



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

Diseño y construcción de un sistema de acondicionador de aire para prácticas estudiantiles en la Carrera de Ingeniería en Eléctrico Mecánica de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

AUTOR:

Córdova Tomalá, Julio Enrique

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TUTOR:

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar

Guayaquil, Ecuador

20 de septiembre del 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Córdova Tomalá, Julio Enrique como requerimiento para la obtención del
título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

TUTOR

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Córdova Tomalá, Julio Enrique**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación **“Diseño y construcción de un sistema de acondicionador de aire para prácticas estudiantiles en la Carrera de Ingeniería en Eléctrico Mecánica de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2021

EL AUTOR

CÓRDOVA TOMALÁ, JULIO ENRIQUE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Córdova Tomalá, Julio Enrique**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño y construcción de un sistema de acondicionador de aire para prácticas estudiantiles en la Carrera de Ingeniería en Eléctrico Mecánica de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2021

EL AUTOR

CÓRDOVA TOMALÁ, JULIO ENRIQUE

REPORTE DE URKUND

URKUND Fernando Palacios Meléndez (edwin_palacios)

Documento [TT-JC-A-21 - 2a. revision final SIN 28-08-21.docx](#) (D111783194)

Presentado 2021-08-28 21:48 (-04:00)

Presentado por Carlos Bolívar Romero Rosero (carlos.romero@cu.ucsg.edu.ec)

Recibido edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje [TT-JC-A-2021] [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de estas 32 páginas, se componen de texto presente en 8 fuentes.

Lista de fuentes	Bloques
Categoría	Enlace/nombre de archivo
	TESIS DE GRADO - HAROLD GHERARDOY.pdf
	MODULO DE FALLAS SISTEMAS DE CLIMATIZACION - BOR...
	http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14359/1/T...
	https://solar-energia.net/termodinamica/procesos-term...
	https://solar-energia.net/termodinamica/procesos-term...
	https://pablojrguez.wordpress.com/2014/05/30/como-di...

1 Advertencias Reiniciar Exportar Compartir

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

Diseño y construcción de un sistema de acondicionador de aire para prácticas estudiantiles en la carrera

de ingeniería en eléctrico mecánica DE LA FACULTAD DE EDUCACIÓN

TÉCNICA PARA EL DESARROLLO DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

AUTOR: Córdova Tomalá, Julio Enrique

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TUTOR: Ing.

Romero Rosero, Carlos Bolívar

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi trabajo de titulación a Dios quien me ha dado la gracia de tener una familia perfecta, quienes me han apoyado en todo momento de mi vida. Mis padres Julio Córdova y Olga Tomalá son mi fortaleza y mi conciencia. A mi hermana Cristina Córdova por su apoyo incondicional. A mi abuelo Antonio Tomalá quien me apoyó toda su vida y sé que aún en el cielo me seguirá guiando para ser un gran ser humano. A toda mi familia, amigos quienes han creído en mí y saben que jamás me daré por vencido. Con Dios y mi familia nada podrá contra mí.

EL AUTOR

CÓRDOVA TOMALÁ, JULIO ENRIQUE

AGRADECIMIENTO

Quiero darle gracias a Dios por darme la oportunidad de terminar mi carrera profesional, por tener una familia perfecta los cuales nunca se han dado por vencidos y siempre me han apoyado en todo momento de mi vida, la verdad que sin ellos no hubiera podido llegar hasta donde estoy ahora, sé que el camino todavía sigue y para largo pero jamás me parare. A mi padre Julio Córdova, mi mentor, mi maestro, mi padre el mejor de todos los tiempos quien me ha enseñado a ser un hombre, un ingeniero, a trabajar por lo que quiero y nunca bajar la cabeza. Sus consejos me fortalecen a diario. A mi madre quien es mi ángel, tiene el corazón más grande que conozco. Su apoyo ha sido incondicional altas y bajas, ella siempre ha estado conmigo. Te lo dedico madre y espero poder dedicarte muchos logros más, porque todo lo que algún día alcance será gracias a ti. Mi hermana Cristina Córdova sin ella esto no podría haberse hecho realidad, gracias a ella estoy aquí y espero algún día poder recompensar todo lo que mi hermana ha hecho por mí. A mi familia y amigos que siempre me han apoyado. A los hermanos que me ha dado la UCSG Emilio, Carlos, Tito, David, Xavier un apoyo en lo académico y en lo personal. Mi tutor Carlos Romero quien me ha apoyado en toda la ejecución de mi trabajo de titulación

EL AUTOR

CÓRDOVA TOMALÁ, JULIO ENRIQUE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
M. Sc. Romero Paz, Manuel de Jesús
DECANO

f. 
M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
COORDINADOR DEL ÁREA

f. 
M. Sc. BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR
OPONENTE

Índice General

Índice de Tabla.....	XI
Índice de Figuras.....	XII
Resumen.....	XIV
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Definición del Problema.....	3
1.4 Justificación del Problema.....	3
1.5 Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.6 Hipótesis.....	5
1.7 Metodología de Investigación.....	5
CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1 Estados de la materia.....	6
2.2 Densidad.....	7
2.3 Temperatura.....	7
2.4 Entorno de la climatización.....	9
2.5 Transferencia de calor.....	11
2.6 Fluidos.....	12
2.7 Termodinámica.....	15
2.8 Principio de Carnot.....	17
2.9 Relación temperatura – presión.....	19
2.10 Ley de Boyle Marriotte.....	21
2.11 Principios de la refrigeración.....	23
2.12 Elementos principales de un sistema de refrigeración por compresión mecánica.....	27

2.13. Elementos adicionales que se encuentran dentro del sistema del aire acondicionado.....	37
2.14 Principales herramientas para analizar el funcionamiento de un acondicionador de aire	38
2.16 Climatización	41
CAPÍTULO 3. DISEÑO, IMPLEMENTACION Y RESULTADOS	48
3.1 Ubicación del equipo de prácticas de aire acondicionado.	48
3.2 La Facultad de Técnica Para el Desarrollo y la Climatización	50
3.3 Ubicación donde se construirá el banco de prueba	52
3.4 Tipos de elementos a utilizar en el banco de prueba.....	53
3.5 Especificaciones eléctricas y mecánicas de los elementos a utilizar	55
3.6 Diagrama de flujo del proyecto banco de pruebas de prácticas estudiantiles.....	62
3.7 Cronograma de la construcción del banco de pruebas propuesto...	63
3.8 Construcción del equipo de banco de pruebas de climatización	64
3.9 Presupuesto aproximado del diseño y construcción del banco de prueba propuesto.....	69
Conclusiones.....	72
Recomendaciones.....	73
ANEXOS	74
Anexo 1. Evidencia fotográfica	74
Anexo 2. Instructivo de prácticas para los estudiantes	77
Bibliografía	79

Índice de Tabla

Tabla 2.1. Conversiones de unidades de temperatura	8
Tabla 2.2. Conversiones de unidades de calor	10
Tabla 2.3. Unidades de presión	13
Tabla 2.4. Conversiones de unidades de volumen	15
Tabla 2.5. Unidades de Potencia	40
Tabla 2.6. Conversiones de unidades de potencia	41
Tabla 2.7. Conversiones de unidades de potencia	43
Tabla 2.8. Equipos de expansión directa	46
Tabla 3.1. Especificaciones técnicas y eléctricas de los elementos a utilizar	55
Tabla 3.2. Especificaciones del equipo a construir	61
Tabla 3.3. Diagrama de flujo	62
Tabla 3.4. Cronograma de actividades para construcción del banco pruebas	66
Tabla 3.5. Prueba de funcionamiento del equipo de pruebas	67
Tabla 3.6. Presupuesto aproximado de la construcción del banco de pruebas	70

Índice de Figuras

Figura 2.1. Entorno de la climatización	9
Figura 2.2. Tipos de transferencia de calor.....	11
Figura 2.3. Primera ley de la termodinámica	16
Figura 2.4. Segunda Ley de la termodinámica	16
Figura 2.5. Principio de Carnot	17
Figura 2.6. Ley de los gases de Boyle Marriote	21
Figura 2.7. Ley de los gases de Charles.....	22
Figura 2.8. Ley de los gases de Gay Lussac	23
Figura 2.9. Principio de refrigeración	23
Figura 2.10. Principio de refrigeración	24
Figura 2.11. Principio de refrigeración	25
Figura 2.12. Principio de refrigeración	26
Figura 2.13. Compresores rotativos.....	29
Figura 2.14. Condensadores.....	31
Figura 2.15. Principio de refrigeración	31
Figura 2.16. Tubería capilar	33
Figura 2.17. Valvula de expansión.....	33
Figura 2.18. Evaporador	34
Figura 2.19. Principio de refrigeración	35
Figura 2.20. Refrigerante R410.....	37
Figura 2.21. Tarjeta electrónica de A/A.....	38
Figura 2.22. Manómetro completo	39
Figura 2.23. Pistola infrarroja.....	39
Figura 2.24. Climatización	42
Figura 2.25. Tipos de acondicionadores de aire	43
Figura 2.26. Mini Split	44
Figura 2.27. Split tipo cassette.....	45
Figura 2.28. Split Fan Coil	46
Figura 2.29. Sistema VRF.....	47
Figura 3.1. Campus Universidad Católica De Santiago De Guayaquil	48
Figura 3.2. Ubicación Google de la UCSG	49
Figura 3.3. Facultad De Educación Técnica Para El Desarrollo	49

Figura 3.4. Laboratorio de control y movimiento	50
Figura 3.5. Facultad climatizada	51
Figura 3.6. Recepción de la facultad climatizada.....	52
Figura 3.7. Taller de Tecnicomfort S.A.	52
Figura 3.8. Diseño a escala del banco de pruebas	64
Figura 3.9. Ensamble del circuito de la tarjeta electrónica.....	66
Figura 3.10. Recarga de gas refrigerante al equipo de pruebas.....	67
Figura 3.11. Pruebas de medición de temperaturas en el equipo de pruebas.....	68
Figura 3.12. Banco de pruebas para practicas estudiantiles	69

Resumen

La industria del HVAC (Heating – ventilation – air conditioning) se ha proliferado de manera exponencial en los últimos años. Con los avances tecnológicos se ha podido incrementar la flexibilidad, eficiencia, ahorro y confort de los equipos de climatización y a su vez ha plasmado un crecimiento en el mercado y un aumento de oportunidades laborales. Esto da a notar que la materia de climatización es indispensable para los aspirantes a ingenieros ya que ocupa un lugar sumamente importante en el mercado. En todo trabajo donde se vayan a ejecutar labores técnicas se debe de tener experiencia con la cual se pueda desempeñar el trabajo correctamente. Por lo cual en el capítulo dos se presenta toda la fundamentación teórica referente al área de climatización en donde se encuentra la explicación de todos los fenómenos termodinámicos que ocurren dentro de un aire acondicionado. La misión de este proyecto es crear un equipamiento didáctico con el cual los estudiantes puedan poner en práctica todos los conocimientos recibidos en clase por esta razón en el capítulo tres se investigó todos los elementos necesarios para poder construir este banco de pruebas y que tipo de herramientas son necesarias para que los futuros ingenieros puedan ejecutar sus análisis, mediciones y experimentaciones de acuerdo a lo aprendido.

Palabras claves: HVAC/R – CONFORT – TECNICAS – FENÓMENOS - AIRE ACONDICIONADO – TERMODINÁMICOS

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1 Introducción.

El desarrollo del ser humano se fundamenta en la búsqueda de la simplificación de la vida cotidiana del mismo y mejorar el entorno en donde se desenvuelve. El confort siempre ha sido una de las búsquedas más anheladas por las sociedades ya que le permite ejecutar sus acciones diarias con menos fatigas térmicas lo cual lo ayuda a relajarse y concentrarse en sus labores cotidianas. La manera más eficiente de generar confort es por medio de equipos de aire acondicionado, pero esto va más allá de una simple maquina ya que un sistema de climatización conlleva a estudios de ciclos térmicos con los cuales se logró regular los principales parámetros de temperatura y humedad ideales para el confort humano.

Los sistemas de climatización se dividen en dos grupos los de confort y los de precisión. La principal diferencia entre los dos sistemas es el tipo de acondicionamiento que se vaya a ejecutar. Los acondicionadores de confort regulan las condiciones de temperatura, humedad, calidad de aire interior y ventilación las cuales deben ser las apropiadas permitiendo que la persona logre sentirse cómoda, estas condiciones no pueden ser perjudiciales al rendimiento diario que ejecuta una persona en un área interior.

Los acondicionadores de aire de precisión ofrecen un alto grado de sensibilidad lo cual ofrece una mayor eficiencia y entrega condiciones de temperatura y humedad mucho más precisas. Este tipo de climatizador se lo encuentra más en el ámbito comercial e industrial como lo son los data center, áreas de quirófanos, salas de procesos industriales (alimentos, químicos, fármacos), microprocesadores, circuitos integrados etc.

El área de climatización es muy extensa y para poderla estudiar de manera eficaz se necesitan de estudios de laboratorio, pruebas de simulación para poner en funcionamiento un acondicionadores de aire y estudiar todos los parámetros que arroja el sistema como son presión, temperatura, amperaje, potencia, capacidad de enfriamiento, eficiencia los cuales nos ayudaran a analizar el trabajo del climatizador y lo podamos efectuar en las diferentes ramas sea residencial, comercial o industrial

1.2 Antecedentes.

En la malla curricular de la carrera de ingeniería eléctrico-mecánica de la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil se encuentra la materia de climatización. Cada semestre los alumnos aspirantes a ser ingenieros toman la asignatura para obtener conocimientos sobre los diferentes procesos termodinámicos que ocurren dentro de un sistema de aire acondicionado. Dentro de un climatizador se encuentran diferentes componentes que tienen funciones importantes para que se cumpla el ciclo termodinámico. En la materia se obtiene bastantes conocimientos teóricos correspondiente a los sistemas de climatización que son de suma importancia para entender el funcionamiento de un aire acondicionado. Para captar con más eficacia lo aprendido se lo debe llevar a la práctica ya que este sistema se lo encuentra en diferentes ámbitos de la ingeniería ya sea en los medios residenciales, comerciales e industriales.

La climatización es una materia sumamente importante ya que su proceso térmico se lo puede encontrar en las distintas industrias. Por esta razón los estudiantes tienen la necesidad de contar en sus laboratorios con equipamientos donde puedan observar, medir, experimentar lo importante que son los sistemas de climatización. Actualmente los estudiantes no cuentan con estos equipos.

1.3 Definición del Problema.

Como influye la falta de un banco de pruebas de aire acondicionado en los aprendizajes de la materia de climatización de los estudiantes de la carrera de ingeniería en eléctrico mecánica de la Facultad Técnica de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil actualmente.

1.4 Justificación del Problema.

Los beneficiarios con la realización de este tema de investigación serán los estudiantes y docentes quienes podrán ejecutar sus prácticas de acuerdo a sus respectivas clases de climatización y ayudaría satisfactoriamente a la comprensión de todos los procesos que ocurren dentro de un sistema de aire acondicionado.

La relevancia del área de la climatización es muy amplia donde se encuentran proyectos de ingeniería muy novedosos y lucrativos. Esta investigación permite al estudiante aprovechar lo relevante en cuanto a poner en práctica, diseñando y construyendo proyectos de esta área de la ingeniería en eléctrica mecánica.

Como impacto académico, con este equipamiento además de ayudar a relacionar lo teórico con lo experimental seguramente, se acredita más a la carrera, ya que, se tiene un elemento de fortalecerá al estudiante en calidad y compromiso con el aprendizaje,

Como impacto social, este tema de titulación contribuirá a la sociedad a contar con profesionales altamente capacitados en sus prácticas de la climatización para el diseño, instalación y mantenimiento de este tipo de estructuras.

1.5 Objetivos del Problema de Investigación.

Objetivo General.

Diseñar y construir un banco de pruebas de aire acondicionado mediante la investigación de especificaciones técnicas para prácticas estudiantiles en la materia de climatización de la carrera de ingeniería eléctrico-mecánica de la Facultad Técnica Para el Desarrollo de La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Objetivos Específicos.

1. Identificar el sitio donde se realizará el diseño, construcción y montaje del equipo de prácticas de aire acondicionado.
2. Definir los principales conceptos y elementos que componen un sistema de acondicionador de aire como banco de pruebas.
3. Diseñar y construir el equipo de aire acondicionado para prácticas estudiantiles.
4. Elaborar un presupuesto aproximado del diseño y construcción del banco de prueba propuesto.

