil, docentes y laboratoristas del Tecnológico Pascual Bravo, que interactúen de manera directa o indirecta con el laboratorio de refrigeración.

5.5 PROCEDIMIENTO

El trabajo se desarrolló mediante al recopilación de la información e investigación, asesorías, reuniones de avance, reuniones de equipo, entrega del anteproyecto y posteriormente el proyecto de grado.

El proyecto se dividirá en dos fases, en la fase 1 se realiza la fundamentación teórica relacionada con los sistemas de aire acondicionado y refrigeración, y sus componentes; en la fase 2, se diseña un módulo didáctico que sirva de soporte a la enseñanza de la teoría como una herramienta complementaria del laboratorio del Institución Universitaria Pascual Bravo.

6 DISEÑO TÉCNICO DEL PROYECTO

A continuación se explican las especificaciones del módulo propuesto.

6.1 FUNCIONES DEL MÓDULO

El módulo didáctico de aire acondicionado permitirá contar con una herramienta de enseñanza valiosa, con la cual se podrán realizar varias tareas como:

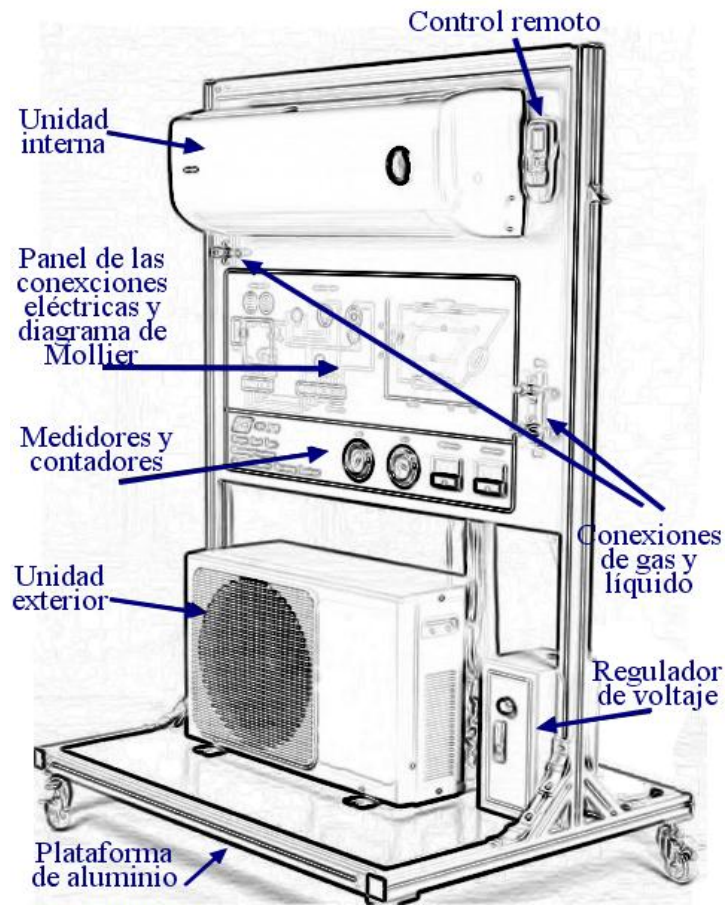
- a. Conocer los componentes del aire acondicionado tipo Split
- b. Entender la instalación del aire acondicionado tipo Split
- c. Realizar mediciones de datos experimentales que permitan calcular parámetros del aire acondicionado como el ratio de eficiencia, el flujo del refrigerante, la capacidad de enfriamiento, etc.
- d. Construir el diagrama de Mollier y el diagrama Psicométrico de Mollier Gráfico
- e. Determinar y comprender los fallos del sistema
- f. Determinar el rendimiento del sistema

