

CONSTRUCCIÓN E INSTRUMENTALIZACION DE UN SISTEMA DE
VENTILACION TIPO "SPLIT"

YESID VARGAS CARO

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
DIVISION DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
TUNJA
2014

CONSTRUCCIÓN E INSTRUMENTALIZACION DE UN SISTEMA DE VENTILACION TIPO "SPLIT"

YESID VARGAS CARO

Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Mecánico

Director:

CARLOS ALBERTO LEON MEDINA
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
DIVISION DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
TUNJA
2014

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja_____, _____, **2014**

DEDICATORIA

Agradezco de manera sincera y humilde a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra manera en la realización de este trabajo de grado y sobre todo por el apoyo recibido durante todo el tiempo de estudios y dedico precisamente a ellos y a Dios este Trabajo Culminado.

De manera especial tengo gran cariño, aprecio y agradecimiento a mi padre que siempre mantuvo un apoyo incondicional y permanente en esta etapa de formación universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A terminado un proceso más de la vida, un proceso de gran trascendencia en mi futuro y al mirar atrás no puedo más que agradecer a Dios por todas las Bendiciones recibidas en el transcurrir de la vida y sobre todo por las personas que Él, en su Divina Providencia, determinó para el caminar de la vida. Mil gracias a todas las personas que contribuyeron con este proceso académico uno más de muchos en el “teatro de la vida”.

Este trabajo académico culminado es el fruto de la lucha pertinaz y constante por ser mejor como persona en todas sus dimensiones; diferentes obstáculos fueron acrisolándome en este caminar, pero definitivamente estas dificultades son las que nos hacen más fuertes y mejores personas.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	13
INTRODUCCION	15
1. GENERALIDADES	16
1.1. FUNCIÓN PRINCIPAL DEL AIRE ACONDICIONADO	16
1.2. ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	16
1.3. FUNCIONES BÁSICAS A CUMPLIR POR LOS SISTEMAS	17
1.3.1. Enfriamiento y deshumectación	17
1.3.2. Calentamiento y Humectación	18
1.3.3. Ventilación	18
1.3.4. Filtrado	18
1.3.5. Circulación del aire	18
2. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO	19
2.1. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPAMIENTOS	18
2.2. CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES	18
2.1.1 Por su Misión	19
2.1.2 Por la Época Del Año	19
2.1.3 Por su Forma de Instalación	20
2.1.4 Por el Tipo de Equipamiento	20

2.1.5	Clasificación por “tipo” de sistemas de aire acondicionado	21
2.2	Sistemas Unitarios o autónomos	21
2.1.5.2	Sistemas Todo refrigerante (split-systems)	21
2.1.5.3	Sistemas Todo agua	21
2.1.5.4	Sistemas Todo aire	22
2.1.5.5	Sistemas Aire-agua	22
3	SPLIT SIMPLE	24
3.1	EQUIPO – GENERALIDADES	25
3.1.1	Sistemas de refrigeración	25
3.1.2	Refrigeración Mecánica	25
3.1.3	Refrigerantes	26
3.1.4	Compresores	26
3.1.5	Compresor alternativo	26
3.1.6	Compresor rotativo	26
3.1.7	Compresor centrífugo	27
3.1.8	Compresor axihelicoidal (tornillo)	27
3.1.9	Compresor a espiral	27
3.1.10	Condensadores	27
3.1.11	Tubo capilar	28
3.1.12	Evaporador	28

3.2	EQUIPO – BANCO DE PRUEBAS	28
3.2.1	Unidad Interior	29
3.2.2	Unidad Exterior	29
4	CALCULOS Y DISEÑO	30
4.1	RAZÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR ($\dot{Q}_{\max}$)	30
4.2	TRANSFERENCIA DE CALOR REAL ($\dot{Q}$)	32
4.3	EFFECTIVIDAD DE TRANSFERENCIA DE CALOR ($\mathcal{E}$).	33
4.4	DMLT – DIFERENCIA MEDIA LOGARÍTMICA DE TEMPERATURA	33
4.5	SEER (SEASONAL ENERGY EFFICIENCY RATIO)	34
4.6	COEFICIENTE DE RENDIMIENTO (COP) Y FACTOR E EFICIENCIA DE ENERGÍA (EER).	35
5.	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL BANCO DE PRUEBAS	37
5.1	METODOLOGÍA DE LA CONSTRUCCION Y MONJATE	37
5.2	ETAPAS DE DISEÑO	39
5.3	ALTERNATIVAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL	40
5.4	COMPONENTES SELECCIONADOS PARA EL MONTAJE	43
5.4.1	Estructura	43
5.4.2	Unidad Evaporadora (Ventilador)	45
5.4.3	Unidad Condensadora	47
5.4.4	Refrigerante R22	48

5.5	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS	51
5.6	DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	52
5.6.1	Obtención de material	54
5.6.2	Corte y ensamblaje	55
5.6.3	Soldadura	55
5.6.4	Acabados	55
5.6.5	Pintura	56
5.6.6	Terminados	56
5.6.7	Ensamble	56
5.6.8	Entrega final	56
6.	GUÍAS DE LABORATORIO	58
7.	CONCLUSIONES	61
8.	RECOMENDACIONES	62
	BIBLIOGRAFIA	63
	ANEXOS	64

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Clasificación general de Sistemas de Aire Acondicionado	22
Tabla 2. Matriz de decisión	41
Tabla 3. Características ángulos estructurales	45
Tabla 4. Propiedades acero estructural	46
Tabla 5. Características técnicas unidad evaporadora	47
Tabla 6. Características técnicas unidad condensadora	49
Tabla 7. Características refrigerante	49
Tabla 8. Elementos principales	50
Tabla 9. Herramientas	52

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo refrigeración	29
Figura 2. Balance de presión – Temperatura Vs Entropía	30
Figura 3. Diagrama de las Actividades Realizadas	39
Figura 4. Diseño 3D	40
Figura 5. Estructura 3D	45
Figura 6. Estructura 3D – Unidades evaporadora y condensadora	48
Figura 7. Proceso de corte y soldadura	54
Figura 8. Proceso pulido y pintura	54
Figura 9. Ensamble	55
Figura 10. Proceso de construcción	55
Figura 11. Banco 3D	58

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. CATALOGO: SISTEMA DE VENTILACION	68
ANEXO B. CATALOGO MANOMETROS	69
ANEXO C. CATALOGO TERMOMETRO DIGITAL	70
ANEXO D. FICHA TECNICA REFRIGERANTE R-22	71
ANEXO E. FICHA SEGURIDAD REFRIGERANTE R-22	72
ANEXO F. TUBERÍA DE COBRE	76

GLOSARIO

CLIMATIZACIÓN: Características de temperatura y humedad del aire adecuadas para el bienestar dentro de sitios determinados.

HUMIDIFICACIÓN: Aumento de la humedad del aire por contacto con agua a temperatura suficientemente elevada.

TEMPERATURA: Propiedad de la materia que se relaciona con la sensación de calor o frío.

CALEFACCIÓN: Forma de climatización en donde se puede suministrar calor a un ambiente.

REFRIGERACIÓN: Disminución del calor o de la temperatura de un cuerpo.

EVAPORACIÓN: Cambio de estado líquido al estado de vapor de una sustancia, a temperatura inferior a la de ebullición.

DESODORIZANTES: mecanismos purificadores de ambientes.

DESHUMIFICADOR: aparato que reduce la humedad ambiental.

SERPENTÍN: Tubo de cobre en forma espiral por donde circula agua o gas.