1.6 Hipótesis.

Con esta investigación de diseño e implementación de un banco de pruebas de un sistema de climatización fortalecerán los conocimientos adquiridos de los futuros ingenieros en eléctrica mecánica de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

1.7 Metodología de Investigación.

El método de la investigación es deductivo. La metodología que se utilizará en el presente trabajo es de carácter descriptivo, documental y analítico con lo cual se pretende afirmar la hipótesis planteada. Se llevará a cabo un enfoque cuantitativo.

CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Estados de la materia

Los estados de la materia son las fases que se puede encontrar en una sustancia, sean puras o mezclas. Esto depende del tipo de átomos, iones o partículas que lo conforman y su respectiva fuerza de unión. Estos cambios de estado son controlados mediante la presión y la temperatura.

Los diferentes estados de la materia son: Solido, Liquido, Gaseoso y Plasmático

2.1.1 Solido.

Se caracteriza por tener una gran fuerza de cohesión entre sus partículas, las cuales forman uniones muy fuertes y logran darle una forma física muy rígida y resistente.

2.1.2 Liquido.

Es el estado intermedio entre el sólido y el gaseoso debido a que sus partículas se encuentran unidas y disponen de una cohesión mínima lo que permite fluidez y cambio de forma

2.1.3 Gaseoso.

Este estado se caracteriza por tener sus partículas dispersas, constan de una fuerza de atracción muy leve razón por la cual no ocupa un volumen definido en el espacio.

2.1.4 Plasmático.

Se lo conoce como un gas ionizado ya que esta compuesto átomos a los que le han añadido o quitado electrones razón por la cual disponen de una carga eléctrica fija. Este estado no se lo encuentra en la cotidianidad

2.2 Densidad

La densidad es una magnitud de la materia que se basa en la medida del grado de compactación de una sustancia u objeto ya que estudia la relación que existe entre la masa y el volumen. Varía en función de los cambios de presión, temperatura y los cambios de estado de la materia.

2.2.1 Densidad absoluta.

La densidad absoluta (ρ) también llamada densidad real es una propiedad de la materia que expresa la relación que existe entre la masa y el volumen de un cuerpo o sustancia ya sea en estado sólido, líquido, gaseoso o plasmático.

$$\text{Densidad} = \text{Masa/Volumen}$$

2.2.2 Densidad relativa

La densidad relativa o también llamada densidad aparente es una magnitud adimensional que expresa la relación que existe entre la densidad de una sustancia u objeto y la densidad de otra sustancia de prueba. Su unidad es Kg/cm³.

$$p_r = \rho / \rho_0$$

2.2.3 Gravedad Específica.

La gravedad específica es la relación que existe entre la densidad de una sustancia y la densidad del agua. Si la gravedad específica es más que 1 la sustancia es más densa que el agua y si marca menos de 1 la sustancia es menos densa que el agua.

$$GE = \rho \text{ Sustancia} / \rho \text{ Agua}$$

2.3 Temperatura

La temperatura es la magnitud física que nos permite medir el nivel de energía térmica que contiene un cuerpo. Las partículas cuentan con energía cinética la cual ayuda a que las partículas se trasladen a cierta velocidad y

dirección, esto da una relación de mientras más energía cinética tenga la partícula mayor será su temperatura. Las unidades de temperatura son:

- Celsius (°C)
Punto de congelación 0° - Punto de ebullición 100 °C
- Fahrenheit (°F)
Punto de congelación 32°F - Punto de ebullición 212 °F
- Kelvin (K)
0 K es igual al cero absoluto

2.3.1 Cero absoluto.

El cero absoluto es el nivel de energía interna más bajo en el cual la temperatura mínima que puede tener un cuerpo. Es la temperatura en donde el movimiento de átomos y moléculas es nulo. El cero absoluto es una magnitud teórica que es imposible llegar en la práctica. Se lo conoce como 0K

2.3.2 Conversiones de unidades de Temperatura.

Para convertir las diferentes unidades de medida de temperatura según la tabla 2.1, tenemos:

Tabla 2.1: Conversiones de unidades de temperatura

<i>Centígrados a Kelvin</i>	$^{\circ}\text{C} + 273$
<i>Centígrados a Fahrenheit</i>	$^{\circ}\text{F} = 9/5 (^{\circ}\text{C} + 32)$
<i>Fahrenheit a Centígrados</i>	$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$
<i>Fahrenheit a Kelvin</i>	$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{F} + 460$

Fuente: Autor

2.4 Entorno de la climatización

La climatización de ambientes es un proceso común, y algunas construcciones, según su ubicación y características de diseño no pueden prescindir de su uso puesto que las condiciones internas serían insostenibles. También es importante para mantener una calidad de aire interior aceptable para los ocupantes.

El aire acondicionado no solo permite llegar a temperaturas de confort (véase la figura 2.1) donde el usuario pueda sentirse bien, sino que también le permite mejorar su productividad en sus actividades cotidianas.

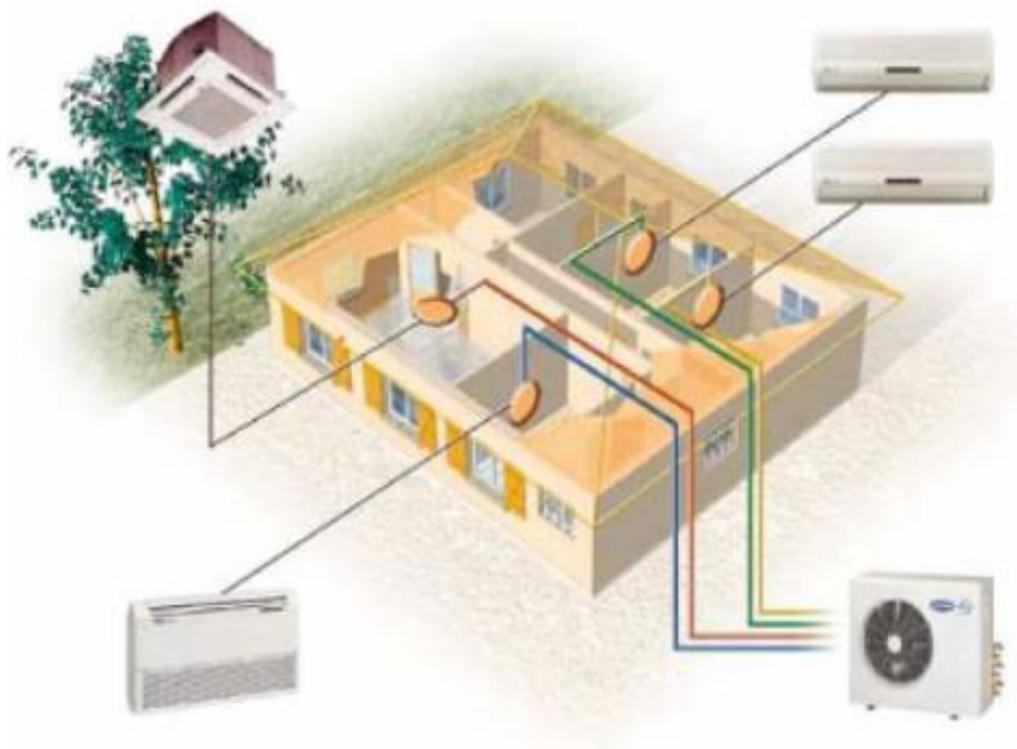


Figura 2.1. Entorno de la climatización

Fuente: (Rodríguez, 2014)

2.4.1 Calor.

Calor (Q) es la energía que se transfiere de un cuerpo a otro. Esta transferencia tiene una dirección definida la cual se crea por la diferencia de temperatura que existe entre dos cuerpos. El calor fluye desde el cuerpo más caliente al más frío con el fin de que haya un equilibrio térmico entre los

dos objetos. Cuando esto ocurre hay una ganancia de energía del cuerpo más frío y hay una pérdida de energía del cuerpo más caliente.

2.4.2 Unidades de calor.

Como el calor es energía se lo puede definir con las siguientes unidades:

- Joule (J)

Es la cantidad de trabajo realizado por una fuerza constante de un 1 Nw en un 1m

- Caloría (cal)

Es la cantidad de energía que se necesita para calentar 1 gr de agua en 1°C

- Kilocaloría (kcal)

Es la cantidad de energía que se necesita para calentar 1Kgr de agua en 1°C

- Btu

Se lo utiliza en las industrias de generación de energía, vapor, aire acondicionado. Como unidad de energía se ha visto sustituida en su gran parte por el Joule

Conversiones de unidades de Calor

Según muestra la tabla 2 las conversiones de unidades de calor son las siguientes:

Tabla 2.2. Conversiones de unidades de calor

<i>1 Joule</i>	<i>0.239 cal</i>
<i>1 cal</i>	4.186 J
<i>1 Kcal</i>	4186 J
<i>1 Kcal</i>	1000 cal
<i>1 Btu</i>	778 lb-ft
<i>1 Btu</i>	1054 J
<i>1 Btu</i>	252 cal
<i>1 Btu</i>	0.252 Kcal

Fuente: Autor

2.4.3 Calor sensible.

El calor sensible es la energía que se le concede a un cuerpo con el cual aumentara su temperatura. Es la cantidad de calor que se puede añadir o extraer de un cuerpo sin cambiar su estructura molecular o fase. Se lo evidencia midiendo temperatura de bulbo seco.

2.4.4 Calor latente.

El calor latente es la energía que se le debe extraer o suministrar a un cuerpo para cambiar su fase que puede ser de sólido, líquido o gaseoso sin modificar su temperatura. Se lo evidencia midiendo la temperatura de bulbo húmedo.

2.5 Transferencia de calor

La transferencia de calor es un fenómeno físico que consiste en el intercambio de energía que se genera entre dos cuerpos. Esto se produce cuando dos sistemas que tiene temperaturas diferentes se ponen en contacto lo cual se produce un flujo de energía calorífica que viaja desde el cuerpo con mayor temperatura al que tiene menor temperatura hasta alcanzar un equilibrio térmico donde se logran igualar las temperaturas. Existen tres procesos de transferencia de calor (como indica la figura 2.2) que son conducción, radiación y convección.

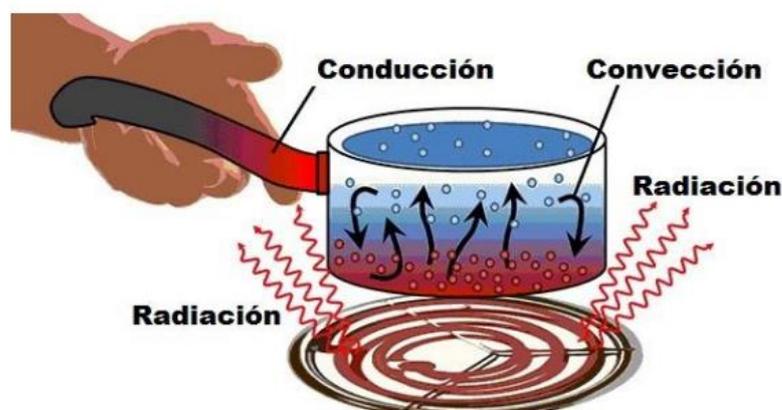


Figura 2.2. Tipos de transferencia de calor
Fuente:(Labat, 2018)

2.5.1 Conducción.

La conducción se genera por el contacto directo de las partículas de un material. Esto ocurre por el choque de partículas las de alta

velocidad con las de baja velocidad. Se da entre un cuerpo de alta temperatura a uno de menor temperatura y puede ocurrir en todos los estados de la materia.

2.5.2 Radiación.

Esta transferencia de calor se genera por movimiento de las partículas en dirección recta emite espectros electromagnéticos los cuales son radiaciones térmicas que viaja desde el un cuerpo caliente al más frío. Esto depende de la intensidad y la longitud de onda de la radiación. Se dé en ausencia de contacto entre los dos cuerpos

2.5.3 Convección.

La transferencia de calor por convección se genera mediante el desplazamiento de una masa o fluido que pueden ser el aire o el agua. Cuando el líquido o el gas se calientan se mueve alrededor de la fuente calorífica donde se transporta energía. Esto quiere decir que cuando el aire que contiene una temperatura alta impacta sobre una superficie más fría, el aire va a ceder el calor hacia la superficie con la que colisiono que está a una temperatura más baja. Las moléculas del aire se expanden cuando se chocan con una superficie más caliente y se vuelve más denso lo que permite que se eleve, lo mismo ocurre con el agua, cuando se calienta tiene una densidad más baja que la fría y se eleva lo que origina un transporte de energía.

2.6 Fluidos

Es un cuerpo o sustancia que tiene la capacidad de fluir que no tiene rigidez ni elasticidad. Pueden ser líquidos o gases y cuentan con la capacidad de cambiar de forma según el lugar donde se lo contiene ya que la fuerza de cohesión de sus partículas es débil.

2.6.1 Presión.

La presión es una magnitud física que mide la fuerza ejercida perpendicularmente sobre una superficie. Se mide cuando está en equilibrio con otra fuerza que puede ser cualquier elemento que pueda soportar una deformación cualitativa al aplicar dicha fuerza.

La presión es $P=F / S$

Presión = Fuerza / Superficie

2.6.2 Unidades de la presión.

Las unidades de presión son:

- Pascal (Pa)

Es la presión que ejerce un Newton en un metro cuadrado (N/m²)

- Bar

Equivale a 100.000 Pa

- Milímetros de mercurio (mmHg)

Es la altura que alcanza una columna de mercurio al variar la presión atmosférica

1mmHg = 0,013bar

- Atmosfera (atm)

Es la presión atmosférica con referencia al nivel del mar

1atm = Kgf/cm.2

- Libras por pulgada cuadrada (lb/pulg.2) (PSI)

Expresa la presión relativa al ambiente

1 bar = 14,5 psi

Como explica la tabla 2.3 las conversiones de las unidades de presión son:

Tabla 2.3. Unidades de presión

	<i>Pa</i>	<i>Bar</i>	<i>mmHg</i>	<i>Atm</i>	<i>Psi</i>
<i>1 Pa</i>	1	10. ⁻⁵	7.5×10. ⁻³	1.02×10. ⁻⁵	0.1450×10. ⁻³
<i>1 Bar</i>	10. ⁵	1	750	1.02	14.50
<i>1 mmHg</i>	133.32	1.333×10. ⁻³	1	1.36×10. ⁻³	1.934×10. ⁻²
<i>1 Atm</i>	9.81×10 ⁴	0.981	736	1	14.22
<i>1 Psi</i>	6895	6.895×10. ⁻²	51.70	7.031×10. ⁻²	1

Fuente: Autor

2.6.3 Presión absoluta.

Es la presión medida referente al cero absoluto o vacío, indica la presión total a la que se somete un cuerpo independiente a la presión atmosférica. Cuando no existe impacto entre las moléculas o su velocidad es demasiado baja la presión absoluta es igual a cero.

2.6.4 Presión atmosférica.

También se la conoce como presión barométrica, es la presión que ejerce la masa del aire sobre la superficie de la tierra. Dependiendo a la altura que se ubique un cuerpo la presión atmosférica varía, el nivel más bajo de la esta presión es al nivel del mar.

2.6.5 Presión manométrica.

También conocida como presión relativa. Se la mide con relación a la presión atmosférica ya que se la utiliza cuando las presiones son mayores a ella, se la mide con un manómetro. Las presiones atmosféricas son positivas si están por encima de la presión atmosférica y negativa si están por debajo de la misma.

$$P \text{ Manométrica} = P \text{ absoluta} - P \text{ atmosférica}$$

2.6.6 Vacío.

Son las presiones menores a las presiones atmosféricas. El nivel máximo de las presiones de vacío es el cero absoluto. La unidad de medida del vacío son los milímetros de mercurio (mmHg) y se las puede medir mediante un manómetro.

2.6.7 Volumen

Es la propiedad física de la materia que define el espacio que ocupa un cuerpo sobre el espacio. Se la define en tres dimensiones en el espacio ya que se deriva en la multiplicación del largo, ancho y altura de un cuerpo. Su unidad es el metro cubico (m. ^3)

2.6.7.1 Unidades del volumen

Las unidades del volumen son:

- Metro cubico (m.^3)
- Pie cubico (ft. ^3)
- Pulgada Cubica (in. ^3)

Conversiones de unidades de Volumen

Las conversiones de las unidades de volumen que se muestran en la tabla 2.4 pueden ser:

Tabla 2.1. Conversiones de unidades de volumen

	<i>m.</i> ^{^3}	<i>ft.</i> ^{^3}	<i>in.</i> ^{^3}
<i>m.</i> ^{^3}	1	61023,74	35,314
<i>ft.</i> ^{^3}	0,000016387	1	0,00057837
<i>in.</i> ^{^3}	0,02834	1729	1

Fuente: Autor

2.7 Termodinámica

La termodinámica es la rama de la física que estudia las diversas transformaciones de la energía que pueden ser reversibles e irreversibles. Esta ciencia estudia todos los cambios de la materia como son sólidos, líquidos y gaseosos y cómo reacciona a las variaciones de volumen, presión y temperatura.