6.2 CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO.

El módulo estará compuesto por 5 elementos: una unidad tipo minisplit, un regulador de voltaje, medidores y contadores, un panel de referencia y la plataforma de soporte que permitirá mover el módulo según se requiera. El módulo está diseñado para que se pueda observar el funcionamiento de la unidad interior y exterior al mismo tiempo (Ver figura 4). Sus características son:

- Los medidores consisten en 2 manómetros para medir la presión de entrada y descarga del refrigerante en el compresor, un amperímetro y voltímetro para medir la intensidad de la energía suministrada al sistema.
- Tanto la unidad interna como externa se conectan a un regulador de voltaje para prevenir sobrecargas.
- Se disponen de 4 válvulas para enseñar la conexión de las tuberías de gas y líquido entre las unidades interna y externa. Ayuda a observar cómo trabajan las dos unidades del equipo minisplit y entenderla trayectoria derefrigerante durante suciclo de circulación.
- El panel de referencia consiste en el diagrama del circuito eléctrico del sistema para facilitar su consulta y un diagrama de Mollier para realizar ejercicios de cambio en el refrigerante.
- El equipo de acondicionamiento consiste en una unidad tipo minisplit, inverter, SEER 15, R410a, de 12.000 btu/hr.
- La plataforma es de aluminio y permite trasladar el módulo. Está formada por una base con dimensiones (Longitud x ancho) de 1000x600 mm, y una placa perpendicular de 1500 mm de altura en la que se sostienen la unidad interior del equipo minisplit, los manómetros y el panel de referencia. La placa simula una pared y sirve para representar el principio de división de sistema.
- El módulo pesa aproximadamente 90 kg.

Figura 4. Diagrama del Módulo tipo mini Split propuesto



6.2.1 Especificaciones del equipo minisplit

El equipo de aire acondicionado tiene tres elementos: una unidad interior (evaporador), una unidad exterior (compresor, condensador y tubo capilar) y el control remoto del equipo (Ver figura 5). Tiene las siguientes características:

Figura 5. Unidad Mini Split



6.2.1.1 Características físicas

El equipo mini Split tiene un diseño compacto de alta pared, combina perfectamente con cualquier decoración. Incorpora una pantalla LED y sus dimensiones son:

- Unidad interior (Alto x Ancho x Fondo): 260 x 870 x 185 mm
- Unidad exterior (Alto x Ancho x Fondo): 550 x 760 x 250 mm

6.2.1.2 Características técnicas

En cuanto a la información de operación del equipo tenemos:

- Capacidad: 12,000 BTUs hasta un máximo de 24.000 BTU
- SEER: 15 (alta eficiencia)
- Control de temperatura por termistor
- Consumo de energía: approx. 0.8 - 1,0 kW
- Poder de enfriamiento: 3.3 kW
- Flujo de aire máximo (unidad interior): approx. 420m³/h

- Deshumidificación(unidad interior): approx. 0,8L/h
- Rango de medida de presión (entrada/descarga): -1...40bar
- Refrigerante: R410a, CFC-free
- Fuente de alimentación: 220V, 50/60Hz, monofásico

6.2.1.3 Características funcionales

El equipo posee algunas características que mejoran su rendimiento:

- Incorpora Tecnología Inverter, ajusta continuamente la velocidad del compresor para que coincida con la calefacción y la refrigeración. Alcanza antes la temperatura de confort regulando las revoluciones del motor disminuyendo el consumo energético.
- Mando a distancia para ajustar la temperatura, velocidad del aire, la dirección del flujo de aire, activar las funciones de reposo, temporizador y oscilación.
- El ventilador continúa durante un corto período después de la parada de mantener la unidad limpia y seca.
- Funcionamiento extremadamente silencioso con niveles de sonido en interiores alrededor de 29 dB y niveles al aire libre cercanos a 59 dB.
- El modo Turbo permite a la unidad maximizar la refrigeración o la salida de calentamiento para llegar rápidamente a la temperatura deseada.
- El modo de temporizador, hasta 24h, permite que la unidad se apague cuando no se necesita.
- El modo de reposo mantiene constante las condiciones para preservar la temperatura del espacio.
- Tiene una función de reinicio automático que restaura los ajustes programados en caso de un corte de energía.
- Funciona con refrigerante R410a y tiene detección automática de fugas, con el fin de acoplarse a la normativa ambiental.