CONDENSADOR: es un intercambiador de calor, mientras uno de ellos se enfría, pasando de estado gaseoso a estado líquido, el otro se calienta.

SPLIT-SYSTEMS: Sistemas de ventilación de dos bloques o separados.

MULTISPLIT: Sistemas separados múltiples.

CALEFACCIONAR: forma de climatización; otro nombre que se le da al proceso de calefacción.

EVAPORADOR: intercambiador de calor, en este se produce un cambio de estado: el fluido pasa del estado líquido al gaseoso.

CICLO FRIGORÍFICO: Sistemas de refrigeración. Su función primordial es disminuir la temperatura de una sustancia en cámaras frigoríficas o de refrigeración.

SOFTWARE: Conjunto de programas de computación.

CAÑERÍA: Conducto o tubería por donde circulan o se distribuye agua o gas.

HOLLÍN: partículas sólidas de tamaño muy pequeño.

HUMEDAD RELATIVA: cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera.

KJ: Kilo julio, unidad Sistema Internacional. Utilizada para medir energía, trabajo y calor.

PRESIÓN: Fuerza o empuje que se ejerce sobre una cosa (superficie).

COMPRESIÓN: Reducción del volumen bajo el sometimiento de una presión.

TRANSFERENCIA DE CALOR: intercambio de energía térmica, de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura.

INCOMBUSTIBLES: Que no se puede quemar, no puede arder o arde con gran dificultad.

TUBO CAPILAR: Conducto de fluido estrecho y de pequeña sección circular. En estos tubos se presenta el fenómeno de capilaridad.

REFRIGERANTE: sustancia (química) líquida o gaseosa, utilizado como transmisor de calor.

INTRODUCCION

El estudio de los diferentes fenómenos termodinámicos y de transferencia de calor son de vital importancia en el ambiente ingenieril ya que estudia a la energía, su almacenaje y sus diferentes aplicaciones; en particular la aplicación de la energía calorífica (calor) en otras formas de energía y viceversa.

Es sumamente importante la investigación, el análisis y la experimentación con aparatos térmicos, ya que permiten comprender la importancia de los procesos termodinámicos y de transferencia de calor en nuestro entorno y como estos afectan el medio en que vivimos. La realización de este proyecto ayudara, en gran manera, a realizar este tipo de análisis en el laboratorio de la facultad, aportando un banco de pruebas instrumentalizado de excelente calidad y practicidad, y también aportará varias opciones de prácticas de laboratorio de elevado interés en el campo de la ingeniería mecánica.

Un sistema de ventilación instrumentalizado es de gran beneficio educativo y representa un importante apoyo en la comprensión <<práctica>> de este tipo de fenómenos; y también un avance en la praxis de los conocimientos teóricos adquiridos en las diferentes áreas del saber termodinámico. En este banco se podrá observar los diferentes fenómenos de ventilación a nivel práctico y además este sistema de ventilación permitirá interactuar al estudiante con las diferentes partes del sistema Split.

1. GENERALIDADES

La vida moderna trae consigo un sin número de comodidades que facilitan la vida y muchas de estas comodidades se aplican a los sitios que más frecuentamos, estos adelantos hacen más comfortable la vida y garantizan óptimas condiciones de salud. Uno de esos adelantos que facilitan la vida es el aire acondicionado que se percibir en viviendas, oficinas, establecimientos comerciales o industriales, etc. Todos pueden dar certeza de los grandes beneficios de la climatización para el confort y la salud.

Como definición se puede decir que: el aire acondicionado es la realización de determinadas funciones destinadas a proporcionar durante todo el año, el confort térmico y la calidad del aire interior para la vida de las personas o el mejoramiento de los diferentes procesos industriales. (QUADRI, 2001)

1.1. FUNCIÓN PRINCIPAL DEL AIRE ACONDICIONADO

La función principal de un aire acondicionado es regular la temperatura, ya sea para el proceso de calefacción o refrigeración, también proporciona bienestar en una determinado ambiente generando frio o calor de acuerdo a las necesidades.

1.2. ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

El proceso de acondicionamiento de aire consiste en el enfriamiento o calefacción del aire; es el tratamiento dado al mismo en un ambiente interior con el fin de mantener las condiciones de temperatura, humedad, limpieza y movimiento. La temperatura del aire podemos controlarla calentándola o enfriándola. (LOPEZ M, 2007)

El sistema de ventilación se vale de un fluido muy especial (el refrigerante) para capturar primero y expulsar seguidamente el calor, aprovecha de las características muy especiales del líquido refrigerante para enfriar el aire circundante. Cuando este líquido pasa de estado líquido a estado gaseoso absorbe una gran cantidad de calor y cuando regresa al estado líquido lo libera de nuevo, la clave es el cambio de estado del refrigerante.

En el inicio del proceso de transferencia de calor hay un ventilador de la unidad interior del sistema (ventilador) que abre paso al aire del ambiente, el calor del aire se transfiere al refrigerante que está dentro del circuito tubular (serpentín), posteriormente este aire sale a la habitación pero esta vez mucho más frío; este se enfría a medida que atraviesa los circuitos del refrigerante.

La clave del sistema está en la fase de transición, en la entrada del circuito que enfría el aire el refrigerante se encuentra en estado líquido, como esta temperatura es inferior a la del aire entrante (ambiental) el refrigerante absorbe el calor de este. La capacidad que tiene el refrigerante que tiene de pasar de líquido a gas con facilidad le permite absorber muchísimo calor.

A medida que esto va ocurriendo su temperatura aumenta unos cuantos grados centígrados, justo para evaporarse y convertirse en gas, el proceso de evaporación consume aún más calor. Al finalizar el proceso de evaporación hay que deshacerse del calor y ahí es donde el compresor entra en acción, este es el motor que bombea el refrigerante a través del circuito (serpentín), en este proceso de compresión aumenta la temperatura. Como el calor se transmite siempre de lo más caliente al menos caliente, el refrigerante que es en este caso lo más caliente cede parte de su calor al aire expulsándolo al exterior.

1.3. FUNCIONES BÁSICAS A CUMPLIR POR LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

El propósito en los sistemas de confort es crear condiciones atmosféricas que conduzcan al bienestar, como el caso de viviendas, oficinas, comercio, restaurantes, salas de fiestas, hospitales, teatros, etc., mientras que en los industriales es el de controlar las condiciones atmosféricas para satisfacer los requisitos particulares de los procesos. Para lograr esos objetivos se detallan las funciones básicas a realizar (QUADRI, 2001, pág. 13):

1.3.1. Enfriamiento y deshumectación. Esta función se efectúa en un proceso único y simultáneo por medio de un serpentín o batería de enfriamiento en las cuales se absorbe el calor sensible y también el calor latente del aire, por efecto de la condensación sobre la superficie del vapor de agua que contiene, debido a que lo enfría por debajo de su punto de rocío (QUADRI, 2001, pág. 13).

1.3.2. Calentamiento y Humectación. El calentamiento del aire se efectúa por medio de una batería agua caliente o eventualmente vapor, vinculadas con cañerías a una planta de calderas o intercambiadores a gas o eléctricos (QUADRI, 2001, pág. 14).

1.3.3. Ventilación. La función de ventilación, consiste en la entrada de aire exterior, para renovar permanentemente el aire de recirculación del sistema en las proporciones necesarias a fin de lograr un adecuado nivel de pureza, dado que como resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico, por lo que debe suministrarse siempre aire nuevo a los locales para evitar que se produzcan viciamientos y olores (QUADRI, 2001, pág. 15).