La termodinámica se basa en 4 leyes principales las cuales son primordiales para el estudio de la refrigeración

1. Equilibrio termodinámico o también llamado principio cero
2. Principio de la conservación de la energía
3. Aumento temporal de la entropía
4. La imposibilidad del cero Absoluto

2.7.1 Primera ley de la termodinámica.

Esta ley se la conoce como de la conservación de la energía la cual define la relación entre el trabajo y el calor. Se basa (según la figura 2.3) en el cambio de energía interna que ocurre dentro de un sistema, la cual ocurre al realizar un trabajo sobre un proceso esto hará que la energía interna del mismo cambie.

Esto se basa en la siguiente ecuación

$$\Delta U = Q - W$$

Nos dice que:

La variación de energía de un sistema (ΔU) es igual a la diferencia de entre el calor que se transfiere (Q) y el trabajo hecho por el sistema

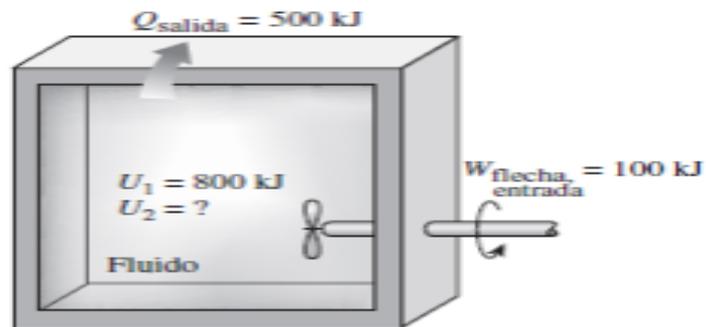


Figura 2.3. Primera ley de la termodinámica
Fuente:(Santiago Tapia, 2014)

2.7.2 Segunda ley de la termodinámica.

La segunda ley de la Termodinámica se basa (explica la figura 2.4) en la transferencia de calor entre dos cuerpos, la cual explica que el calor viaja de un cuerpo más caliente al más frío. El porcentaje de transferencia es igual a la diferencia de temperatura que existe entre los dos cuerpos. La segunda ley maneja el concepto de irreversibilidad el cual afirma que la transmisión de calor solo se puede ejecutar de un solo sentido e imposibilita que ocurra de sentido contrario. También apoya a la magnitud física llamada entropía que es la encargada de medir la cantidad de energía que no se utiliza al realizar un trabajo que es el cociente entre el calor cedido de un cuerpo y su temperatura absoluta.

Esto se basa en el grado de desorden que se encuentran las partículas las cuales siempre intentaran llegar a estar en equilibrio. Esto da a entender que cuando existe un sistema aislado que no intercambia energía la entropía debe ser mayor a cero



Figura 2.4. Segunda Ley de la termodinámica

2.8 Principio de Carnot

Es un ciclo termodinámico que contiene transformaciones irreversibles. El intercambio de calor de trabajo entre dos sustancia se generan mediante procesos isotérmicos debido a eso se generan cambios en la temperatura mediante procesos adiabáticos los cuales se encargan de que no haya perdidas de calor en el sistema. En el ámbito de la refrigeración para que ocurra es ciclo se debe tener dos fuentes de calor que tengan temperaturas diferentes. (Según la figura 2.5) La más fría será el evaporador (t1) y la más caliente el condensador (t2)

$$\epsilon_c = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

- 3 - 4 proceso adiabático (Compresión)
- 4 - 1 Proceso isotérmico (Salida de calor)
- 1-2 Proceso adiabático (Expansión)
- 2-3 Proceso isotérmico (Entrada de calor)

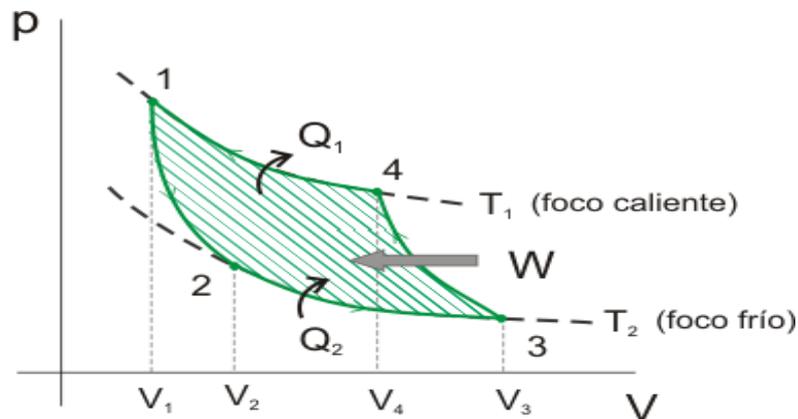


Figura 2.5. Principio de Carnot
Fuente :(Quitumbe, 2019)

2.8.1 Entalpia.

La entalpia es la energía que un sistema termodinámico absorbe o libera con el medio ambiente en condición de presión constante. Se la relaciona con el nivel energético y el estado de un cuerpo. Explica la transformación de la materia en sus diferentes estados sin intercambio de

temperatura con el ambiente exterior. Su unidad es el Joule y se representa con la letra H.

2.8.2 Entropía.

La entropía es la magnitud física que se encarga de medir la cantidad de energía que se pierde en medio de una transferencia de calor, ya que esta energía no puede ser reutilizada para ejecutar un trabajo. Se encarga de explicar la irreversibilidad de los sistemas termodinámicos esto ocurre por la razón que la naturaleza siempre tiende a equilibrar la energía uniformemente. Mientras más calor se transfiera a un cuerpo se aumenta la entropía.

2.8.3 Adiabático.

Se denomina proceso adiabático a un proceso termodinámico en el que el sistema no intercambia calor con su entorno. El requisito es que el calor del sistema permanezca constante.(Oriol Planas, 2018)

Los procesos adiabáticos se caracterizan por no permitir la transferencia de calor con el ambiente exterior.

2.8.4 Isotérmicos.

Se denomina proceso isotérmico a una transformación termodinámica a temperatura constante. Es decir, una variación del estado de un sistema físico durante el cual la temperatura del sistema permanece constante.(Oriol Planas, 2018)

2.8.5 Isoentrópico.

Un proceso isentrópico es un proceso termodinámico, en el cual la entropía del fluido o gas permanece constante. Significa que el proceso isentrópico es un caso especial de un proceso adiabático en el que no hay transferencia de calor o materia. Es un proceso adiabático reversible. Un proceso isentrópico también se puede llamar un proceso de entropía constante. (Connor, 2019)

2.9 Relación temperatura – presión

En un sistema cuando se eleva la temperatura de un gas, sus moléculas se empiezan a mover de tal forma que se chocan con las paredes de la superficie donde se encuentra, la cual está en volumen constante esto permite que se eleve la presión. Esto lleva a la teoría de que la temperatura y presión C

$$P_1 / T_1 = P_2 / T$$

2.9.1 Punto de ebullición.

El punto de ebullición es la temperatura que necesita una sustancia para cambiar de estado líquido a gaseoso, es donde la presión de vapor iguala a la presión atmosférica lo que da como resultado un cambio de estado. En el ámbito de la refrigeración si al refrigerante si le baja el punto de ebullición, absorberá más calor esto producirá que hierva más rápido y se evapore. Si se le aumenta el punto de ebullición el gas cederá calor y se condensará. Un sistema de refrigeración se maneja controlando el punto de ebullición.

2.9.2 Punto de fusión.

El punto de fusión es la temperatura en la cual la materia en estado sólido se funde y pasa al estado líquido. Esta propiedad no depende de la masa ni del tamaño de la materia. Este punto se ve afectado directamente por la temperatura ya que opera con la introducción de energía calorífica al cuerpo o a la sustancia, esto aumenta el movimiento de sus moléculas permitiendo que se rompa la estructura sólida y luego pase a líquido. El punto de fusión no se ve afectado por la presión.

2.9.3 Temperatura de condensación.

Se conoce como condensación al cambio de estado de la materia que pasa de gaseoso a líquido. Esto depende de la presión y la temperatura a la que esté sujeta la sustancia ya que es un proceso el en cual un gas es enfriado hasta que llegue a su punto de rocío en donde comenzara a hacerse líquido.

2.9.4 Punto de Rocío.

Se llama punto de rocío a la temperatura de saturación en la cual el aire se debe enfriar para que el vapor de agua comience a condensarse. Toda temperatura consta de una capacidad máxima de vapor de agua si se sobrepasa estos niveles máximos se comenzará a condensar. Esta cantidad máxima se la conoce como presión de saturación de vapor de agua. El punto de rocío está ligado directamente con el aumento de presión y de temperatura.

2.9.5 Temperatura de saturación.

La temperatura de saturación es donde a una temperatura y presión determinada puede existir una mezcla de vapor y líquido. Esto ocurre cuando tanto el líquido como el vapor se encuentran en su punto de ebullición en el cual comienza a evaporarse. Cuando se encuentra a presiones altas la temperatura de saturación incrementa y cuando se encuentra presiones bajas esta disminuye.

2.9.6 Vapor Sobrecalentado.

Es el vapor que se encuentra a una temperatura superior a la de su punto de ebullición. Esto quiere decir que cuando hay un cambio de estado de líquido a vapor si se añade calor adicional este comenzará a elevar su temperatura pero no modificara su fase. Esto ocurrirá con la condición de que se mantenga a presión constante.

2.9.7 Líquido comprimido.

También llamado líquido subenfriado se refiere a un líquido que se encuentra en temperaturas más bajas a las de su punto de ebullición. Para explicarlo mejor con un ejemplo, el agua hierve a 100 C a la presión atmosférica, cuando se encuentra a cualquier temperatura menor a su evaporación se encuentra subenfriada lo que se la denomina líquido comprimido.

2.10 Ley de Boyle Marriotte

Es una de las principales leyes de los gases que relaciona la presión y el volumen de un gas cuando la temperatura es constante. Esta ley se basó en un experimento sobre un gas que se le aplica una temperatura, cuando se le aumenta el volumen del recipiente que contiene el gas sus partículas que se encuentran en movimiento no alcanzan a chocar con las paredes del recipiente esto influye ya que debido a que no se obtiene una frecuencia de choques constantes la presión del gas disminuirá.

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

Si se dispone de un gas con un volumen V_1 y presión P_1 , si se le modifica el volumen a V_2 la presión también se transformará a P_2 . Con esto se llegó a la conclusión de Si el volumen aumenta, la presión disminuye y si el volumen disminuye la presión aumentará (véase en la figura 2.6)

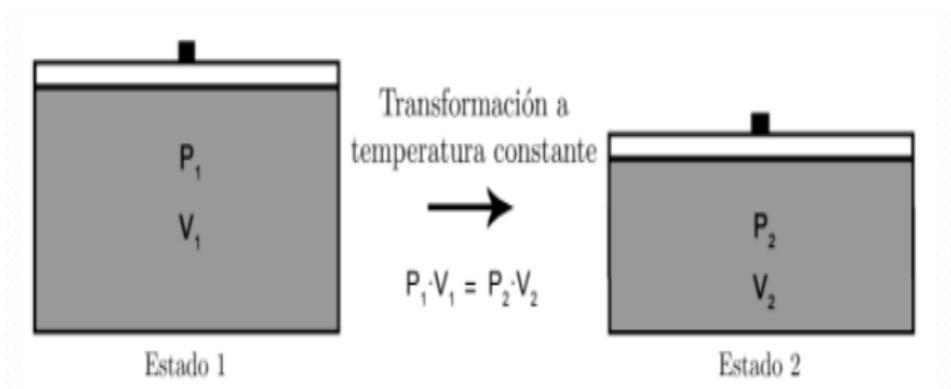


Figura 2.6. Ley de los gases de Boyle Marriote
Fuente:(Quitumbe, 2019)

2.10.1 Ley de Charles.

La ley de Charles es una de las leyes de los gases en donde se relacionan la temperatura y el volumen de un gas cuando la presión es constante. Esta ley se basa en estudios de un gas que se encuentra a presión constante cuando se le aumenta su temperatura tiende a aumentar su volumen y cuando se comienza a enfriar el volumen disminuye. Cuando se incrementa la temperatura a un gas sus partículas comienzan a desplazarse rápidamente y colisionan con las paredes del recipiente esto ocasiona a que se eleve la presión del gas y aumentara su volumen ya que

se comenzara a esparcir dentro del recipiente. Si disponemos de un gas con volumen V_1 y temperatura T_1 si existe una variación en su volumen a V_2 la temperatura también se modificará a T_2 .

$$V_1 T_1 = V_2 T_2$$

Esta ley concluye (según la figura 2.7) que existe una relación que si se aumenta la temperatura de un gas se producirá un incremento en su volumen y si se disminuye la temperatura el volumen también disminuirá.

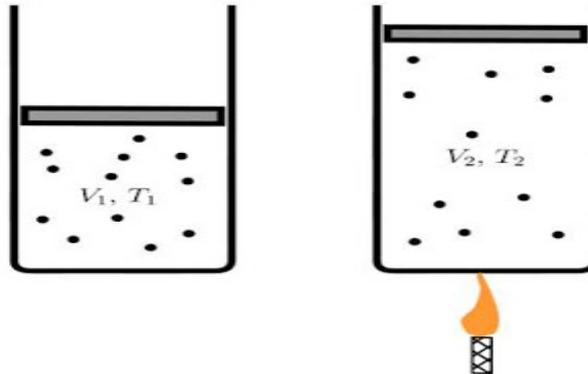


Figura 2.7. Ley de los gases de Charles
Fuente: (Quitumbe, 2019)

2.10.2 Ley de Gay Lussac.

Esta ley es una de las más importantes dentro de un sistema de refrigeración ya que estudia la variación de la presión que existe en un gas al modificar su temperatura cuando se mantiene su volumen constante. Esta ley se basó en el estudio de un gas en un recipiente con volumen constante, cuando se le aumenta la temperatura sus moléculas se comenzarán a mover muy rápido y provocaran colisiones contra las paredes del recipiente esos choques provocaran un elevación de presión ya que las paredes del recipiente son fijas.

$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$

Como muestra la figura 2.8, si se dispone de un gas a una temperatura T_1 y presión P_1 , al momento de elevarle la temperatura estos cambiarán a temperatura T_2 y Presión P_2 .

Se llegó a la conclusión que existe una relación proporcional entre la presión y la temperatura, Cuando se aumenta la temperatura se aumentará la presión y cuando se disminuya la temperatura se disminuirá la presión.

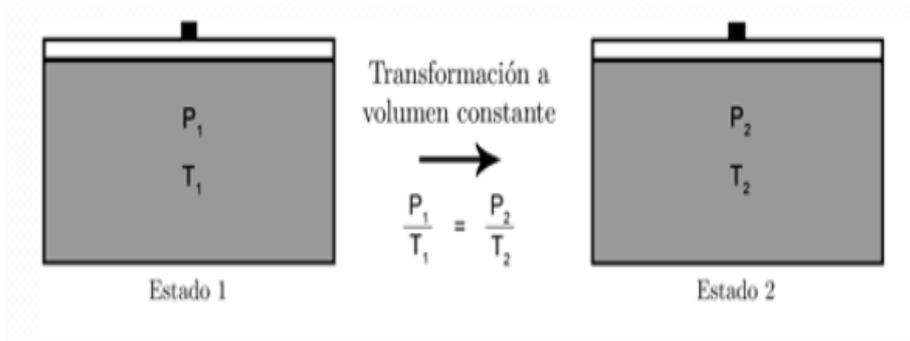


Figura 2.8. Ley de los gases de Gay Lussac
Fuente:(Quitumbe, 2019)

2.11 Principios de la refrigeración

La refrigeración es un ciclo que se basa en la extracción calor de una sustancia o lugar determinado produciendo la disminución de la temperatura. Como lo explica la figura 2.9 esto es un proceso termodinámico en donde se reduce el nivel térmico de un cuerpo y ese calor captado es expulsado a un lugar que se capaz de recibir esa energía térmica. Este proceso se lo hace con el fin de conservar, congelar alimentos perecibles o generar un ambiente de confort. Esto evita que formen bacterias o patógenos e impide la proliferación de reacciones químicas no deseadas que puedan llegar a ocurrir en temperatura ambiente.