6.3 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es el conjunto de operaciones periódicas sobre los equipos e instalaciones, para mantenerlos en perfecto estado, con el máximo de rendimiento, y evitando su progresivo deterioro, y averías costosas. Las siguientes indicaciones comprenden un programa de mantenimiento recomendado:

- Sección Evaporador.
 - Limpieza general y chequeo de fugas.
 - Alineamiento de aletas y limpieza de filtro.
- Sección de motor ventilador.
 - Chequeo de tensión y amperaje
 - Chequeo de vibración y ruidos
 - Verificación de rotación y controles de oxidación.
- Sección compresor.
 - Limpieza general y chequeo de tensión y amperaje.
 - Chequeo de fugas y verificación de arranque por termostato.
 - Verificación de presiones de aire y de baja.
 - Verificación de temperatura.
 - Verificación nivel de aceite.
- Sección Controles.
 - Limpieza general y verificación de funcionamiento.
 - Chequeo de contactos y elementos fijos.

De manera detallada de acuerdo con la frecuencia es necesario tener en cuenta:

6.3.1 Rutina semanal

- Inspección de manómetros, válvulas, visor.
- Verificar que no exista fugas de refrigerante

6.3.2 Rutina frecuencia mensual

- Lectura de amperajes y voltajes de todos los elementos del equipo.

- Estado de los controles de presión, temperatura; sometimiento a pruebas de desafío a fin de evaluar su respuesta efectiva.
- Estado de los serpentines e intercambiadores
- Chequeo por fugas de refrigerante a tuberías y accesorios de las líneas de refrigerante.
- Análisis de ruidos y supresión de aquellos que no son propios del funcionamiento.
- Inspección de filtros de aire.
- Inspección de gabinetes; latonería y pintura.
- Evaluación de los sistemas de ventilación, alineación, balanceo
- Evaluación de los sistemas de aislamiento térmico tanto de equipos como de conductos de ventilación.
- Limpieza, balanceo, ajuste de difusores, rejillas de suministro y retorno.
- Revisión visual estado general de las conexiones eléctricas.
- Verificar nivel de aceite en compresores
- Revisar los parámetros de refrigeración del compresor

6.3.3 Rutina frecuencia anual

- Inspeccionar el compartimiento de las unidades en busca de señales de corrosión.
- Revisar la turbina y hélice del ventilador y la carcasa en busca de daños de las unidades y asegurarse de que no hayan obstrucciones para su movimiento
- Verificar el estado de latonería en general, cambio total de tortillería del gabinete; pintura con anticorrosivo, latonería en piezas donde sea requerido y a criterio, pintura general
- Verificar la estabilidad de la plataforma del módulo.
- Reemplazar filtros
- Verificar el estado y/o operación de cada uno de los componentes eléctricos.

- Revisar el estado de aceite de los compresores, cambiarlos si ha ocurrido cualquier cambio de color o PH(efectuar prueba de acidez al refrigerante)
- Si se hace cambio de aceite deben cambiarse filtros secadores.

7 CONCLUSIONES

- En el presente proyecto de tesis de grado se ha diseñado un módulo didáctico de aire acondicionado para el laboratorio de refrigeración, buscando mejorar el proceso de enseñanza.
- Pese a ser un diseño sencillo, el módulo ayudará a estudiantes y practicantes de cátedras afines al tema a identificar y manipular cada uno de los elementos que conforman el sistema.
- El módulo utiliza una unidad de aire acondicionado de eficiencia alta para minimizar el consumo energético, disminuir costos y mantener el desgaste del equipo en niveles bajos, prolongando su vida operativa.
- Con el diseño de este nuevo módulo didáctico tipo Split de eficiencia estándar, se obtendrán excelentes resultados en el acondicionamiento y mejoramiento de los nuevos y modernos laboratorios de la Institución Universitaria Pascual Bravo beneficiando a estudiantes y docentes en sus procesos de formación.