1.3.4. Filtrado. La función de filtrado, consiste en la limpieza del aire y se cumple en la batería de filtros, quitándole al aire circulante el polvo, impurezas y partículas en suspensión y el grado de limpieza a lograr depende del tipo de instalación de acondicionamiento a efectuar. El filtro es el primer elemento a instalar en la circulación del aire porque no solo protege a los locales acondicionados sino también al mismo equipo de acondicionamiento (QUADRI, 2001, pág. 15).

1.3.5. Circulación del aire. La función de circulación es necesaria dado que siempre debe haber un cierto movimiento de aire en la zona de permanencia con el fin de evitar su estancamiento, sin que se produzcan corrientes enérgicas que son perjudiciales, especialmente en invierno. Por otra parte, es muy importante un buen barrido del aire que circula en los locales, dado que ello contribuye a la calidad del aire interior, en virtud que contiene aire nuevo de ventilación cuya función es la de diluir los contaminantes del local. (QUADRI, 2001, pág. 16)

2. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Hay una gran variedad de sistemas de aire acondicionado y es muy importante dar a conocer como se clasifican y analizar las características de acuerdo a su tipo.

2.1. CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES (QUADRI, 2001, pág. 24)

Las instalaciones de aire acondicionado se pueden clasificar según los siguientes criterios:

- Por su misión
- Por la estación en que actúan
- Por su instalación
- Por el tipo de equipamiento
- Por el tipo de sistema

2.1.1. **Por su Misión** (QUADRI, 2001, pág. 24). Se puede considerar dos: Para confort y para procesos industriales.

El propósito de los sistemas de acondicionamiento para el confort es de crear condiciones atmosféricas que conduzcan a la buena salud, el bienestar y el rendimiento. Los sistemas utilizados en el hogar, oficinas, supermercados, restaurantes, salas de fiestas, espectáculos, sanidad, educación, etc., son de este tipo. La función de los sistemas de acondicionamiento industriales es de controlar las condiciones atmosféricas de modo que satisfaga los requisitos de ciertos procesos industriales o científicos.

2.1.2. **Por la época del año** (QUADRI, 2001, pág. 25) Se pueden mencionar los siguientes:

- Invierno
- Verano
- Para todo el año.

Tanto las instalaciones solo de verano o de invierno, son incompletas y no constituyen un verdadero sistema de aire acondicionado. Los sistemas de invierno suelen basarse en el calentamiento, con filtrado y aportación de aire nuevo con la posibilidad de ventilar en verano y en épocas intermedias y generalmente se deja

prevista la instalación para el montaje futuro de la parte de frío en forma sencilla, sin grandes modificaciones.

Los sistemas de aire acondicionado en realidad deben ser para todo el año, constituyendo un conjunto integral completos y su objetivo es el mantener las condiciones requeridas en los locales a lo largo de cualquier estación, por lo que se requiere contar con una fuente de calor y frío disponible en todo momento.

2.1.3. Por su forma de instalación (QUADRI, 2001, pág. 26). Las instalaciones según su instalación pueden ser de los siguientes tipos:

- Central
- Semicentral
- Individual.

En las instalaciones del tipo central, la planta de calefacción o refrigeración se ubica en un lugar del edificio, denominado sala de máquinas, sirviendo a todas las zonas del edificio. En las del tipo semicentral, se emplean equipos de calefacción o refrigeración pero de uso totalmente independiente por piso o departamento y en las individuales, se utilizan unidades por local como equipos autocontenidos o estufas.

2.1.4. Por el tipo de equipamiento (QUADRI, 2001, pág. 26). Según los tipos de equipamientos a emplear para el ciclo de refrigeración se pueden clasificar en dos grandes grupos: Sistemas de expansión directa y en Sistema de expansión indirecta o agua enfriada.

En los sistemas de expansión directa, el refrigerante enfría directamente el aire que se distribuye a los locales en los serpentines de los equipos, constituyendo la manera más efectiva de lograr el objetivo de enfriar y deshumectar el aire, dado que se logra el intercambio directo con el refrigerante.

En los sistemas de expansión indirecta, se los suele denominar de agua enfriada porque una enfriadora de líquidos enfría un refrigerante secundario como el agua, el cual es distribuido en forma adecuada a unidades terminales ubicadas en los locales, denominadas fan-coil (ventilador-serpentín), inductores o a unidades de tratamiento de aire centrales denominadas manejadoras de aire o fan-coil centrales que son las que a su vez enfrían el aire que se circulan en los locales.

2.1.5 Clasificación por “tipo” de sistemas de aire acondicionado (QUADRI, 2001, pág. 28). Se pueden clasificar de acuerdo a los fluidos de distribución del aire acondicionado en:

- Sistemas unitarios o autónomos
- Sistemas todo refrigerante
- Sistemas todo aire
- Sistemas todo agua
- Sistemas aire agua

2.1.5.1 Sistemas Unitarios o autónomos. Estos sistemas consisten en equipos compactos autocontenidos de expansión directa colocados en ventana, pared o los mismos locales a servir, sin utilización de conductos o solo pequeños tramos de distribución, empleando rejillas o plenos de distribución de aire. Para calefacción se complementan normalmente estos equipos con bomba de calor o resistencias eléctricas y pueden ser: con equipos individuales de ventana o muro del tipo roof-top exteriores y con equipos compactos autocontenidos interiores (QUADRI, 2001, pág. 28).

2.1.5.2 Sistemas Todo refrigerante (split-systems). A los sistemas todo refrigerante se los conoce como sistemas separados o split-systems consistiendo en unidades terminales en el espacio acondicionado, que constan de un serpentín de expansión directa con ventilador que recircula el aire del local, que es alimentado con refrigerante transportado por cañerías desde una unidad condensadora separada ubicada en el exterior. La calefacción se realiza generalmente utilizando el mismo sistema mediante la bomba de calor y pueden consistir en: Sistemas separados simples – Split, Sistemas separados múltiples – Multisplit y Sistemas VRV (volumen de refrigerante variable) (QUADRI, 2001, pág. 28).

2.1.5.3 Sistemas Todo agua. El sistema todo agua es aquel en que en el espacio acondicionado hay unidades terminales, denominadas fan-coil individuales, que constan de un ventilador para circular el aire y un serpentín que se alimentan de agua fría por cañerías y bombas desde una unidad enfriadora de agua y por agua caliente desde una caldera.

Pueden considerarse según la conexión de cañerías en: Dos tubos, Tres tubos y Cuatro tubos (QUADRI, 2001, pág. 30)

2.1.5.4 Sistemas Todo aire. En estos sistemas el aire se prepara en un equipo unitario o unidad de tratamiento del aire con un serpentín de expansión directa o agua fría que se ubica alejado de los espacios que se acondicionan y se utiliza solo el aire como fluido termodinámico que llega a los locales, distribuido mediante un sistema de conductos y que sirve tanto para refrigerar como para calefaccionar.

Pueden establecerse:

- Sistemas de volumen constante
 - Simple zona
 - Multizona
- Sistemas de volumen variable (QUADRI, 2001, pág. 30)

2.1.5.5 Sistemas Aire-agua. Son sistemas mixtos donde los locales acondicionados están servidos por unidades terminales ubicados dentro de los locales y suministran el aire denominado secundario y el designado como primario proviene de unidades o equipos de tratamiento de aire remotos.