El encargado de ejecutar este trabajo térmico es el fluido refrigerante que es el encargado de recibir el calor y expulsarlo a otro ambiente ya que tiene propiedades químicas que influyen con importancia en un sistema de refrigeración.

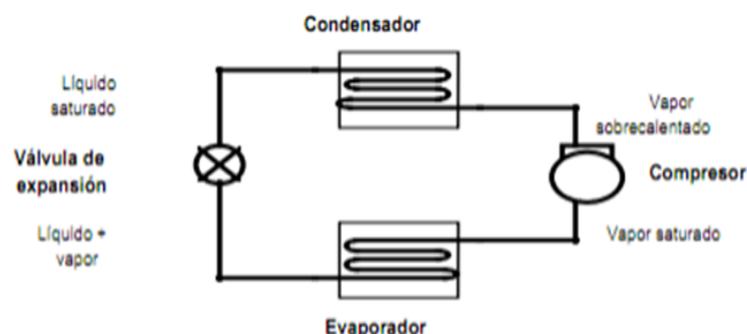


Figura 2.9. Principio de refrigeración
Fuente: (Gomez, 2011)

2.11.1 Aplicaciones de la refrigeración.

La refrigeración es una industria muy amplia y la podemos encontrar en los diferentes ámbitos

- Domésticos
- Comerciales
- Industriales
- Acondicionamiento de aire para confort
- Acondicionamiento de aire de precisión
- Acondicionamiento de aire Naval y de Transportación

2.11.2 Elementos principales de un sistema de refrigeración por compresión mecánica.

El ciclo irreversible de Carnot (figura 2.10) es conocido por ejecutarse por etapas, las cuales intervienen en el proceso de transferencia de calor y trabajo que se componen entre dos procesos isotérmicos y dos procesos isotrópicos lo que da como resultado un ciclo ideal.

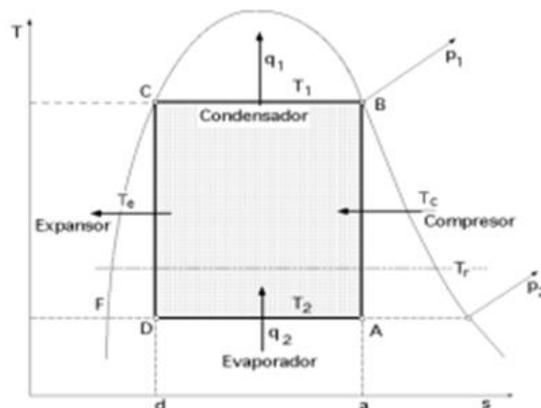


Figura 2.10. Principio de refrigeración
Fuente: (Campoverde & Vélez, 2011)

A – B: El compresor mediante un proceso isoentropico aumenta la presión y la temperatura de un fluido.

B – C: Mediante un proceso de condensación isotérmica el calor q_1 es cedido al medio ambiente.

C – D: El fluido en estado líquido que ha cedido calor al medio ambiente pasa por un proceso isotérmico de expansión donde se le disminuye su presión y su temperatura y se comienza a evaporizar.

D – A: El fluido llega al evaporador donde ganara calor del medio ambiente y comienza el proceso de la evaporización isotérmica

El coeficiente de este ciclo termodinámico se expresa en términos de temperatura entre los ambos focos:

$$\text{COP Carnot} = T_1 / (T_2 - T_1) = 1 / (T_2 / T_1 - 1)$$

2.11.3 Refrigeración por compresión mecánica

El ciclo de refrigeración por compresión mecánica de vapor es de los más utilizados en la industria, ya que está relacionada directamente sobre un trabajo mecánico y un fluido llamado refrigerante. Este trabajo mecánico desplaza la energía en dos focos uno de alta presión y el otro de baja presión en los cuales se emplean intercambiadores de calor. Estos artefactos ayudaran a que exista una transferencia de calor con el refrigerante que se encuentra dentro del sistema.

Este ciclo (como se muestra en la figura 2.11) se fundamenta en la compresión del fluido refrigerante el cual al encontrarse a mayor temperatura que el medio ambiente, este cederá su calor por medio de un intercambiador de calor llamado condensador, después de este proceso el fluido comenzara a condensarse y a pasar a estado líquido después llega a el proceso de expansión en donde el fluido refrigerante pasa por un capilar el cual le baja la presión para que pueda hervir y comenzar a evaporarse, cuando pasa la expansión llega a él evaporador el cual captara calor del ambiente y como el fluido se encuentra a menor temperatura que la del medio ambiente absorbe ese calor y saldrá a baja presión y a baja temperatura para entrar al compresor el cual lo va a comprimir y a elevarle la temperatura y la presión para que se repita el ciclo.

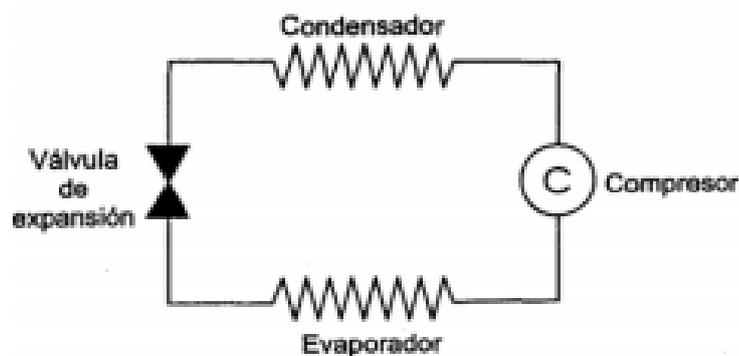


Figura 2.11. Principio de refrigeración
Fuente: (Campoverde & Vélez, 2011)

El ciclo de refrigeración por compresión mecánica consta de cuatro procesos principales (véase en la figura 2.12) que son:

- Compresión
- Condensación
- Expansión
- Evaporación

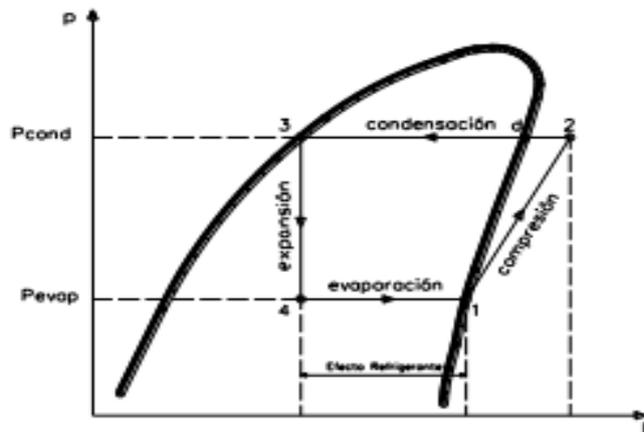


Figura 2.12. Principio de refrigeración
Fuente: (Campoverde & Vélez, 2011)

Compresión (1-2)

Este proceso isoentrópico ocurre en el compresor debido a que su función es incrementar la presión y la temperatura de un fluido. Es el encargado de transportar el fluido refrigerante desde la presión de evaporación hasta la presión de condensación. Este aumento de temperatura del refrigerante lo sobrecalienta

Condensación (2-3)

Este proceso isobárico comienza en las tuberías de descarga y en la entrada del condensador. Es el encargado de disipar el sobrecalentamiento que se encuentra en el fluido refrigerante el cual se encuentra en estado de vapor y cambia a estado líquido a presión y a temperatura constante.

Expansión (3-4)

Este proceso adiabático e irreversible se ubica en la línea de saturación, a la salida del condensador y en la entrada del dispositivo de

expansión el cual puede ser una válvula de expansión o tubo capilar. En el momento en el que el fluido refrigerante pasa por el elemento de expansión su presión disminuye drásticamente lo cual hace que el refrigerante comience a hervir, este absorbe el calor de sí mismo y tiene como resultado el fluido enfriado hasta la temperatura de saturación esto se origina por la baja brusca de presión. En este proceso el refrigerante se mantiene a una entalpia constante.

Evaporación (4-1)

Este proceso es isotérmico e isobárico, en él se encuentra el fluido refrigerante en su gran parte líquido pero con baja presión. El medio ambiente que se encuentra a mayor temperatura intercambia calor con el refrigerante y lo comienza a evaporar. Este proceso ocurre dentro del evaporador.

2.12 Elementos principales de un sistema de refrigeración por compresión mecánica

Los elementos principales de un sistema de refrigeración por compresión mecánica son:

- Compresor
- Condensador
- Válvula de expansión o capilar
- Evaporador

2.12.1 Compresor.

Es el elemento principal dentro de un sistema de refrigeración ya que permite el intercambio de calor entre el evaporador y el condensador, su función principal es comprimir el gas refrigerante que fluye desde la unidad evaporadora permitiendo disminuir su volumen y aumentándole la temperatura lo que eleva su presión, esto le permite al fluido que por medio de un intercambiador de calor pueda ser condensado y cumpla con el ciclo.

2.12.1.1 Función principal del compresor.

El compresor cumple con dos funciones principales que son:

Succionar el gas refrigerante y reducir la presión en el evaporador lo cual ayuda a que se pueda mantenga la temperatura de evaporación deseada.

Eleva la presión y la temperatura del fluido refrigerante que entra en estado de vapor y logra que la temperatura de saturación pueda ser superior a la temperatura del intercambiador de calor lo que ocasionara la condensación del vapor refrigerante.

2.12.1.2 Tipos de compresores.

Los tipos de compresores son:

- Pistón
- Rotativos
- Centrífugos
- Scroll

Pistón

Está compuesto por un pistón que se mueve dentro de un cilindro, se encarga de desplazarse para comprimir el gas refrigerante. Cuando llega a su nivel de presión deseada se abre la válvula y se envía el fluido por la línea de descarga

Normalmente llevan uno o dos pistones dependiendo el nivel de compresión que se necesite y un sistema de válvulas las cuales se abren y cierran admitiendo la entrada del gas refrigerante cuando el piñón termina su carrera y lo descargan hacia el lado de alta presión.

Rotativos

Están compuesto por una parte móvil llamado rotor y una parte estática llamada estator. El rotor se encuentra dentro del estator y el proceso de compresión se genera mediante el movimiento rotacional que se ejerce dentro del estator (como se lo puede visualizar figura 2.13) ya que mientras continúan estos movimientos el espacio poco a volumen lo que provoca la compresión, disponen de una abertura donde se descargara el refrigerante comprimido.



Figura 2.13. Compresores rotativos
Fuente: (Escuela de refrigeración del Perú, 2021)

Scroll

Son compresores que están compuestos por espirales uno estático y uno móvil. Su funcionamiento se basa en el movimiento de la espiral ya que el refrigerante ingresa dentro de ellas y al momento girar se va comprimiendo el fluido. Este movimiento sigue un sentido determinado ya que si por alguna razón comienza a girar en sentido inverso el compresor averiara. El compresor scroll dispone de menos partes móviles lo que ayudara a que no consuma mucha energía y es silencioso

Centrífugos

Está compuesto por paletas por donde fluye el aire hasta llegar al centro de un impulsor giratorio. Este impulsor cuenta con cuchillas las cuales ayudaran a empujar el aire desde el centro hacia afuera debido a que ejerce una fuerza centrífuga. Estos movimientos provocan que el volumen del aire disminuya y ayuda a comprimirlo. Estos compresores se los utiliza con mayor frecuencia en las industrias comerciales e industriales ya que este tipo de equipos están diseñados para mover grandes cantidades de refrigerante con una magnitud de compresión muy baja.

2.12.1.3 Clasificación de los compresores rotativos y pistón.

Los compresores tanto de pistón como los rotativos se pueden clasificar en:

- Abiertos
- Herméticos
- Semiherméticos

Abiertos

Este tipo de motores se caracteriza por tener el cigüeñal de accionamiento del motor independiente al motor compresor y estos pueden estar enlazados por acoplamientos directos o correas.

Herméticos

La característica principal de los compresores herméticos es que en una carcasa común se encuentran montados tanto el motor como el compresor.

Semiherméticos

Los compresores herméticos se caracterizan por tener un coraza desmontable, esto permite que el usuario pueda tener acceso al motor compresor y a las demás piezas que lo conforman (como lo explica la figura 2.19). Este tipo de compresores se les pueden dar mantenimientos tanto preventivos como correctivos.

2.12.2 Condensador.

El condensador es una de las partes principales dentro de un sistema de refrigeración ya que se caracteriza por ser un intercambiador de calor que recibe el refrigerante que proviene del compresor en estado de vapor con alta presión y temperatura y mientras el fluido circula por las tuberías del condensador este va cediendo calor al medio ambiente.

El condensador (figura 2.14) cede el calor al medio ambiente con la ayuda de ventiladores los cuales toman el aire del exterior y lo expulsan directamente sobre el serpentín en el cual dentro de sus tuberías se encuentra el refrigerante a una temperatura y presión superior que el aire, mediante este proceso el aire capta ese calor y sale expulsado hacia la atmósfera. Esta transferencia de calor permite que el refrigerante se enfríe y comience a condensarse, ya en estado líquido el refrigerante puede continuar su camino para cumplir el ciclo de refrigeración. Estos condensadores pueden ser enfriados por agua y por aire.



Figura 2.14. Condensadores
Fuente: (Escuela de refrigeración del Peru, 2020)

2.12.2.1 Función principal del condensador.

El condensador se encuentra en el lado de alta presión del sistema. Su función principal es recibir el refrigerante hecho vapor que se encuentra a alta presión y temperatura proveniente del compresor y transformarlo en refrigerante líquido subenfriado. Este ciclo se lo analiza en la figura 2.15, para cumplir con esta función él debe transferir ese calor absorbido por medio del aire o agua.

Cuando el condensador es enfriado por aire, el aire choca directamente con el serpentín y ayuda a disipar ese calor que se encuentra en el refrigerante y lo expulsa hacia la atmósfera. Cuando se utiliza agua para disipar el calor, este calor que se recibe es enviado hacia una torre de enfriamiento donde por medio de un sistema de evaporación ese calor se lo transfiere hacia la atmósfera.

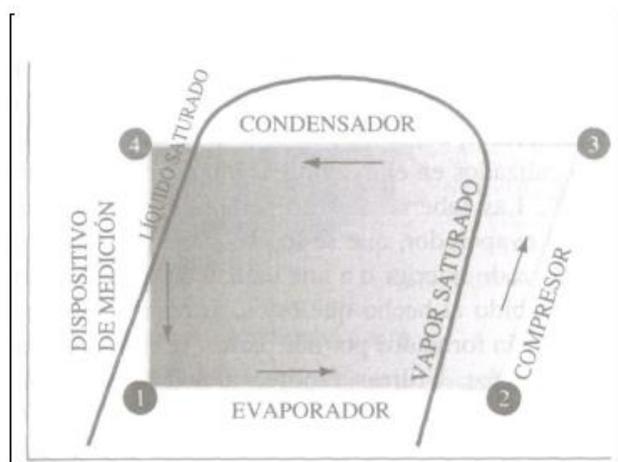


Figura 2.15. Principio de refrigeración
Fuente: (Julio Jumbo, 2009)

Mediante un diagrama de presión – también se puede explicar el funcionamiento del condensador:

Punto 3: El refrigerante hecho vapor que descarga el compresor entra hacia el condensador. Durante el proceso se disipa el sobrecalentamiento que se encuentra en el fluido donde el vapor comienza a condensarse y llega al

Punto 4 como líquido subenfriado.

2.12.2.2 Tipos de condensadores

Los condensadores pueden ser:

- Enfriados por aire
- Enfriados por agua
- Los Evaporativos

Normalmente en el ámbito del HVAC residencial se utiliza los intercambiadores de calor enfriados por aire pero para el sector comercial e industrial se utilizan sistemas de mayor capacidad en los cuales se necesita los condensadores enfriados por agua y los evaporativos ya que son mucho más eficiente pero de instalación es más costosa.

2.12.3 Elemento de caída de presión.

El elemento de caída de presión (figura 2.16) o también conocido como elemento de expansión es el encargado de controlar el recorrido del fluido refrigerante y separar el lado de alta presión con el de baja presión. Su función principal es disminuir la presión de un fluido que viene del condensador a alta presión y temperatura y le baja la presión bruscamente para que el fluido pueda entrar al evaporador. Cuando ocurre este diferencial de presión en un líquido este comienza a hervir y comienza a evaporizarse parcialmente ya que comienza a absorber el calor latente del mismo fluido y como resultado se tiene un líquido parcialmente evaporado.