8 RECOMENDACIONES

- Cualquier falla producida en el módulo se debe analizar adecuadamente según el manual de funcionamiento del equipo.
- Se debe observar con frecuencia si la carga de refrigerante es la correcta, caso contrario se debe realizar la carga pertinente.
- Para realizar las pruebas de laboratorio correspondientes el estudiante o practicante debe seguir los procedimientos que se indica en las guías de manejo, de manera que no cometa errores que puedan dañar el equipo.
- Se recomienda realizar mantenimiento preventivo con frecuencia para garantizar y conservar la vida operativa del equipo de aire acondicionado.
- Se debe tomar muy en cuenta las presiones de los manómetros tanto como de baja y de alta en el momento de arrancar el sistema.
- Es necesario revisar con frecuencia que las uniones de la plataforma de aluminio estén en buen estado para asegurar la integridad del módulo.

9 BIBLIOGRAFÍA

- [1] ACEVEDO. El uso de acondicionadores de aire de alta eficiencia le produce ahorros [Artículo en Línea]. En: *Corriente Verde* Vol. 01, No 03, 2010. Extraído de:
<<http://www.corrienteverde.com/articulos/usoacondicionadoresairealtaeficiencia.html>>
- [2] BUQUÉ F. Manual Práctico de Refrigeración y Aire Acondicionado. Colombia: Alfaomega, 2007
- [3] FRANCO, J. Manual de Refrigeración. España: Reverté, 2006
- [4] CAMPOVERDE, M. y VÉLEZ, A. Diseño y construcción de un banco de pruebas para un sistema de climatización para laboratorio. Tesis de la Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Ecuador. 2011
- [5] GONZÁLEZ, C. Instalaciones de Climatización y Ventilación. España-Valencia: Conselleria de Cultura, Educación y Deporte, 2006
- [6] JUTGLAR, L. Técnica de Refrigeración. España: Marcombo, 2008
- [7] MORAN, Michael; SHAPIRO, Howard. *Fundamentals of engineering thermodynamics 7Ed.* Ed John Wiley & Sons Ltd, Chichester (England). 2006
- [8] PITA, E. Acondicionamiento de Aire-Principios y Sistemas. 2da. ed. México: Limusa, 2003

[9] RAMÍREZ, D. Diseño, construcción y pruebas de un banco de refrigeración para Laboratorio. Ecuador-Riobamba, 2008. (tesis).

10 CIBERGRAFÍA

- [1] E-URE curso virtual del uso racional de la energía 2014. [Curso en línea].
<<http://www.si3ea.gov.co/Eure/>>
- [2] FERNÁNDEZ. Aire acondicionado con tecnología Inverter [Publicación en línea]. 2007. Extraído de <<http://blog.is-arquitectura.es/2007/06/08/aire-acondicionado-con-tecnologia-inverter/>>
- [3] INPERCA. Alta Eficiencia [Publicación en Línea]. Extraído de <http://www.inperca.com/spanish/paginas/alta_eficiencia.htm>
- [4] Manual de aire acondicionado. Documento facilitado por <manualesydiagramas.blogspot.com>

Summary

The industry requires increasing competition from professionals. The IUPB in their need to increase the competitiveness of its programs has begun construction of new laboratories refrigeration and air conditioning in order to improve their training processes. In this sense, this work was to design a module high efficiency air conditioning Laboratory refrigeration. The project objective is to equip new laboratories of the institution of a basic tool to complement the formation of technicians and technologists through practical learning and serve to strengthen the research process.