El fluido que se utiliza es agua fría o caliente proveniente de la caldera y se pueden considerar: Fan-coil individual con aire primario, de Inducción y de techos fríos con aire primario. (QUADRI, 2001, pág. 30)

Tabla 1: Clasificación general de Sistemas de Aire Acondicionado

Tipo de Equipamiento	Equipos	Características	Sistemas
Expansión directa	Autocontenidos exteriores enfriados por agua	Individual de ventana o muro Roof-top	Unitarios Unitarios todo aire
	Autocontenidos Interiores	Wall – Mounted enfriado por aire	Unitarios todo aire
		Compacto central con condensación exterior separadas por aire o por agua	Unitarios todo aire
		Compacto	

		individual con condensación exterior separadas con agua	Unitarios
	Separados con unidades condensadoras enfriadas por aire	Split-System	Todo refrigerante
		Multi – Split	Todo refrigerante
		VRV - Volumen de refrigerante variable	Todo refrigerante
Expansión Indirecta	Unidades enfriadoras de agua, enfriadas por aire o agua	Unidad de tratamiento o manejadora de aire – Air Handlers o fan coil central. Distribución volumen constante o volumen variable	Todo Aire
		Fan coil Individual	Todo Agua
		fan coil Individual con unidades de tratamiento de aire air Handebers o fan coil central para tratamiento primario	Agua - Aire
		Inducción	Agua - Aire
		Techo Frio	Agua - Aire

Fuente: (QUADRI, 2001, pág. 32)

3 SPLIT SIMPLE

El Split es un sistema acondicionador de aire del ambiente interior de las edificaciones. Que pertenece al grupo de los acondicionadores de expansión directa; ya que funciona con un gas refrigerante que enfría el aire que circula en contacto directo con él. (SOCORRO, MARTINEZ, HAZOURY, & LABORT)

Estos sistemas son de expansión directa y se diferencian de los unitarios con equipos autocontenidos en que utilizan unidades que *están divididas en dos gabinetes uno exterior y otro interior*, con la idea de separar en el circuito de refrigeración, la zona de evaporación en el interior con la zona de condensación en el exterior. Ambas unidades van unidas por medio de tuberías de cobre para la conducción del refrigerante y constituyen el sistema denominado *todo refrigerante* o también llamado *sistema separado (split system)*. (QUADRI, 2001, pág. 130)

Estos sistemas permiten ubicar a la *sección evaporadora* y consistente en un mueble con un ventilador centrífugo y el serpentín de evaporación en cualquier posición dentro de los locales a climatizar y a su vez, la *unidad condensadora*, que contiene al compresor de refrigeración, ventilador y serpentín de condensación, se coloca en el exterior, en patios, balcones, terrazas, etc.

La interconexión de ambas unidades requiere solamente una *cañería de succión* y otra de *líquido* para la circulación del fluido refrigerante, siendo estas tuberías de pequeñas dimensiones y fácilmente ubicables.

La unidad condensadora exterior puede instalarse suspendida o apoyada en un aire luz, patio, azotea, marquesina, balcón, etc., a la misma altura, en un nivel superior o inferior al de la unidad evaporadora. La sección evaporadora puede instalarse interiormente apoyada sobre el piso en una consola o suspendida en una unidad mural de colgar, adaptándose a cualquier ambiente en función de las necesidades en potencias de refrigeración que varían desde 8373,6 a 52335 KJ provistas con filtro de aire. Los modelos de unidades interiores más utilizados básicamente consisten en:

- *Mural*: para colocar colgado sobre pared.
- *Cassette*: puede ser para ajustar dentro del cielorraso con una altura de aproximadamente 35 cm o del tipo para suspender bajo el cielorraso ocupando solo 17 cm, de cuatro o dos vías de distribución del aire.
- *Consola*: para apoyar sobre el piso. (QUADRI, 2001, pág. 130)

3.1 EQUIPO - GENERALIDADES

3.1.1 Sistemas de refrigeración. En los ciclos que utilizan un fluido refrigerante se emplea la propiedad de hacerlos absorber calor en estado líquido para evaporarse a temperaturas y bajas presiones. Luego para restituirlos nuevamente a las condiciones iniciales se los hace condensar a mayor presión y temperatura, para ceder el calor al medio circundante normalmente aire o agua y los métodos o sistemas normalmente empleados son compresión y absorción

En el sistema de compresión la presión es incrementada desde el evaporador al condensador mediante el empleo de un compresor, que produce la succión del evaporador y la compresión al condensador y por ello, a estos sistemas se los denomina de refrigeración mecánica que son los más utilizados. En el sistema de absorción, la succión del evaporador se origina por un fluido absorbente y el aumento de presión se produce por el calor que suministra una fuente de calor. (QUADRI, 2001, pág. 80)

3.1.2 Refrigeración Mecánica. El funcionamiento se basa en un fluido refrigerante, al cual mediante una serie de dispositivos se le hace absorber calor en un lugar de baja temperatura como es el aire del local, transportarlo y cederlo a otro lugar de mayor temperatura, como puede ser el aire exterior y como el calor debe fluir de una fuente de baja a una de alta temperatura en contra de la tendencia natural, para lograr ese objetivo es necesario aportar energía o trabajo mecánico mediante un compresor. El ciclo de refrigeración se basa en aprovechar las propiedades de cambios de estados físicas de las sustancias, como ser la vaporización o la condensación. (QUADRI, 2001, pág. 81)

Un sistema básico de refrigeración está compuesto de los siguientes elementos:

- *Compresor*
- *Condensador*
- *Dispositivo de expansión*
- *Evaporador*

Estos elementos, están incorporados en un circuito cerrado vinculados por medio de tuberías de interconexión, que permiten hacer circular el fluido refrigerante durante el ciclo, de forma continua, empleando ventiladores en el evaporador y condensador, para favorecer la transferencia del calor mediante la circulación forzada del aire.

3.1.3 Refrigerantes. Las características de los refrigerantes son importantes en lo que respecta al proyecto del sistema, aplicación y funcionamiento del ciclo. Estos refrigerantes tienen las características que se deben requerir para su utilización ya que son incoloros, insípidos, transparentes y prácticamente inodoros incluso en altas concentraciones no siendo tóxicos, irritantes ni explosivos. Son incombustibles, estables e inertes de gran resistencia eléctrica y ligeramente solubles en agua y no sufren disociaciones. (QUADRI, 2001, pág. 82)

3.1.4 Compresores. El compresor constituye uno de los puntos de división entre el lado de baja presión y el lado de alta presión del circuito de refrigeración, dado que recibe vapor refrigerante a baja presión y baja temperatura proveniente del evaporador y la descarga a alta presión y temperatura en el condensador. (QUADRI, 2001, pág. 84)

Según la forma de funcionamiento los compresores pueden clasificarse en:

- Alternativo
- Rotativo
- Centrífugo
- Axihelicoidal o tornillo
- Espiral o scroll

3.1.5 Compresor alternativo-. Son similares en muchos aspectos a un motor de automóvil en la que el pistón al moverse alternativamente, produce la succión en la carrera descendente y la compresión en la ascendente. Cuando el pistón se mueve hacia abajo, la presión de succión obliga al vapor refrigerante a penetrar dentro del cilindro a través de una válvula de succión, pero tan pronto el pistón se mueve hacia arriba, la presión dentro del cilindro crece y obliga a cerrarse a la válvula de succión, disminuyendo su volumen (QUADRI, 2001, pág. 85).

3.1.6 Compresor rotativo. Consta de una cámara cilíndrica cerrada, dentro de la cual gira un cilindro metálico cuyo eje de rotación no coincide con el eje de la cámara. Mediante unas aletas, que pueden introducirse más o menos profundamente en el cilindro giratorio, el espacio comprendido entre éste y las paredes interiores de la cámara, está dividido en recintos separados, cuyos volúmenes varían a causa de la excentricidad del eje de rotación con respecto al cilindro hueco.