Figura 2.16. Tubería capilar
Fuente: (Escuela de refrigeración del Peru, 2020)

2.12.3.1 Tipos de elementos de caída de presión

Los elementos de expansión pueden ser:

- Tubo Capilar
- Válvula de presión constante
- Válvula de expansión termostática (véase en la figura 2.17)
- Restrictor



Figura 2.17. Válvula de expansión
Fuente: (Escuela de refrigeración del Peru, 2020)

2.12.4 Evaporadores.

El evaporador es un intercambiador de calor (figura 2.18) que tiene la función principal de absorber el calor sensible y latente que se encuentra en el aire, lo cual permite que se realice una transferencia de calor entre el aire y el refrigerante. Los evaporadores pueden ser de ventilación forzada que es por medio de un motor ventilador o por ventilación natural. El calor que es sustraído del medio ambiente se convierte en calor latente de evaporización lo que le permite al refrigerante pasar a estado de vapor.

Este intercambiador de calor está construido por tubos de cobre que se encuentran diseñados a una longitud y diámetro interior determinado.

Estos tubos se encuentran recubiertos por aletas de aluminio que ayudan a mayor transferencia de calor.



Figura 2.18. Evaporador
Fuente: (Escuela de refrigeración del Perú, 2020d)

2.12.4.1 Función principal de los evaporadores

El evaporador recibe el gas refrigerante que está a baja presión que aún se encuentra líquido, el cual entra por un costado del evaporador y entra a los tubos que se encuentran a presión continuando su trayectoria. En el exterior de los tubos se encuentran las aletas que son las encargadas de ayudar a la transferencia de calor del aire hacia el refrigerante, el aire del ambiente es inyectado directamente hacia el intercambiador de calor por medio de un motor ventilador de aire forzado el cual su función es acelerar la corriente del aire hacia el evaporador.

El fluido refrigerante que se encuentra a baja presión y a baja temperatura recibe ese calor del aire atmosférico que se encuentra a una temperatura mayor esto permite que el aire ceda calor al refrigerante el cual comenzara a hervir y cambiara su estado a vapor. En la salida del evaporador el aire se encuentra a una temperatura más baja y el fluido refrigerante que fue el encargado de captar todo el calor atmosférico se encuentra totalmente vaporizado. Este proceso ayuda también a bajar la humedad en el ambiente ya que en la superficie del evaporador queda el vapor de agua y el aire exterior queda más seco y una temperatura más baja.



Figura 2.19. Principio de refrigeración
Fuente:(Julio Jumbo, 2009)

Según el diagrama de presión – calor (figura 2.19) este proceso comienza en el punto A cuando el fluido que se encuentra subenfriado pasa por el dispositivo de expansión, el cual le baja presión teniendo como resultado que el 20% del líquido del fluido hierva y se convierta en vapor antes de llegar al evaporador. Al llegar al punto B se absorbe el calor del medio ambiente el cual lo recibe el refrigerante y comienza a hervir para el momento en que llega al punto C ya todo el líquido refrigerante que entra al evaporador debe estar completamente vaporizado.

2.12.4.2 Tipos de evaporadores

Los evaporadores pueden ser:

- Tubos desnudos
- Superficie extendida
- Placas

2.12.5 Fluido refrigerante.

El fluido refrigerante es la sustancia encargada de ejecutar la transferencia de calor dentro de un sistema de refrigeración ya que tienen la capacidad de absorber y ceder calor a otro cuerpo. Es el elemento principal dentro de un sistema de aire acondicionado ya que es el encargado de absorber calor en bajas presiones y temperaturas para cederlo a altas presiones y temperaturas.

Existe gran variedad de fluidos refrigerante ya que se los utiliza dependiendo el tipo de equipo con el que se vaya a acondicionar un ambiente entre ellos tenemos:

- Agua
- Aire
- Propano
- Hidrocarburos
- Amoniaco

2.12.5.1 Refrigerante R410

Este refrigerante que es conocido comúnmente en el mercado como ecológico es el producto de la combinación de dos fluidos que son el R125 que es un pentafluoretano y el R32 que es un hidrofluorocarbono los cuales tienen un bajo índice de potencial de calentamiento atmosférico. El refrigerante 410 (figura 2.20) se lo utiliza en la mayoría de los sistemas de climatización que existen en el mercado ya que vino a sustitución del refrigerante R22 el cual tiene un alto potencial de contaminación ambiental por ser un hidroc fluorocarbonos tiene un alto potencial de cloro en su composición química y daña la capa de ozono.

2.12.5.2 Beneficios del refrigerante R410

Entre los beneficios del R410 tenemos:

- Es un fluido no inflamable
- No contiene cloro
- Responde a una mejor eficiencia
- Su infecto invernadero es bajo
- Dispone de una menor pérdida energética



Figura 2.20. Refrigerante R410
Fuente: Autor

2.13. Elementos adicionales que se encuentran dentro del sistema del aire acondicionado

Estos elementos son primordiales dentro de todo aire acondicionado ya que sirve de complemento para que las partes principales sistema pueda cumplir su ciclo de climatización:

Tuberías de Cobre

Las tuberías son las encargadas de la circulación del fluido refrigerante dentro del sistema del acondicionador de aire. Dentro del HVAC el material que se utiliza para las tuberías es el cobre ya que cuentan con una alta capacidad de transferencia de calor y puede soportar altas temperaturas y presiones. Cuentan con una alta resistencia a la corrosión, además de que se las puede fabricar de forma flexible o regida esto depende de la capacidad del equipo que se las vaya a instalar

Capacitor de marcha

Es el dispositivo de mayor importancia dentro del circuito eléctrico del aire acondicionado ya que trabaja permanentemente junto al compresor. La función del capacitor es evitar el pico de arranque al momento del encendido y ayudar a la marcha lo cual es indispensable para ayudar al funcionamiento y la vida útil del compresor. Su capacitancia varía de acuerdo a la potencia

del compresor. Es de suma importancia ya que sin el condensador de marcha el equipo no arrancara. También se lo puede encontrar en el sistema eléctrico de los motores ventiladores tanto para el evaporador como el condensador son de capacidades menores a los que utiliza el compresor.

Tarjeta electrónica

Es un dispositivo electrónico que cumple un papel primordial en el acondicionador de aire ya que es la encargada de recibir las órdenes del control remoto por medio del display y envía por medio de pulsos señales las cuales ordenan encender o apagar el equipo , subirle o bajarle la temperatura .Cuentan con sensores (ilustración de kit de tarjeta figura 2.21) los cuales sirven como termocupla ya que cesan la temperatura del evaporador y si ha llegado a su temperatura de confort envía a descansar al compresor y cuando ya la temperatura en el ambiente vuelva a subir lo envía a encender y a cumplir su ciclo normal de climatización . También ayuda en el funcionamiento de los motores ventiladores ya que regula sus velocidades



Figura 2.21. Tarjeta electrónica de A/A
Fuente: Autor

2.14 Principales herramientas para analizar el funcionamiento de un acondicionador de aire

Manómetros

Los manómetros (figura 2.22) son la herramienta principal para todo especialista en refrigeración ya que se la utiliza para medir la presión manométrica del refrigerante que se encuentra dentro del sistema. Cuentan de dos relojes una para alta presión que suele ser de color rojo y otro para

baja presión de color azul. Se conecta al sistema por medios de mangueras las cuales están diseñadas para aguantar las presiones de los diferentes refrigerantes que se encuentren en los sistemas de climatización.



Figura 2.22. Manómetro completo
Fuente: Autor

Termómetro infrarrojo

Esta herramienta se la utiliza para medir la temperatura a la salida del evaporador o condensador ya que dependiendo el fabricante se debe tener una temperatura específica para que el acondicionador de aire pueda funcionar de forma eficiente. También conocidos como termómetros laser (figura 2.23), permite hacer mediciones a distancia con lecturas bastante acertadas.



Figura 2.23. Pistola infrarroja
Fuente: Autor

Amperímetro

Es la herramienta encargada de medir el flujo de corriente que cruza por los conductores del equipo. Esta herramienta es primordial en todo análisis técnico ya que dependiendo el amperaje de la maquina se puede verificar si el equipo está funcionando de forma correcta o si se encuentra con alguna falla dentro del sistema del aire acondicionado.

Estas fallas pueden ser:

- Falta de gas refrigerante
- Sobrecalentamiento del sistema eléctrico
- Fallas de la red eléctrica.

2.15 Unidades de potencia

Dentro del ámbito de la climatización nos podemos encontrar con las siguientes unidades:

BTU

Watts (W)

Kilocalorías (Kcal)

Como lo explica la tabla 2.5 las conversiones de unidades de potencia son:

Tabla 2.5. Unidades de Potencia

Unidades de potencia para los sistemas de climatización

	Btu/h	W	Kcal/h
<i>Btu/h</i>	1	0,293	0,252
<i>W</i>	3,412	1	0,860
<i>Kcal/h</i>	3,968	1,163	1

Fuente: Autor

2.15.1 BTU (British Thermal Unit).

En español se la conoce como Unidad Térmica Británica la cual se la utiliza para medir la cantidad de calor que un acondicionador de aire puede extraer de una habitación. Mientras mayor sea la capacidad en Btu del acondicionador de aire mayor será su capacidad de enfriamiento.

“El BTU es fundamental a la hora de hacer planes de instalación de aires acondicionado, ya que de esta unidad dependerá la comodidad y el confort, si no es el adecuado, no se obtendrá el clima deseado provocando un incorrecto uso del sistema lo cual puede llevar a un eventual daño parcial o total del equipo” .(GHERARDY HAROLD, 2020)

2.15.2 Valores de las unidades en Btu/h

Según la tabla 2.6 y 2.7 entre las principales conversiones de los btu/h se encuentran

Tabla 2.6. Conversiones de unidades de potencia

<i>Btu/h</i>	<i>Ton</i>	<i>Watts</i>	<i>Kcal/h</i>
12000 <i>Btu/h</i>	1Ton	3.5 Watts	3020 Kcal/h

Fuente: Autor

Tabla 2.2. Conversiones de unidades de potencia

1 <i>Kcal/h</i>	3.967 <i>Btu/h</i>
1 <i>Btu</i>	0.252 <i>Kcal</i>
1 <i>KW</i>	860 <i>Kcal/h</i>

Fuente: Autor

2.15.3 Amperaje.

Es la corriente que fluye a través del circuito. Este es un término muy utilizado cuando se ejecuta una revisión técnica ya que el equipo trabaja con un amperaje específico, si refleja alguna variación es muy probable que algún elemento principal se encuentra con algún daño. El amperaje de arranque siempre será mayor al momento de encender el compresor ya que este rompe la inercia para poder arrancar.

2.16 Climatización

Como muestra la figura 2.24 la climatización es el proceso mediante el cual por medio de un sistema de refrigeración se crea condiciones de

temperatura, humedad, filtración y ventilación adecuadas para la comodidad dentro un ambiente cerrado.

Las condiciones que se regulan por medio de un acondicionador de aire son:

- Temperatura: Se controla la temperatura del aire enfriándolo o calentándolo según sea el requerimiento
- Humedad: Es la cantidad de vapor de agua que existe en el ambiente cual se puede deshumidificar o humidificar agregando o quitando vapor de agua
- Filtración: Se retienen bacterias o moléculas que se encuentran en el aire mediante los filtros
- Ventilación: Permite la introducción de aire exterior la cual ayuda a la renovación de aire y mantiene el ambiente limpio y libre de patógenos

La climatización es una rama de la refrigeración ya que para poder ejecutar el sistema en un aire acondicionado se utilizan los mismos principios.



Figura 2.24: Climatización
Fuente: (Idoia Arnabat, 2020)

2.16.1 Tipos de Acondicionadores de Aire

Los acondicionadores de aire (figura 2.25) se pueden dividir en equipos de confort y equipos industriales.

Entre los equipos de confort están:

- Equipos de expansión directa

- Agua Helada



Figura 2.25. Tipos de acondicionadores de aire
Fuente: (Alejandro Rodríguez, 2021b)

Los cuales pueden ser de descarga libre al aire o descarga por ductos como lo indica la tabla 2.8 los cuales pueden ser:

Tabla 2.3. Equipos de expansión directa

Equipos de expansión directa

<i>Compactos</i>	<i>Split</i>
Ventana	Mini Split
Ptac	Piso-techo
Portátil	Ducto
Paquetes	Fan Coil
	VRF

Fuente: Autor

Entre los equipos de agua helada están:

- Chillers
- Umas
- Fan Coils

2.14.2 Equipos de expansión directa.

Entre los equipos de expansión directa se encuentran:

Ventana

Se lo instala normalmente en ventanas donde la parte externa del condensador queda a la intemperie por donde va a rechazar el calor extraído del ambiente y la parte interna del evaporador está dentro del lugar a climatizar.

PTAC (Packaged Terminal Air Condition)

Es también conocido como wallpack es un equipo más alargado y chato que el de ventana, este equipo se lo instala con más frecuencia en los hoteles ya que su instalación es más estética que el de ventana y se lo puede instalar en niveles bajos.

Portátil

Este equipo acondicionador de aire es móvil y sirve para bajas capacidades frigoríficas, no necesita instalación. Dispone de un ducto para extraer el aire caliente del ambiente el cual puede ser ubicado en una ventana.

Mini Split

Este equipo es el más común dentro del ámbito residencial (figura 2.26), consta de dos partes la unidad evaporadora y la unidad condensadora se necesita de instalación y carga de refrigerante. Se fabrican unidades de 9000BTU, 12000BTU, 18000BTU, 24000BTU, 36000BTU. Requieren de instalación de tubería flexible de cobre para conectar las dos unidades donde va a circular el gas refrigerante. El elemento de expansión se encuentra dentro de la unidad condensadora, lo cual ayuda a evitar sonidos dentro del área a climatizar.

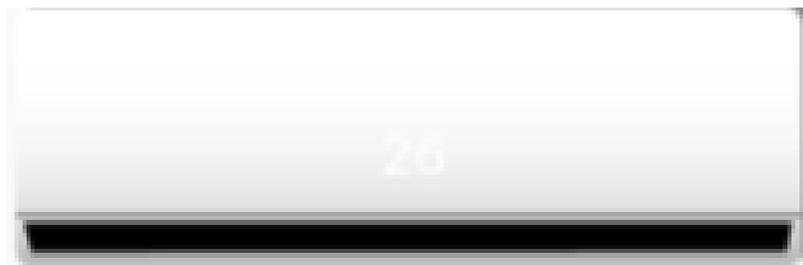


Figura 2.26. Mini Split
Fuente: (Idoia Arnabat, 2021)

Piso Techo

Este equipo acondicionador tiene la unidad evaporadora de mayor volumen y dispone de motores de mayor capacidad lo cual ayudara a mover más caudales de aire. Tiene la capacidad de poder ser instalado tanto en el piso como pegado al techo ya que la succión de aire se encuentra en la parte inferior de la evaporadora. Se fabrican en Unidades de 36000btu, 48000btu y 60.000btu. La forma de la unidad condensadora es alargada que se las conoce como unidades de descarga de aire vertical la cual utiliza compresores scroll.

Split tipo cassette

Son equipos con diseños muy estéticos (como se aprecia en la figura 2.27) los cuales se los utiliza más en el área comercial como son restaurantes, bancos, centros comerciales. Succiona el calor del ambiente por el centro e inyecta el aire frio por los cuatros lados lo que permite una mejor de distribución del aire. Se lo puede instalar en el techo dándole un acabo elegante.



Figura 2.27. Split tipo cassette
Fuente: (Alejandro Rodríguez, 2021)

Split tipo ducto

La ventaja de estos equipos es que el aire se distribuirá atreves de una red de conductos de aluminio. Disponen de una unidad evaporadora la cual se la conoce como manejadora y se le puede instalar ya sea en la intemperie o dentro del ambiente a climatizar y para que se vea más elegante se la puede ubicar bajo el techo. Los ductos para instalar deben

encontrarse totalmente aislados para que no haya intercambios de calor con el ambiente y se efectúen pérdidas de energía.

Fan Coil

Son equipos que disponen de evaporadores que distribuyen el aire por medio de ductos. Estos evaporadores fan coil son de baja potencia y de tamaño pequeño por lo cual en ellos no se pueden instalar tramos de ductos muy extensos ya que pueden ocasionar caídas de presión que serían perjudiciales para el equipo. Se los instala en falsos techos de poca altura.

Paquete

Estos equipos se los utiliza para climatizar áreas de mayor capacidad (véase la figura 2.28) en donde se necesita mayor potencia frigorífica. Tiene una unidad evaporadora y una unidad condensadora, se lo conoce como paquete ya que toda la estructura del acondicionador de aire se encuentra en un solo cuerpo, también distribuye el aire por ductería las cuales pueden inyectar y retornar el aire por la zona inferior del equipo. Se lo instala al exterior del área a climatizar y sus capacidades son de 36K a 60k en zonas residenciales y de 72K a 360K en zonas comerciales.