Si se introduce el vapor refrigerante donde los espacios están creciendo de tamaño, habrá una aspiración del mismo y al proseguir su rotación el cilindro giratorio, el espacio particular se va estrechando y la expulsión del gas, ya comprimido, se produce donde el mismo alcanza el mínimo tamaño. Los compresores rotativos se aplican a los pequeños acondicionadores individuales debido a su funcionamiento silencioso, construcción compacta, reducido número de piezas móviles y facilidad para acoplarlos directamente al árbol de un motor eléctrico, requiriendo un ajuste muy preciso en su elaboración. (QUADRI, 2001, pág. 87)

3.1.7. Compresor centrífugo. En estos compresores se impulsa el gas refrigerante, gracias a la fuerza centrífuga de un rotor que gira a alta velocidad, dotado de paletas de diseño especial el que toma el refrigerante de baja presión cedido por el evaporador y lo arroja hacia la periferia con una velocidad que da lugar a una elevada presión de descarga. (QUADRI, 2001, pág. 87)

3.1.8 Compresor axihelicoidal (tornillo). Este tipo de máquina origina la compresión del gas refrigerante mediante la utilización de dos engranajes helicoidales de desplazamiento positivo y por tal motivo suele denominárselos generalmente como compresores a tornillo. Mediante la aplicación de dicho dispositivo se produce el desplazamiento del fluido refrigerante mediante la acción de ambos rotores, sin la intervención de válvulas, pistones u otros elementos que requiere el compresor alternativo produciéndose de esa manera, un flujo continuo del refrigerante. Además, tienen la ventaja con respecto a los alternativos que son de tamaño menor para la misma potencia y permiten una mejor regulación para funcionamiento a cargas parciales pequeñas. Se los utiliza en enfriadores de agua de más de 30 toneladas de refrigeración. (QUADRI, 2001, pág. 87)

3.1.9 Compresor a espiral. Se los suele denominar scroll y su principio de funcionamiento se basa en dos piezas en forma de espiral que forman al interactuar entre si bolsillos de gas, en la que un espiral permanece fijo mientras el otro orbita con un movimiento continuo que impulsa el gas refrigerante a espacios que van haciéndose más pequeños, aumentando su presión hasta alcanzar la descarga en el centro y de esa manera, se logra una compresión continua y uniforme. (QUADRI, 2001, pág. 89)

3.1.10 Condensadores (QUADRI, 2001, pág. 91) El condensador es un elemento del circuito donde el gas refrigerante sobrecalentado y proveniente del compresor transfiere la carga térmica a un medio exterior que puede ser agua, aire o la combinación de ambos. Cuando el vapor refrigerante entra en el condensador está caliente dado que contiene el calor recogido por el evaporador del ambiente más el equivalente en calor del trabajo efectuado por el compresor para comprimirlo y como en general se trata de unidades compresoras herméticas en las cuales el motor eléctrico esta enfriado por el mismo refrigerante, hay que agregar también a

la capacidad del condensador las pérdidas de calor por el rendimiento eléctrico del motor, pudiendo como regla estimativa adoptar que disipan un 25% más del calor extraído al ambiente acondicionado. Se puede considerar el funcionamiento de un condensador dividido en tres partes fundamentales.

Primera parte. El refrigerante que ingresa al condensador en forma de vapor sobrecalentado y para poder ser condensado debe eliminar el exceso de calor sensible de modo de disminuir su temperatura a la de saturación.

Segunda parte. Una vez lograda la temperatura de vapor saturado se produce la condensación o sea el cambio del estado de vapor a la de líquido sin variación de temperatura.

Tercera parte. Luego de condensado el líquido sufre un sub-enfriamiento para lograr reducir la re-evaporación del refrigerante en la línea de líquido antes de que éste alcance el dispositivo de expansión y aumentar el efecto refrigerante neto.

3.1.11 Tubo capilar. El tubo capilar es el dispositivo de expansión más sencillo consistiendo en un tubo de longitud más o menos grande cuyo diámetro interior es considerablemente más pequeño que aquel que se usa para la línea del líquido del mismo sistema. El capilar adecuado para cada equipo sólo es posible obtenerlo después de rigurosos cálculos y ensayos en calorímetros especiales y su ventaja principal reside es su sencillez debido a no existir mecanismo alguno y la carga de refrigeración debe ser exacta pues diferencias más o en menos pueden alterar el correcto funcionamiento del sistema. (QUADRI, 2001, pág. 95)

3.1.12 Evaporador. Una vez que el líquido ha pasado por el dispositivo de expansión, el evaporador constituye el serpentín que en la zona a baja presión, produce la reducción de temperatura y quita la humedad del aire que mediante un ventilador circula exteriormente a través de él. Tanto las válvulas de expansión como los capilares van en general provistos de un distribuidor de líquido. (QUADRI, 2001, pág. 96)

3.2 EQUIPO – BANCO DE PRUEBAS (GUNT Hamburg, 2005)

El sistema de ventilación de banco de pruebas se caracteriza por los acondicionadores de aire de dos bloques sirven para enfriar, deshumectar y también para calentar espacios. Están compuestos por una unidad interior y una unidad exterior.

3.2.1 Unidad Interior. En la unidad interior se encuentra un cambiador de calor con soplante, el cual trabaja como evaporador en el circuito de refrigeración estando en el modo de refrigeración. En el modo de calefacción trabaja como condensador.

3.2.2 Unidad Exterior. La unidad exterior contiene un compresor, otro cambiador de calor, un elemento de expansión (p.ej. tubo capilar) y un elemento que posibilita la conmutación del modo de refrigeración al modo de calefacción. En el modo de refrigeración, el refrigerante que se evapora le extrae calor al aire ambiente dentro del cambiador de calor de la unidad interior. En la unidad exterior, el calor dentro del cambiador de calor es transferido al aire ambiente mediante condensación del refrigerante. En el modo de calefacción, el transporte de calor es al revés.

Contiene una pared de separación, en cuyo lado delantero y trasero se ha montado un acondicionador de aire de dos bloques moderno. Para demostrar mejor el funcionamiento, existen dos indicadores de presión adicionales para el refrigerante. El modo de servicio, la etapa del soplante de la unidad interior (funcionamiento del soplante) y la temperatura ambiente deseada son seleccionados a través de un mando a distancia. En el servicio automático, la temperatura ambiente real es registrada y un modo de servicio es seleccionado automáticamente para alcanzar la temperatura predeterminada.

En el mando a distancia se pueden ajustar adicionalmente las siguientes funciones: temporizador para un encendido y apagado regular, tiempo de servicio restante en horas (modo sleep; apropiado para un servicio ahorrador de energía) y posición horizontal de las láminas en la salida de aire para la distribución del aire (modo swing; fijo o movable).

4. CALCULOS

4.1 RAZÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR ($\dot{Q}_{\max}$)

La razón de la transferencia de calor en un intercambiador es igual a la razón de capacidad calorífica de cualquiera de los dos fluidos multiplicada por el cambio de temperatura en ese fluido. (CENGEL, 2007)

$$\dot{Q}_{\max} = C_{\min} (T_{h, \text{ent}} - T_{c, \text{ent}}) \quad [\text{Ec 4.1}]$$

La capacidad calorífica ($C_{\min}$) es igual al flujo de aire ($\dot{m}_h$) y este a su vez es igual a la densidad media del aire (ρ) multiplicada por Q .

$$C_{\min} = \dot{m}_h = \rho Q \quad [\text{Ec 4.2}]$$

Antes de calcular el valor de la capacidad calorífica ($C_{\min}$) se debe conocer el valor del flujo de aire ($\dot{m}_h$). Para hallar la densidad del aire se tuvo en cuenta la presión atmosférica de Tunja que es de 10234 Aproximadamente, también la temperatura de aire que es de 17°C aproximadamente y también la humedad relativa de Tunja 59% aproximadamente. En donde $\rho = 1.2998 \text{ Kg/m}^3$ y $Q = 560 \text{ m}^3/\text{h}$, ahora conociendo estos datos se tiene:

$$\begin{aligned} \dot{m}_h &= \rho Q \quad [\text{Ec 4.3}] \\ &= (1.2998 \text{ Kg/m}^3)(560 \text{ m}^3/\text{h}) \\ &= \mathbf{727.888 \text{ Kg/h}} \end{aligned}$$

Seguidamente de obtener el valor del flujo de aire ($\dot{m}_h$) se procede a hacer la conversión de unidades de Kg/h a Kg/s. El otro dato que se debe conocer es el calor específico (C_{ph}) que es de 1.005 KJ/Kg°C este valor fue obtenido del Apéndice libro Yunus Cengel (ver bibliografía).

$$\dot{m}_h = 727.888 \text{ Kg/h} \rightarrow 0.2022 \text{ Kg/s}$$

$$C_{ph} = 1.005 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$$

Ahora conociendo los valores se tiene:

$$\begin{aligned} C_{min} &= \dot{m}_h C_{ph} [\text{Ec 4.4}] \\ &= (0.2022 \text{ Kg/s})(1.005 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}) \\ &= \underline{\underline{0.203211 \text{ Kw}^\circ\text{C}}} \end{aligned}$$

Ya tenemos el valor de del flujo de aire ($\dot{m}_h$) y de la capacidad calorífica (C_{min}) ahora si podemos calcular el valor de la transferencia de calor del sistema. En este proceso se deben conocer las temperaturas $T_{h, \text{ent}}$ y $T_{c, \text{ent}}$ en donde los subíndices c y h se refieren a los fluidos frío y caliente, respectivamente, y el subíndice ent se refiere a los fluidos de entrada.

$$T_{h, \text{ent}} = \text{Temperatura de entrada del aire} = 17^\circ\text{C}$$

$$T_{c, \text{ent}} = \text{Temperatura de entrada del refrigerante} = 2^\circ\text{C}$$

Ya se había especificado el valor de la temperatura del aire y con la temperatura de entrada del refrigerante, este se valor es obtenido en las especificaciones del refrigerante o Ficha Técnica. Teniendo los datos se obtiene la razón máxima posible de Transferencia de calor del sistema ($\dot{Q}_{max}$):

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{max} &= C_{min} (T_{h, \text{ent}} - T_{c, \text{ent}}) \\ &= (0.203211)(17-2)^\circ\text{C} \\ &= \underline{\underline{3.048165 \text{ kW}}} \end{aligned}$$

4.2. TRANSFERENCIA DE CALOR REAL ($\dot{Q}$)

El segundo calculo a realizar es el de la transferencia de calor Real ($\dot{Q}$). En el uso más común en el análisis de un intercambiador se requiere que la velocidad de la transferencia de calor desde el fluido caliente sea igual a la transferencia de calor hacia el frío, o sea:

$$\dot{Q} = [\dot{m}_h (T_{sal} - T_{ent})_{aire}] \quad [Ec\ 4.5]$$

En donde

$\dot{m}$: Gastos de masa

T_{sal} : Temperaturas de salida

T_{ent} : Temperaturas de entrada

Como vimos en la ecuación a 4.5 se deben conocer los valores de los gastos de masa ($\dot{m}_h$) y las temperaturas de entrada y de salida. El $\dot{m}_h$ es 0.2022 y la temperatura de salida (T_{sal}) según especificaciones, hay una diferencia aproximada de 8°C entre la temperatura del aire de entrada y la temperatura del aire de salida; según las especificaciones esto indica un buen rendimiento del sistema del aire acondicionado, una variación de esta constante significaría un deterioro o falla en el sistema. Si se tiene referencia base una temperatura inicial de 17°C, la temperatura de salida va a ser 9°C aprox.

$$T_{sal} = 9\ ^\circ\text{C}$$

$$T_{ent} = 17\ ^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$\begin{aligned}\dot{Q} &= [\dot{m}_h (T_{sal} - T_{ent})_{aire}] \\ &= (0.2022\ \text{kg/s})(9-17)^\circ\text{C} \\ &= \underline{\underline{1.6176\ \text{kW}}}\end{aligned}$$

4.3 EFECTIVIDAD DE TRANSFERENCIA DE CALOR ($\mathcal{E}$).

La efectividad $\mathcal{E}$ es la razón de la transferencia de calor real a la máxima transferencia de calor que puede ser posible si se tratara de un intercambiador si se dispusiera de área infinita de transferencia de calor. Esta efectividad se halla dividiendo la razón de transferencia de calor Real (Q) por la Razón máxima posible de transferencia de calor ($Q_{\max}$).

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{\text{Razon de tranferencia de calor real}}{\text{Razon maxima posible de la tranferencia de calor}} \quad [\text{Ec 4.5}] \\ &= \frac{1.6176 \text{ kW}}{3.048165 \text{ kW}} \\ &= \underline{\underline{0.53}}\end{aligned}$$

4.4 DMLT – DIFERENCIA MEDIA LOGARÍTMICA DE TEMPERATURA

Este método es muy práctico para aplicar en el análisis cuando se conocen o se pueden determinar las temperaturas a la entrada y a la salida de los fluidos caliente y frío.

Por lo tanto, este método es muy adecuado para determinar el tamaño del intercambiador de calor y con esto dar lugar a las temperaturas de salida, eso sí especificando los gastos de masa.

$$\text{DMLT} = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2) \quad [\text{Ec 4.6}]$$

Donde

$$\Delta T_1 = (T_{h1} - T_{c2}) = (T_{h,\text{ent}} - T_{c,\text{sal}})$$

$$\Delta T_2 = (T_{h2} - T_{c1}) = (T_{h,\text{sal}} - T_{c,\text{ent}})$$

Conociendo las temperaturas de entrada y de salida de los dos fluidos, la diferencia de temperatura media logarítmica para este intercambiador a contraflujo

queda:

$$\begin{aligned} \text{DMLT} &= \frac{(T_{h,\text{ent}} - T_{c,\text{sal}}) - (T_{h,\text{sal}} - T_{c,\text{ent}})}{\ln (T_{h,\text{ent}} - T_{c,\text{sal}}) / (T_{h,\text{sal}} - T_{c,\text{ent}})} \quad [\text{Ec 4.7}] \\ &= \frac{(17 - 65) - (9 - 2)}{\ln (17 - 65 / 9 - 2)} \\ &= \underline{\underline{21.30}} \end{aligned}$$

4.5 SEER (SEASONAL ENERGY EFFICIENCY RATIO)

La eficiencia de los aires acondicionados es regularmente medida por el SEER o Factor de eficiencia de energía ambiental (seasonal energy efficiency ratio).

Este factor indica que un mayor valor del índice SEER, representa una mayor eficiencia del aire acondicionado.

El índice SEER es el resultante de dividir la cantidad de BTU/hr durante el periodo de uso dividido entre la potencia de entrada en vatios para el mismo periodo.

$$\text{SEER} = (\text{BTU} / \text{h}) \div \text{W} \quad [\text{Ec 4.8}]$$

En nuestro caso el sistema de ventilación es de 12000 BTU/h de capacidad y el SEER es de 11; estos datos son tomados del catálogo del equipo en su ficha técnica (ver anexos).