Figura 2.28. Split Fan Coil
Fuente: (Escuela de refrigeración del Peru, 2020c)

VRF

Se los conoce como equipos de volumen de refrigerante variable. Son los más modernos que hay en el mercado en los cuales se utiliza un solo

condensador para alimentar de refrigerante a varias unidades evaporadoras. Lo novedoso de estos sistemas es que se pueden utilizar el 100% de las evaporadoras trabajando al mismo tiempo (lo referencia la figura 2.29) así como parcialmente haciendo trabajar solo las áreas que se necesita climatizar, esto ayuda a tener un control en el funcionamiento de los equipos además que ayuda a ahorrar energía ya que se inyecta solo la capacidad de refrigerante necesaria para que pueda trabajar el equipo eficientemente.



Figura 2.29. Sistema VRF
Fuente: (Escuela de refrigeración del Perú, 2020c)

CAPÍTULO 3. DISEÑO, IMPLEMENTACION Y RESULTADOS

3.1 Ubicación del equipo de prácticas de aire acondicionado.

El banco de prácticas se planea instalarlo en la Facultad Técnica Para El Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), (ver figura 3.1).



Figura 3.1. Campus Universidad Católica De Santiago De Guayaquil
Fuente: Autor

El campus de la UCSG se encuentra ubicado, Km 1 ½ Avenida Carlos Julio Arosemena frente a la plaza Guayarte dentro de la ciudad de Guayaquil en la provincia del Guayas (véase figura 3.2). La universidad cuenta con una gran diversidad de carreras en pregrado como postgrado, entre ellas se encuentra la carrera de ingeniería en electricidad la cual cuenta con una malla curricular muy variada donde se encuentran asignaturas técnicas específicas para estas ramas de la ingeniería que son la electricidad y la mecánica. Dentro de la facultad (véase la figura 3.3) se encuentran los laboratorios de neumática electricidad, controles y electrónica los cuales son los lugares donde los alumnos reciben sus clases prácticas.

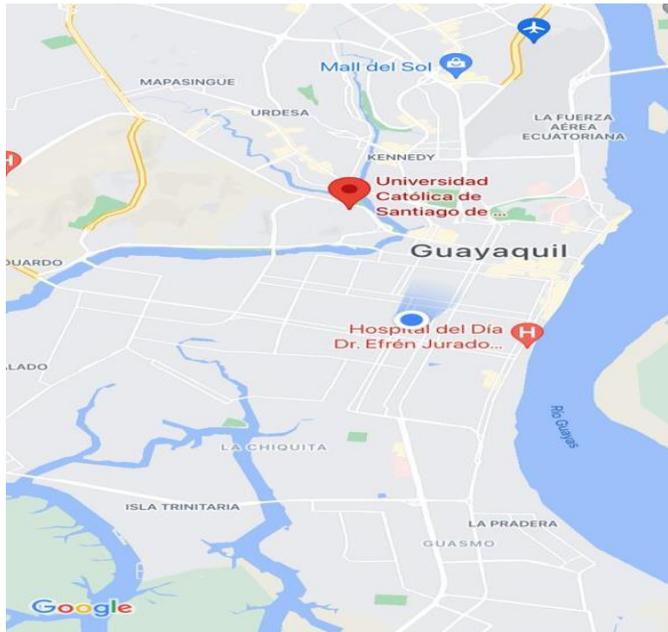


Figura 3.2. Ubicación Google de la UCSG
Fuente: Google Maps

El presente proyecto se lo construirá con la visión de apoyar a los futuros aspirantes a ser ingenieros en electricidad para que puedan tener un elemento adicional de ayuda con el cual puedan reforzar los conocimientos vistos en clase por medio de una práctica experimental.

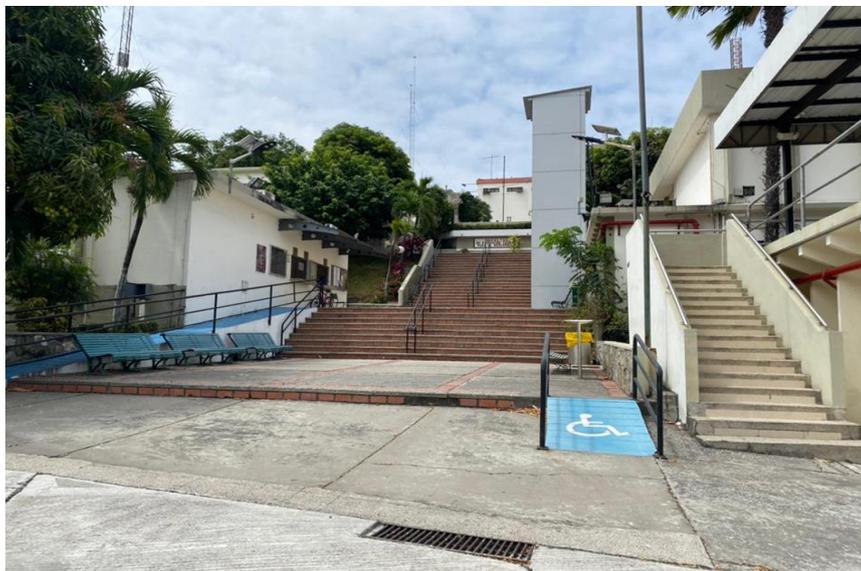


Figura 3.3. Facultad De Educación Técnica Para El Desarrollo
Fuente: Autor

3.1.2 Laboratorio de control y movimiento

El laboratorio más utilizado dentro de la carrera de ingeniería en electricidad es el de controles eléctricos y el de control y movimiento, donde se encuentran la mayoría de los elementos de prueba donde los estudiantes

ejecutan sus prácticas clase a clase además de que cuenta con una pizarra didáctica con la cual el docente puede acotar alguna información adicional correspondiente al tema que se está tratando.

Este laboratorio de la figura 3.4 sería el lugar seleccionado para ubicar el nuevo elemento de pruebas ya que también cuenta con las instalaciones 220V adecuadas para el funcionamiento de este.



Figura 3.4. Laboratorio de control y movimiento
Fuente: Autor

3.2 La Facultad de Técnica Para el Desarrollo y la Climatización

Como se puede observar en la figura 3.5 la facultad técnica está constituida por varias carreras entre Ingenierías y Agropecuarias Veterinaria, las cuales cuentan con sus propias aulas de clases y laboratorios para sus diferentes asignaturas. Durante un breve recorrido por las instalaciones de la facultad se puede visualizar que todo el establecimiento cuenta con áreas climatizadas en donde se pueden encontrar los diferentes tipos de acondicionadores de aire que se mencionaron en el capítulo 2. En donde se encuentran en su gran mayoría sistemas de aire acondicionado Split tanto de pared, piso techo y hasta unidades de ducto tipo paquete ya sea en las aulas, laboratorios y oficinas de recepción



Figura 3.5 Facultad climatizada
Fuente: Autor

La figura 3.6 da a notar que la climatización es un área necesaria para toda edificación y corresponde a una rama importante de la ingeniería que se ha convertido en base fundamental en todo trabajo y más aún en la ciudad de Guayaquil ya que se presenta un clima muy caluroso donde las temperaturas se elevan demasiado causando complicaciones tales como fatiga en las personas además de que estos sistema ayudan a prevenir enfermedades respiratorias ya que por medio de la recirculación del aire interior elimina la proliferación de virus , bacterias y hongos que se puedan alojar dentro de un ambiente cerrado. Pero el aire acondicionado además de ayudar al confort del ser humano también tiene un papel importante en la conservación de alimentos, previene el recalentamiento de maquinaria industrial, evita interferencias en base de datos. Como podemos ver la climatización con el avance de la tecnología es un área que ha evolucionado bastante durante los últimos años ya sea para los ámbitos residenciales, comerciales e industriales.



Figura 3.6 Recepción de la facultad climatizada
Fuente: Autor

3.3 Ubicación donde se construirá el banco de prueba

La construcción y el montaje del elemento para prácticas estudiantiles se lo ejecutara en el taller de la compañía Tecnicomfort S.A. el cual se muestra en la figura 3.7, en donde se cuenta con el espacio necesario para poder ensamblar el banco didáctico de un acondicionador de aire y en el cual se encuentran los elementos que se van a utilizar en el montaje de este.

El taller se encuentra en la ciudad de Guayaquil, su dirección es Venezuela 2217 entre Tulcán y Carchi Sur Oeste de la urbe.



Figura 3.7. Taller de Tecnicomfort S.A.
Fuente: Autor

3.4 Tipos de elementos a utilizar en el banco de prueba

De acuerdo al segundo objetivo específico el equipo de aire acondicionado para pruebas que se va a construir estará diseñado con todas las partes necesarias de un acondicionador de aire, las cuales serán de utilidad didáctica para que los estudiantes de la facultad de electricidad puedan familiarizarse con los principales elementos que forman un sistema de climatización. Como se lo ha explicado con el avance de la tecnología se han podido innovar en los diferentes equipos de acondicionadores pero en si el sistema de refrigeración básico con el cual trabajan todas las unidades es el mismo ya que el ciclo cerrado no puede cambiar en ningún momento ya que siempre deben tener los elementos principales para que se pueda ejecutar una correcta transferencia de calor que es lo primordial para el correcto funcionamiento de un aire acondicionado.

En el equipo se van a mostrar las dos unidades principales que son:

- Unidad evaporadora
- Unidad Condensadora

En la unidad evaporadores tendremos los elementos:

- Serpentin del evaporador
- Motor ventilador del evaporador
- Capacitor del motor evaporador
- Turbina del evaporador
- Sensores de pozo y ambiente
- Tarjeta Electrónica
- Bornera de conexiones eléctricas
- Filtros de la unidad evaporadora
- Bandeja de drenaje de la unidad evaporadora
- Display de conexión

En la unidad condensadora tendremos

- Serpentin del condensador
- Motor ventilador condensador
- Capacitor del motor ventilador

- Aspa del motor condensador
- Compresor
- Capacitor de marcha del capacitor
- Bornera de conexión eléctrica
- Vástagos de línea de alta y baja temperatura

Otros elementos que se utilizarán en el banco de prueba son:

- Tubería flexible de cobre
- Fluido refrigerante
- Tuercas de bronce
- Aislante Rubatex
- Cinta de Vinil o momia
- Cables de conexión eléctrica
- Manguera de drenaje

Para poder ejecutar las prácticas estudiantiles el elemento de prueba contará con herramientas de medición que son:

- Juego de manómetros con manguera
- Amperímetro digital de gancho
- Capacímetro
- Pistola Termómetro infrarroja

Para revisar las carcasas y poder divisar el funcionamiento del equipo se necesitarán herramientas varias como:

- Destornilladores
- Juego de llaves francesas
- Juego de llaves Allen

El elemento de prueba tendrá una sección en la cual se explicará específicamente el funcionamiento de la tarjeta electrónica del aire acondicionado para lo cual se necesitarán las siguientes partes:

- Tarjeta electrónica del A/AC
- Sensores de pozo y ambiente
- Display
- Motor flap o swing de la ventolera

- Motor ventilador del evaporador
- Luces pilotos normalmente abierto
- Luces pilotos normalmente cerrado
- Motor ventilador Evaporador
- Capacitores de marcha

3.5 Especificaciones eléctricas y mecánicas de los elementos a utilizar

Los elementos detallados en la tabla 3.1 son los que se van a utilizar dentro del equipamiento de prueba propuesto. Estos elementos tienen características necesarias para el funcionamiento del aire acondicionado y con la ayuda de las herramientas que contiene el equipo los estudiantes se podrán ejecutar las diferentes pruebas de funcionamiento de un equipo Split. Esto servirá de gran ayuda a los alumnos ya que además de aprender el funcionamiento del acondicionador de aire, ellos podrán aprender a utilizar las herramientas necesarias para ejecutar en buen diagnóstico a un equipo climatizador.

Tabla 3.1. Especificaciones técnicas y eléctricas de los elementos a utilizar

<i>Elemento Marca/ Modelo</i>	<i>Especificaciones Eléctricas</i>	<i>Especificaciones Mecánicas</i>	<i>Operaciones</i>
<i>Serpentín del evaporador Marca Midea</i>	No contiene especificaciones eléctricas	Serpentín de tubos de cobre y aletas Medidas: - Largo :800mm - Ancho:280mm - Altura:190mm - Peso:10Kg	Intercambiador de calor ya que el refrigerante en su interior se encuentra a baja presión y abaja temperatura el cual recepta el calor del ambiente que se encuentra a mayor temperatura.
<i>Motor ventilador evaporador</i>	Potencia: 23Watts	Longitud de eje: 4cm Eje de 5/16"	Ayuda a disipar el calor receptado por

<i>Marca Everwell YYS23-4</i>	Voltaje: 220V ~ Frecuencia 50/60Hz Corriente: 0.25A		el serpentín del evaporador
<i>Capacitor de marcha de motor evaporador Marca everwell E1.5X450V</i>	Capacitancia 1.5uf ± 5% Voltaje: 450VAC Frecuencia: 50/60Hz	No contiene especificaciones mecánicas	Permite una torsión eléctrica adicional la cual ayuda en el arranque del motor ventilador
<i>Turbina del evaporador</i>	No contiene especificaciones eléctricas	Plástica Longitud: 60cm Altura: 22cm Para eje de 5/16" Sentido de giro horario	Permite forzar el aire a través del serpentín del evaporador.
<i>Motor swing o flap Marca Huayang / 2BBYJ48</i>	Voltaje de funcionamiento 12V DC	Longitud de eje 2cm Diámetro de eje: 1/4"	Permite el movimiento de la ventolera de la unidad evaporadora
<i>Tarjeta electrónica Universal Marca Quality / QTH- 999</i>	110V / 220V AC Transformador - Input: 220V 50/60Hz - Output: 13.5V – 0.25A	No contiene especificaciones mecánicas	Es la encargada de enviar señales a las diferentes partes del aire acondicionado como es el encendido o, apagado, niveles de temperatura, velocidades de los motores ventiladores.
<i>Relay de conexión A Marca Meishuo MPY-S112A</i>	12V 20A 250VAC/30VDC 25 ^a 250VAC/30VDC 2HP 240VAC	No contiene especificaciones mecánicas	Parte electrónica más importante en la tarjeta encargada de enviar la señal al compresor para su encendido y apagado

<i>Sensor de pozo Marca everwell / R25</i>	Resistencia 20KΩ ± 2% 26AWG	No contiene especificaciones mecánicas	Encargado de censar la temperatura dentro de las tuberías del evaporador
<i>Sensor de ambiente Marca everwell B25/50</i>	Resistencia: 3470KΩ ± 2% 26AWG	No contiene especificaciones mecánicas	Encargado de censar la temperatura a la salida del evaporador
<i>Display Marca midea YK-CHXR25G</i>	Está compuesto por una tarjeta electrónica	Recepta una señal y emite una respuesta por medio de leds	Encargado de recibir los resultados desde el control remoto del usuario
<i>Compresor marca Toshiba GMCC PA118MIC</i>	Voltaje :208-230V~ Capacitor: 35uf Frecuencia: 60Hz Monofásico	Compresor Rotativo Capacidad Frigorífica 12000BTU /H Refrigerante: R410	Es el encargado de subir la presión y la temperatura al refrigerante para recircularlo en el sistema
<i>Capacitor de marcha del compresor marca Everwell E35x450V</i>	Capacitancia: 35 uf± 5% Voltaje: 450VAC	No contiene especificaciones mecánicas	Permite el torque eléctrico el cual ayuda al arranque del compresor.
<i>Motor ventilador condensador Marca Everwell/YDK35-6</i>	Potencia: 35W Voltaje: 220V~ Frecuencia 50/60Hz Corriente: 0.5A	Longitud del eje :6cm Diámetro del eje: 5/16"	Encargado de disipar el calor del serpentín del condensador al ambiente.
<i>Aspa de motor ventilador condensador</i>	No contiene especificaciones eléctricas	Plástica Dimensiones Altura: 38cm Ancho:39cm Sentido de giro Horario	Permite Forzar el aire atreves del serpentín del condensador