Entonces sabiendo lo anterior se sabe que consumirá:

$$\text{SEER} = (\text{BTU} / \text{h}) \div \text{W}$$

$$\underline{\underline{\text{SEER} = 12000/11 = 1090.91 \text{ Vatios en average.}}}$$

Este dato es muy importante ya que por medio de este podemos saber el consumo de energía eléctrica por año. Este consumo puede ser calculado multiplicando los vatios de average por el tiempo de utilización anual en horas.

En un caso hipotético se puede hallar el consumo anual de energía si se utilizara por 8 horas diarias por 125 días al año; aunque como se dice este es un cálculo

hipotético ya que el sistema de ventilación no se va a utilizar tan continuamente teniendo presente que este se va a utilizar únicamente para procesos educativos en el laboratorio de la universidad.

Entonces se tiene que:

$$\begin{aligned}\text{SEER/h} &= 1090.91 \text{ W} \times 1000 \text{ h} = \\ &= 1090910 \text{ W}\cdot\text{h}\end{aligned}$$

$$\underline{\underline{\text{SEER/h} = 1090.91 \text{ kWh}}}$$

Como se dijo en nuestro caso hipotético se asumiría 1000 horas de operación durante una típica temporada de uso de enfriamiento (8 horas por día por 125 días por año).

4.6 COEFICIENTE DE RENDIMIENTO (COP) Y FACTOR DE EFICIENCIA DE ENERGÍA (EER).

EL SEER está relacionado con el coeficiente de desempeño COP (coefficient of performance) comúnmente usado en termodinámica.

Primero el SEER es calculado de dividir un factor en Unidades Imperiales dividido entre un factor en SI. El COP es un valor sin unidad porque divide factores en (joules) en el numerador y denominador. Un SEER de 13 es equivalente a un COP de 3.43, que significa que 3.43 unidades de energía de calor son emanadas por cada unidad de energía de trabajo. Es importante tener en cuenta que desde el 2006, los sistemas residenciales fabricados en USA deben tener como mínimo un coeficiente de COP 13 como norma y este sistema de ventilación es hecho en USA, de acuerdo a esto se toma este valor técnico.

$$\text{SEER} = \text{COP} \times 3.792 \quad [\text{Ec 4.9}]$$

$$\text{SEER} = 13 \times 3.792$$

$$\underline{\underline{\text{SEER} = 49.296}}$$

Se podría hacer un pronóstico de mejoramiento del sistema por ejemplo, mejorando de un SEER 9 a un SEER 13, el consumo de energía puede ser reducido en un 30%. (www.galpaexport)

También el SEER está relacionado con el EER o factor de eficiencia de energía (Energy Efficiency Ratio). El EER es la medida de un equipo en particular para temperaturas externas e internas, mientras que el SEER es calculado sobre un rango amplio de temperaturas externas (la distribución de las temperaturas en los diferentes sitios del método de testeo SEER).

$$\mathbf{EER = COP \times 3.413} \quad [\text{Ec 4.10}]$$

$$\text{EER} = 13 \times 3.413$$

$$\mathbf{\underline{EER = 44.369}}$$

5. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL BANCO DE PRUEBAS

La construcción y el montaje del sistema de ventilación Split se realizó teniendo presente las necesidades de la facultad de la Universidad Santo Tomas de Tunja. Su funcionalidad tiene fines académicos e institucionales. Las características que se tuvieron en cuenta fueron la economía, tamaño compacto, calidad en los materiales (y demás componentes), funcionalidad (pedagogía Universitaria-Profesional) y capacidad de desplazamiento.

El sistema de ventilación está constituido por un Split (sección ventiladora y sección condensadora), una estructura metálica, también el mecanismo tiene su instrumentación correspondiente y como adicional el sistema tiene un termómetro digital y un sensor de humedad relativa del aire. Estos componentes garantizan la demostración de su funcionamiento y análisis a nivel de laboratorio y practico.

5.1 METODOLOGÍA DE LA CONSTRUCCION Y MONJATE

La proyección y construcción del banco de pruebas se realizó partiendo de la necesidad, presente en el laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad, de disponer de un sistema educativo que sirviera como modelo y herramienta demostrativa de los diferentes procesos térmicos y de transferencia de calor típicos de un sistema de ventilación.

Para la construcción de este sistema se contó con el apoyo de la Facultad de Ingeniería Mecánica que aporó el sistema condensador y el la unidad evaporadora; estos dos componentes tendrán un caracterización adecuada más adelante en los numerales 5.4.2. y 5.4.3. La construcción del sistema se realizó en el laboratorio de la facultad contando con el aval y la dirección de los Ingenieros a cargo.

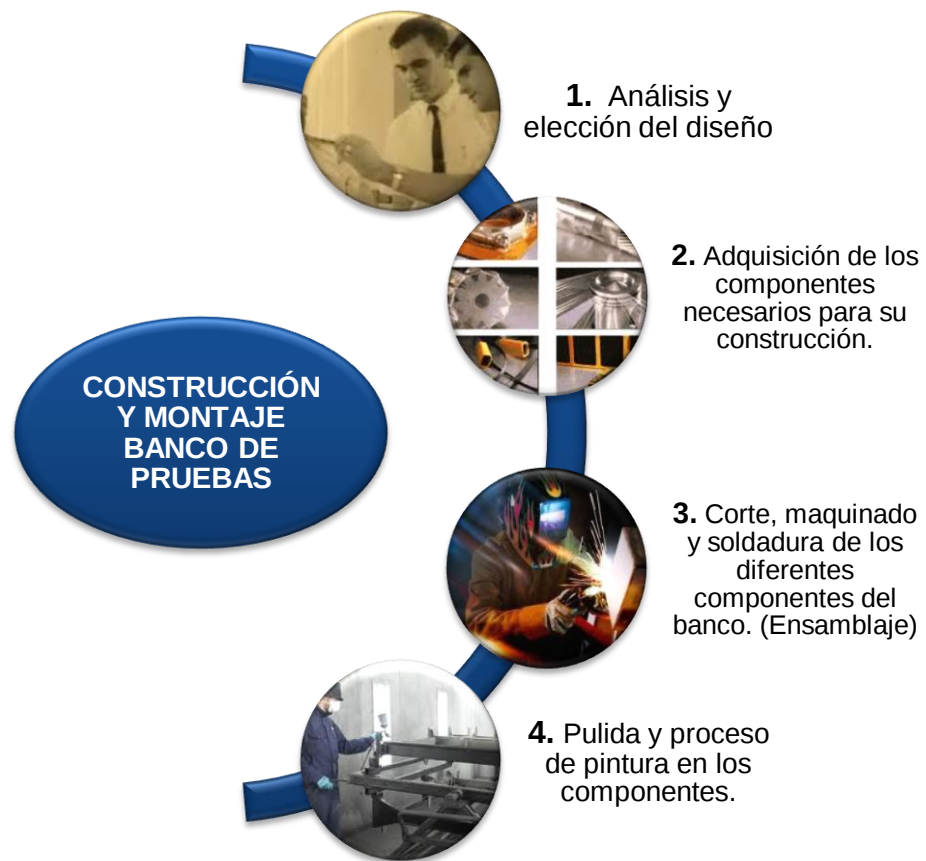
Los demás componentes como los estructurales, los de instrumentación y acabados fueron aportados por el autor de la tesis; además de los diferentes gastos necesarios para ejecución del proyecto tanto a nivel teórico como a nivel material.

La construcción del banco de pruebas se desarrolló en varias etapas de manera sistemática y metódica para garantizar la optimización del trabajo a realizar.