<p><i>Capacitor de marcha de motor ventilador</i></p> <p><i>Condensador marca Everwell E2.5x450V</i></p>	<p>Capacitancia: 2.5μF \pm 5%</p> <p>Voltaje: 450VAC</p> <p>Frecuencia 50/60Hz</p>	<p>No contiene especificaciones mecánicas</p>	<p>Agrega un torque eléctrico para el arranque del motor ventilador</p>
<p><i>Serpentín del condensador</i></p> <p><i>Marca Midea</i></p>	<p>No contiene especificaciones eléctricas</p>	<p>Serpentín de tubos de cobre y aletas</p> <p>Medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Largo 715mm - Ancho 235:mm - Altura:540 mm - Peso:28Kg 	<p>Es un intercambiador del calor el cual en su interior se encuentra el refrigerante a alta presión y temperatura para disiparlo con el ambiente.</p>
<p><i>Dispositivo de caída de presión</i></p> <p><i>Capilar</i></p> <p><i>Marca Quality QR054</i></p>	<p>No contiene especificaciones eléctricas</p>	<p>Diámetro del capilar: 0.54"</p> <p>Longitud de 2 Pies (60cm)</p>	<p>Permite la caída presión del refrigerante para entrar al evaporador</p>
<p><i>Vástagos de baja presión marca everwell</i></p> <p><i>ACV3S410-12</i></p>	<p>No contiene especificaciones eléctricas</p>	<p>De 3 Salidas</p> <p>Recto</p> <p>Para: R410</p> <p>Diámetro 1/2"</p>	<p>Es la conexión entre la salida del evaporador y la entrada del condensador.</p>
<p><i>Vástagos de alta presión marca Everwell /</i></p> <p><i>ACV2S410-14</i></p>	<p>No contiene especificaciones eléctricas</p>	<p>De 3 Salidas</p> <p>Recto</p> <p>Para R410</p> <p>Diámetro 1/4"</p>	<p>Es la conexión entre la salida del condensador y la entrada del evaporador.</p>
<p><i>Cable de conexión marca Electrocable</i></p> <p><i>H05RN-F</i></p>	<p>Voltaje: 300/500V</p> <p>Capacidad de conducción:18A</p>	<p>Calibre 3 x 12 AWG</p> <p>Concéntrico</p>	<p>Sirve para la alimentación eléctrica entre el condensador y evaporador</p>
<p><i>Tubería de alta</i></p>	<p>No contiene</p>	<p>Cobre</p>	<p>Son las tuberías por</p>

<i>presión marca NACOBRE</i>	especificaciones eléctricas	Tipo L Diámetro nominal: 1/4" Diámetro Exterior: 0.0375" Espesor de pared: 0.030" Hasta 700PSI	el cual va a circular el fluido refrigerante en estado líquido alta presión y temperatura
<i>Tubería de baja presión marca NACOBRE</i>	No contiene especificaciones eléctricas	Cobre Tipo L Diámetro nominal: 1/2" Diámetro Exterior: 0.0625" Espesor de pared: 0.040" Hasta 700PSI	Son las tuberías por el cual va a circular el fluido refrigerante en estado gaseoso a Baja presión y temperatura
<i>Tuerca de alta presión marca Everwell</i>	No contiene especificaciones eléctricas	Bronce Diámetro: 1/4"	Conexión para las tuberías de alta presión y temperatura
<i>Tuerca de baja presión marca Everwell</i>	No contiene especificaciones eléctricas	Bronce Diámetro: 1/2"	Conexión para las tuberías de baja presión y temperatura.
<i>Aislante Rubatex marca Eurotape</i>	No contiene especificaciones eléctricas	Diámetro: 5/8" x 1/2" Longitud de 1.80M	Aislante el cual no permite intercambio de calor entre las tuberías y el medio ambiente
<i>Cinta blanca de vinil</i>	No contiene especificaciones eléctricas	Rollo de vinil no adhesiva de 10M de longitud	Aislante adicional para el recubrimiento de las tuberías de cobre.
<i>Fluido Refrigerante R410</i>	No contiene especificaciones eléctricas	R410 480Gr	Es el encargado de receptor el calor del medio ambiente para mantener o reducir la temperatura de un

			ambiente.
<i>Manguera de drenaje marca Smart Electric</i>	No contiene especificaciones eléctricas	Longitud de 3 metros Hasta 600 PSI	Es la manguera por la cual se expulsa el líquido receptado por la bandeja de drenaje
<i>Juego de manómetros marca Uniweld QAL3SM-5</i>	No contiene especificaciones eléctricas	De Doble Llave Azul Baja presión Rojo Alta presión Entradas de manguera 1/4 “ Para Refrigerante R410 – R22	Es la herramienta encargada para medir las presiones de alta y baja del aire acondicionado
<i>Mangueras de manómetro marca International RTK-CT336</i>	No contiene especificaciones eléctricas	Longitud de 72” 1.80M	Son las encargadas de las conexiones entre el aire acondicionado y el manómetro.
<i>Amperímetro digital Marca Quality QTM-1000D</i>	Voltios DC: 1000V Voltios AC: 750V Corriente AC: 20-200-1000 ^a Resistencia: 200-2KΩ Capacitancia: 60 uf / 400 uf	No contiene especificaciones mecánicas	Servirá para aplicar pruebas eléctricas en las borneras del evaporador, condensador y compresor.
<i>Pistola termómetro infrarrojo marca Smart Electric/T-GUN</i>	Trabaja con Batería de 9V	Rango de medición (50 – 550 C°)	Ayudará a verificar la temperatura ideal a la salida del evaporador.

Fuente: Autor

3.5.1 Especificaciones técnicas del equipo

En la tabla 3.2 podemos encontrar las especificaciones del equipo a construir:

Tabla 3.2. Especificaciones del equipo a construir

<i>Tipo de A/AC</i>	<i>Mini Split de pared</i>
Capacidad	12000btu
Eficiencia	SEER 11
Voltaje	220/230V – 1Ph – 60Hz
Corriente nominal	5.7 A
Corriente de Arranque	28A
Refrigerante	R410A
Cantidad de refrigerante	480gr
Capacidad de liberación de Humedad	1.2 Lt/h
Diámetro de tubería de baja presión	1/4"
Diámetro de tubería de alta presión	3/8"
Altura máxima para conexión de tubería	8.5 m
Longitud máxima para conexión de tubería	20m
Área máxima de aplicación	42m ²
Calibre del cable a utilizar	Cable concéntrico 3 x 12

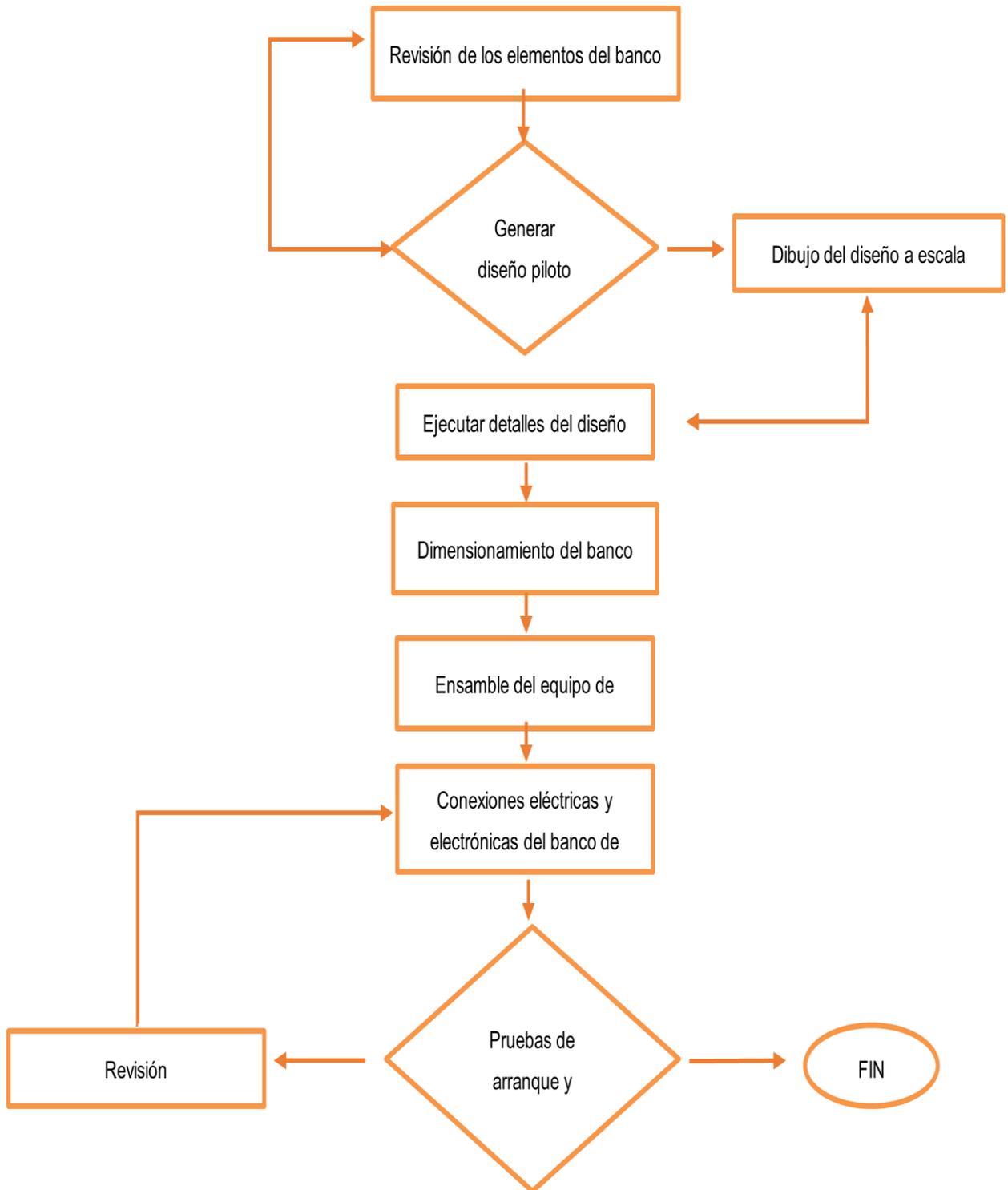
Fuente: Autor

3.5.2. Eficiencia energética SEER

Es la medida para identificar la eficiencia energética que tiene un equipo de aire acondicionado, se basa en la capacidad de frío que ofrece un equipo de acuerdo a las cantidades de electricidad que consume. Mientras mayor sea el SEER más eficiente será el equipo el cual ayudara a ahorrar energía.

3.6 Diagrama de flujo del proyecto banco de pruebas de prácticas estudiantiles

Tabla 3.3. Diagrama de flujo



Fuente: Autor

Para alcanzar el objetivo específico tres, esto es diseñar y construir el equipo de aire acondicionado para prácticas estudiantiles, tenemos que llevar a cabo algunos pasos para que el proyecto funcione de manera eficiente, con detalles didácticos adicionales para la realización de prácticas de los estudiantes que se registren en la asignatura de climatización. Por este motivo es indispensable guiarnos con un diagrama de flujo, como se ha elaborado.

3.7 Cronograma de la construcción del banco de pruebas propuesto

Para la construcción del banco de pruebas acondicionador de aire se elabora el siguiente cronograma de actividades que se ejecutaran por el diseño de este.

Tabla 3.4. Cronograma de actividades para construcción del banco de pruebas

<i>Actividades</i>	<i>Fechas para realizarse</i>
<i>Revisión de partes y elementos.</i>	
<i>Diseño digital del banco de pruebas propuesto utilizando AutoCAD.</i>	09/08/2021 – 10/08/2021
<i>Cotización de material para la estructura del banco de prueba.</i>	11/08/2021 – 13/08-2021
<i>Medición y ubicación.</i>	
<i>Medición del espacio de la unidad condensadora, evaporadora y sistema de tarjeta electrónica.</i>	14/08/2021 – 15/08/2021
<i>Ensamblaje de la unidad evaporadora y señalización de conexiones eléctricas</i>	16/08/2021
<i>Instalación de la unidad condensadora y conexión las tuberías de cobre.</i>	17/08/2021

<i>Instalación del sistema de la tarjeta electrónica.</i>	18/08/2021
<i>Instalación del sistema de control del banco de pruebas.</i>	19/08/2021
<i>Pruebas de funcionamiento del equipo</i>	20/08/2021
<i>Rotulación – instructivo de practicas</i>	21/08/2021 – 22/08/2021

Fuente: Autor

3.8 Construcción del equipo de banco de pruebas de climatización

En base al diagrama de flujo y al cronograma propuesto, se describe la construcción del banco de pruebas.

a) Revisión de elementos y diseño digital del banco de pruebas

Se procedió a hacer una revisión de los elementos que contiene el banco de pruebas tanto para la estructura donde se lo construyó y para las partes explicativas que se ensamblaron. Verificando longitudes de tuberías, volumen de los elementos, capacidades de corriente y voltaje, se tomó medidas para ubicar las partes sobre la estructura a construir.

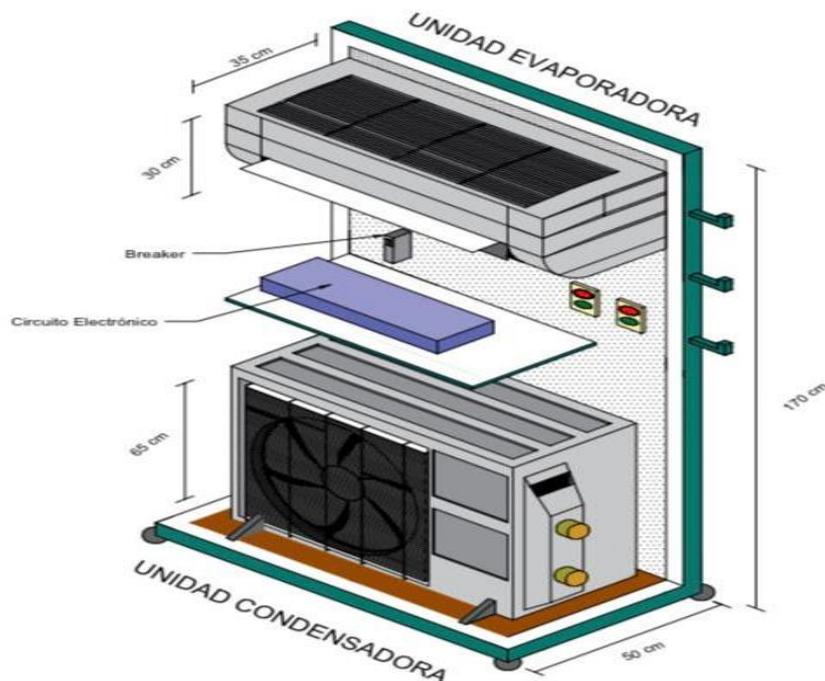


Figura 3.8. Diseño a escala del banco de pruebas
Fuente: Autor

Se realizó el diseño del banco de pruebas en el programa AutoCAD (como se lo indica en la figura 3.8) lo cual permitió la verificación de las principales partes a instalar y poder continuar con la construcción.

b) Cotización de los elementos a utilizar y ensamble de la estructura

En las fechas del 11 al 13 de agosto del 2021 se realizó cotización de las partes que sirven para la estructura del equipo las cuales son tubos metálicos, cartón perforado, planchas de madera, garruchas. Todo conforme a las mediciones realizadas en las fechas pasadas y que formaran parte del presupuesto del proyecto. Igualmente se realizó la cotización de las partes eléctricas, electrónicas y de climatización las cuales también formaran parte del presupuesto.

Empezamos el ensamble de la estructura base del equipamiento dándole los acabados estéticos que servirán para la introducción total del equipo.

c) Ubicación de la unidad evaporadora y condensadora

Considerando las especificaciones técnicas del diseño se armó la estructura de acuerdo al peso de las unidades principales del acondicionador de aire. La unidad evaporadora se la instalo en la parte vertical de la estructura y en la parte horizontal se ubicó la unidad condensadora.

d) Instalación de las conexiones de tuberías de cobre

Con las unidades evaporadora y condensadora ubicadas sobre la estructura se procedió a conectar las tuberías de cobre tanto para el lado de alta presión como para el de baja presión para darle un acabado más estético se utilizaron dobladoras de tubo. Se apretaron las tuercas de bronce para evitar fugas en el sistema, también se instaló aislantes térmicos sobre las tuberías y se e ubicó el cable de señal eléctrica entre las unidades del aire acondicionado.

e) Ensamble del circuito de la tarjeta electrónica.

De acuerdo al diseño ejecutado se ensambló un circuito independiente (como lo indica la figura 3.9) el cual está compuesto por contactor, retardador, luces pilotos, motores ventiladores, turbina de evaporador que serán comandados por una tarjeta electrónica y servirá para la demostración didáctica de sus funcionamiento dentro del circuito eléctrico del acondicionador de aire.



Figura 3.9. Ensamble del circuito de la tarjeta electrónica
Fuente: Autor

f) Instalación del sistema de control del banco de pruebas.

Se instalarán dos circuitos eléctricos independientes, el primero maneja la unidad de Split y el segundo comanda el circuito de la tarjeta electrónica. Los circuitos contienen su breaker doble de protección de 30AMP 2P 220V y sus botoneras dobles de arranque y paro.

g) Carga de gas refrigerante a la unidad de Split.

Una vez instaladas las tuberías de cobre y el circuito eléctricos se proceden a recargar de gas refrigerante R410 la unidad de Split para su puesta en marcha. Para la recarga de gas se utilizó el juego de manómetros y la balanza electrónica como lo muestra la figura 3.10



Figura 3.10. Recarga de gas refrigerante al equipo de pruebas
Fuente: Autor

h) Pruebas de funcionamiento del equipo construido.

Se ejecutaron las siguientes pruebas

Tabla 3.5. Prueba de funcionamiento del equipo de pruebas

Prueba de funcionamiento del equipo

<i>Magnitud</i>	<i>Valores estándar</i>	<i>Valores medidos</i>	<i>Instrumento</i>
Corriente	5A	4.6A	Amperímetro
Voltaje	220V / 240V	240V	Multímetro
Fase	Monofásico	Monofásico	Multímetro
Presión	Alta Presión:	Alta presión:	Manómetros

	Entre 340 - 380 PSI	355 PSI	con mangueras
	Baja Presión:	Baja presión:	
	Entre 105 – 121PSI	120 PSI	
Temperatura	Evaporador:	Evaporador:	Pistola
	2 °C– 4°C	2°C	Termómetro
	Condensador:	Condensador:	
	50°C 60 °C	45 °C	

Fuente: Autor



Figura 3.11. Pruebas de medición de temperaturas en el equipo de pruebas
Fuente: Autor

i) Instalación de las rotulaciones didácticas

Una vez que se pasaron las pruebas de funcionamiento del equipo, se procede a instalar instrucciones didácticas las cuales indicaran por medio de textos las partes del acondicionador de aire y del circuito electrónico estas contienen los nombres de las partes principales a explicar. Estas actividades de rotulación e instructivo de prácticas se detalla en el anexo 2

j) Puesta en marcha el banco de pruebas.

Al instalar las indicaciones didácticas se realizan las últimas adecuaciones estéticas del banco de pruebas poniéndolo en funcionamiento como se lo indica en la figura 3.12



Figura 3.12. Banco de pruebas para prácticas estudiantiles
Fuente: Autor

3.9 Presupuesto aproximado del diseño y construcción del banco de prueba propuesto.

Para poder desarrollar el objetivo específico cuatro, esto es elaborar un presupuesto aproximado del diseño y construcción del banco de prueba propuesto se procede a ejecutar la siguiente tabla.

Tabla 3.6 Presupuesto aproximado de la construcción del banco de pruebas

<i>Articulo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor unitario</i>	<i>Valor total</i>
<i>Unidad de Split de 12000BTU 220V</i>	1	150,00	150,00
<i>Cintas doble faz</i>	3	2,50	7,50
<i>Pernos 5/16</i>	6	0,50	3,00
<i>Tuercas 5/16</i>	6	0,50	3,00
<i>Pintura Blanca en Spray</i>	2	2,00	4,00
<i>Tubos metálicos 1/2" x 1/2"</i>	2	8,00	16,00
<i>Plancha de cartón prensado</i>	1	5,00	5,00
<i>Garruchas metálicas</i>	4	1,00	4,00
<i>Ensamble de Estructura</i>	1	80,00	80,00
<i>Tubería cobre 1/4</i>	3	6,00	18,00
<i>Tubería cobre 1/2</i>	3	6,00	18,00
<i>Aislante rubatex 5/8</i>	2	2,50	5,00
<i>Cinta momia</i>	2	1,50	3,00
<i>Tuercas 1/4</i>	2	1,00	2,00
<i>Tuercas 1/2</i>	2	2,00	4,00
<i>Lb Gas refrigerante</i>	2	5,00	10,00
<i>Refrigerante R141B</i>	1	9,00	9,00
<i>Manguera de drenaje</i>	1	3,00	3,00
<i>Botonera de arranque y paro</i>	2	7,5	15,00
<i>Breaker 30amp 2p 220v GE</i>	1	20,00	20,00
<i>Bandeja de drenaje</i>	1	10,00	10,00
<i>Tarjeta de unidad evaporadora</i>	1	30,00	30,00
<i>Turbina de Evaporadora</i>	1	15,00	15,00
<i>Sensor de pozo</i>	1	3,00	3,00
<i>Tarjeta universal A/A</i>	1	25,00	25,00
<i>Sensor de Ambiente</i>	1	3,00	3,00
<i>Motor ventilador Evaporador</i>	1	20,00	20,00
<i>Motor ventilador Evaporador</i>	1	20,00	20,00
<i>Cable solido #12</i>	3	1,00	3,00
<i>Cable Concentrico 3 X 12</i>	3	3,50	10,50
<i>Juego de Manometros</i>	1	80,00	60,00

<i>Amperimetro digital</i>	1	35,00	35,00
<i>Pistola Termometro</i>	1	45,00	45,00
<i>Rotulaciones didacticas</i>	20	3,00	60,00
<i>Mano de Obra</i>	2	\$150,00	300,00
<i>Total</i>			\$1019,00

Fuente: Autor

Conclusiones.

- Cumpliendo el primer objetivo específico la implementación del banco de pruebas en la Facultad Técnica Para el Desarrollo será una gran aportación académica para los estudiantes que se inscriban en la materia de climatización. Esto les ayudara a los alumnos a poner en práctica todos los aprendizajes teóricos vistos en clase, además que acreditara a la carrera de Ingeniería en Electricidad puesto que dispondrá de un equipo donde los futuros ingenieros puedan desarrollar sus destrezas técnicas en el área del Aire Acondicionado.
- Mediante el diseño del equipo como lo indica el segundo objetivo específico se pudo dar a conocer los principales conceptos y elementos que componen un aire acondicionado los mismos que se incluyeron en el banco de pruebas, además como una ayuda didáctica se rotulo cada elemento con su nombre especifico con el objetivo de poder guiar a los estudiantes cuando se encuentren ejecutando sus prácticas.
- Se realizó la construcción del banco de pruebas de la manera esperada, y se procedió a efectuar las pruebas de funcionamiento dando resultados satisfactorios en los dos circuitos tanto el equipo acondicionador de aire como el circuito de la tarjeta electrónica. Cumpliendo el tercer objetivo específico se culminó poniendo en marcha el proyecto propuesto.
- Se efectuó el presupuesto aproximado de la construcción del equipo como lo indica el cuarto objetivo específico. La inversión es de \$1019,00 los cuales incluyen todos los elementos tanto didácticos como estructurales los mismos que son necesarios para el ensamble del proyecto.

Recomendaciones.

- Se deben tomar mediciones exactas de las partes principales de la unidad de aire acondicionado ya que se pueden encontrar errores al construir la estructura base, tales como el sobredimensionamiento que sería un problema puesto que se gastaría en material y la estructura quedaría pesada y sería difícil transportarla.
- Al momento de la instalación de la unidad evaporadora se la debe colocar de manera centrada y con una pequeña caída hacia el lado del drenaje ya que el serpentín va a condensar y esa agua se drena por gravedad por la bandeja de drenaje. Si no se deja la caída apropiada el agua condensada se acumula y comienza a gotear por la parte frontal de la manejadora.
- Cuando se instalen las tuberías de cobre tanto para alta y baja presión se las debe doblar con cuidado ya que son propensas a deformarse con facilidad y se podría obstruir el sistema llegando a recalentar el compresor por falta de refrigerante.
- Antes de la instalación de las tuercas de bronce se debe acampanar la tubería de cobre. Para realizar esta función se debe utilizar una herramienta llamada prensa la cual permite ejecutarla de manera adecuada. En caso de que haya deformaciones en la campana se producirán microfugas de refrigerante.
- Cuando se recargue el gas refrigerante en el sistema es importante estar pendiente del manómetro ya que si se excede la cantidad de fluido refrigerante las válvulas del compresor se averiaran haciendo que no comprima de manera eficiente.

ANEXOS

Anexo 1. Evidencia fotográfica



Figura A.1.1 Ensamble de banco de pruebas
Fuente: Autor



Figura A.1.2 Ensamble de circuito electrónico
Fuente: Autor



Figura A.1.3 Ensamble del circuito de mando
Fuente: Autor



Figura A.1.4 Rotulación de elementos
Fuente: Autor



Figura A.1.5 Parte frontal del banco de pruebas
Fuente: Autor



Figura A.1.6 Parte trasera del banco de pruebas
Fuente: Autor

Anexo 2. Instructivo de prácticas para los estudiantes

Instalación del acondicionador de aire tipo split de pared

Actividades	Importancia	Practica	Instrumentos
Medidas de la unidad evaporadora	Tomar las medidas de la unidad evaporadora y centrarla.	Las medidas varían según la capacidad del equipo.	Flexómetro
Conexión eléctrica de unidad evaporadora a condensadora	Ubicación de las borneras eléctricas internas tanto para unidad evaporadora y condensadora.	Se procede a conectar el cable de señal de acuerdo al código de colores	No se utiliza herramienta
Conexión de tuberías de cobre	Conexión de las dos tuberías de cobre de alta presión y baja presión.	En caso del equipo de prueba los diámetros son Alta presión: 1/4" Baja presión: 1/2"	Tubería flexible de cobre Dobladora de tubo
Conexión de tuercas de bronce	Ajustes de tuercas de bronce.	Se debe acampanar la tubería.	Prensa acampanadora. Tuercas de bronce
Ubicación de aislantes sobre	Se instalan el aislamiento térmico	Si no se aplican los	Rubatex Cinta vinil

tuberías	sobre las tuberías de cobre tanto el rubatex y la cinta momia vinil.	aislantes se reduce el rendimiento del equipo.	
Limpieza del sistema	Con un proceso de barrido en el sistema se previene daños del equipo.	Esto elimina la suciedad dentro del sistema.	Manómetros con mangueras. Refrigerante Agente de limpieza
Vacío al sistema	Eliminar cualquier residuo de humedad.	Este proceso es primordial en una instalación.	Bomba de vacío
Cargar Refrigerante	Antes de poner en marcha al equipo se debe cargar el equipo con fluido refrigerante, el cual es el encargado de transportar el calor por el sistema.	Se abre el vástago de baja presión y se comienza a cargar el refrigerante.	Amperímetro Manómetros

Fuente: Autor

Bibliografía

- Alejandro Rodríguez, A. R. (2021a). *Mitsubishi Heavy Industries adapta el diseño de sus equipos cassette para que se integren en cualquier espacio.*
- Alejandro Rodríguez, A. R. (2021b). *Nueva gama de Aire Acondicionado Climate de Junkers-Bosch.*
- Campoverde, M., & Vélez, A. (2011). *Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para un Sistema de Climatización para Laboratorio. 01, 206.*
- Connor, N. (2019, septiembre 25). *¿Qué es el proceso isentrópico? Definición.* Thermal Engineering.
- Escuela de refrigeracion del Peru. (2020a). *TIPOS CONDENSADORES.*
- Escuela de refrigeracion del Peru. (2020b). *TIPOS ELEMENTOS CAIDA DE PRESION.*
- Escuela de refrigeracion del Peru. (2020c). *TIPOS EQUIPOS.*
- Escuela de refrigeracion del Peru. (2020d). *TIPOS EVAPORADORES.pdf.*
- Escuela de refrigeracion del Peru. (2021). *10AC TAC MANTENIMIENTO - COMPRESORES 1.pdf.*
- Everwell parts. (2020). *Round Run Capacitors 440V – Everwell Parts Inc.*
<https://www.everwellparts.com/product/round-run-capacitors-440v/>
- Gherardy Harold. (2020). *Diseño E Implementación De Un Módulo De Simulación De Fallas De Un Sistema De Climatización Tipo Split Para Uso En El Laboratorio De Electricidad De La Facultad Técnica Para El Desarrollo De La UCSG.*
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14359/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-244.pdf>
- Gomez, R. I. T. (2011). *Unidad 1 Principios De Refrigeracion. 27.*
- Idoia Arnabat. (2021). *Tipos de aire acondicionado para elegir el mejor sistema. Tipos de acondicionadores de aire.*
<https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-domestico/tipos-aire-acondicionado-elegir-sistema.html>
- Idoia Arnabat, I. A. (2020). *Filtro de aire acondicionado Plasma Quad Plus de Mitsubishi Electric, la mejor calidad de aire interior.*

- Innovair. (2019). *GOLDTEC Sistema – Innovair Corporation*.
<https://www.innovair.com/producto/goldtec-sistema/?lang=es>
- Julio Jumbo, R. M. (2009). *Diseño y Construcción de un sistema de Aire Acondicionado para practicas 55 estudiantiles en la carrera de Ing. Electromecánica de la U.N.L.*
- Labat, J. C. (2018). *Diseño y calculo de un intercambiador de calor*. 73.
- Nacobre. (2020). *Tuberia flexible de cobre*.
- Oriol Planas. (2018a). *Proceso isotérmico Concepto y ejemplos*. <https://solar-energia.net/termodinamica/procesos-termodinamicos/proceso-isotermico>
- Oriol Planas, O. (2018b). *Proceso Adiabatico Concepto y ejemplos*.
<https://solar-energia.net/termodinamica/procesos-termodinamicos/proceso-adiabatico>
- Quitumbe. (2019). *Leyes de los gases (III): Ley de Gay-Lussac | Quimitube*.
<https://www.quimitube.com/leyes-de-los-gases-iii-ley-de-gay-lussac/>
- Rodríguez, P. J. (2014, mayo 30). *Cómo diseñar una climatización y ventilación eficiente en locales y viviendas*. Pablo J. Rodríguez.
<https://pablojrguez.wordpress.com/2014/05/30/como-disenar-una-climatizacion-y-ventilacion-eficiente-en-locales-y-viviendas/>
- Santiago Tapia. (2014). *Elaboración De Un Sistema Didáctico De Aire Acondicionado Automotriz Funcional Con Plc Para Los Talleres De La Universidad Tecnológica Equinoccial"*. 121.
- Sanyo Panasonic. (2020). *Compresores Sanyo | Refacciones HVAC*.
<http://www.compresores-sanyo.com/>
- Tecumseh. (2015). *Compresor Tecumseh AVB558*.
<https://www.tecumseh.com/es/na/products/ecip/avb5558ext?pdf=print>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Córdova Tomalá Julio Enrique** con C.C: # 0930157326 autor del Trabajo de Titulación: **Diseño y construcción de un sistema de acondicionador de aire para prácticas estudiantiles en la Carrera de Ingeniería en Eléctrico Mecánica de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.** Previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 20 de Septiembre del 2021

f. _____

Nombre: Córdova Tomalá Julio Enrique

C.C: 0930157326

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño y construcción de un sistema de acondicionador de aire para prácticas estudiantiles en la Carrera de Ingeniería en Eléctrico Mecánica de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
AUTOR(ES)	Córdova Tomalá Julio Enrique		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Carlos Bolívar Romero Rosero		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Eléctrico Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 de septiembre del 2021	No. DE PÁGINAS:	93
ÁREAS TEMÁTICAS:	Electricidad		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	HVAC/R – CONFORT – EFICIENCIA - PROCESOS - AIRE ACONDICIONADO – TERMODINÁMICOS		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>La industria del HVAC (Heating – ventilation – air conditioning) se ha proliferado de manera exponencial en los últimos años. Con los avances tecnológicos se ha podido incrementar la flexibilidad, eficiencia, ahorro y confort de los equipos de climatización y a su vez ha plasmado un crecimiento en el mercado y un aumento de oportunidades laborales. Esto da a notar que la materia de climatización es indispensable para los aspirantes a ingenieros ya que ocupa un lugar sumamente importante en el mercado. En todo trabajo donde se vayan a ejecutar labores técnicas se debe de tener experiencia con la cual se pueda desempeñar el trabajo correctamente. Por lo cual en el capítulo dos se presenta toda la fundamentación teórica referente al área de climatización en donde se encuentra la explicación de todos los fenómenos termodinámicos que ocurren dentro de un aire acondicionado. La misión de este proyecto es crear un equipamiento didáctico con el cual los estudiantes puedan poner en práctica todos los conocimientos recibidos en clase por esta razón en el capítulo tres se investigó todos los elementos necesarios para poder construir este banco de pruebas y que tipo de herramientas son necesarias para que los futuros ingenieros puedan ejecutar sus análisis, mediciones e experimentaciones de acuerdo a lo aprendido.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593968148067	E-mail: jcordovat98@outlook.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-67608298		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			