Las siguientes son las actividades que transcurrieron en la construcción:

- Análisis y elección del diseño
- Adquisición de los componentes necesarios para su construcción.
- Corte, maquinado y soldadura de los diferentes componentes del banco. (Ensamblaje)
- Pulida y proceso de pintura en los componentes.
- Entrega y acabados del banco de pruebas.

Figura 3. Diagrama de las Actividades Realizadas



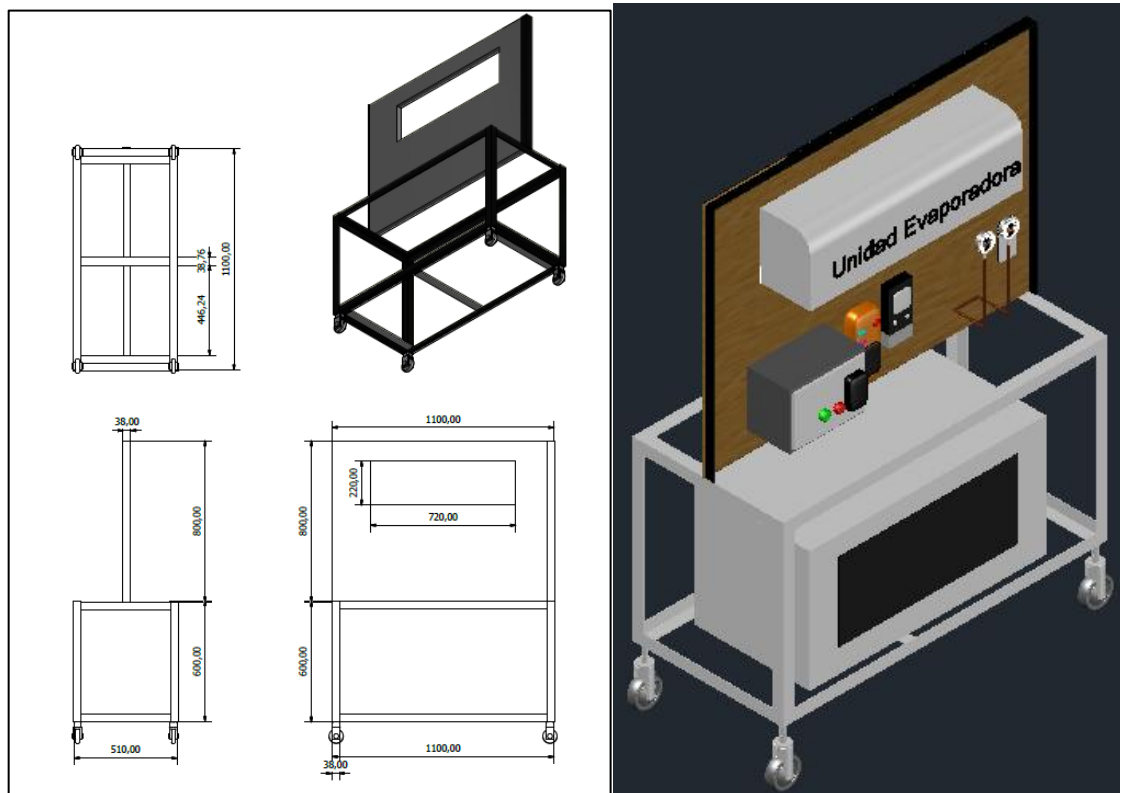
Fuente: El Autor

5.2 ETAPAS DE DISEÑO

En la fase inicial de la construcción se realizaron los planos pertinentes; se utilizó dos software de diseño de ingeniería como fueron: AutoCAD e Inventor. La realización de estos planos y estos diseños 3D aclararon las posibles dudas existentes y fueron un gran adelanto en la construcción del banco de pruebas ya que no solo indican las dimensiones sino que también esclarecieron algunos procesos de la construcción.

El diseño 3D es de suma importancia en la construcción del sistema ya que se corrigieron posibles fallos, se modificaron aquellos detalles que no eran tan eficientes y optimizó de manera general el mecanismo y la estructura del banco de pruebas.

Figura 4. Diseño 3D



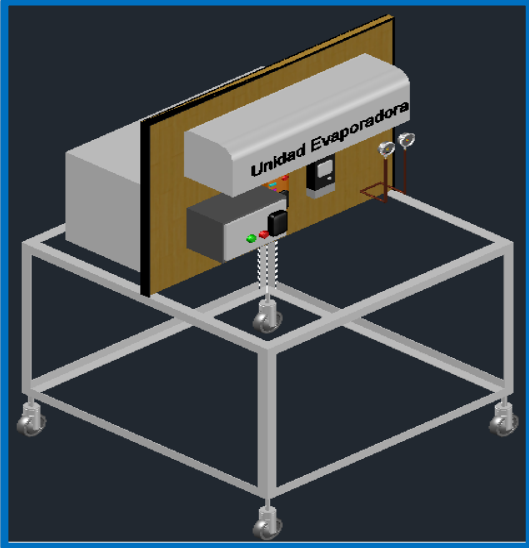
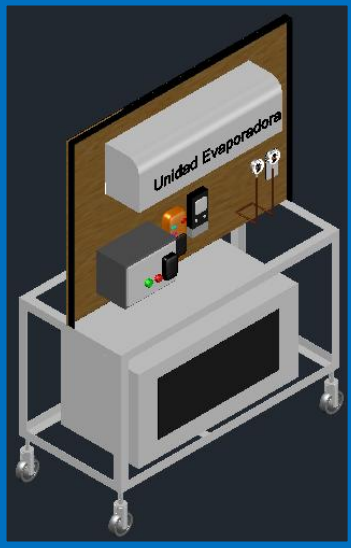
Fuente: El Autor

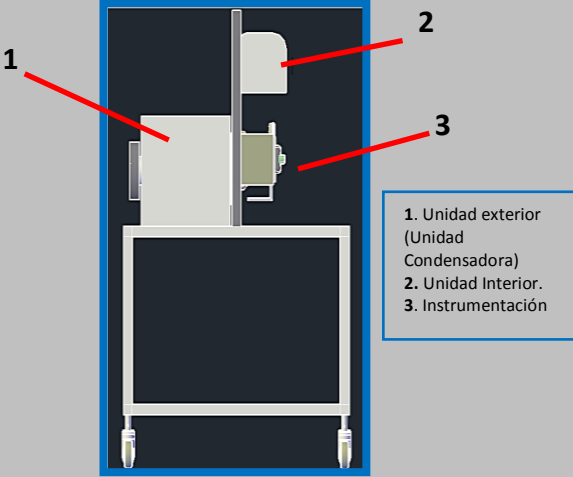
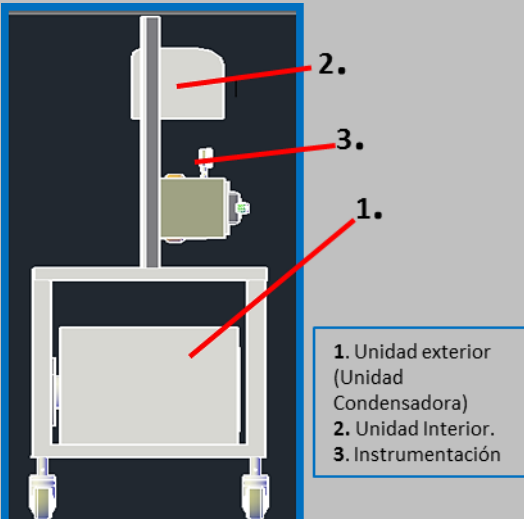
5.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

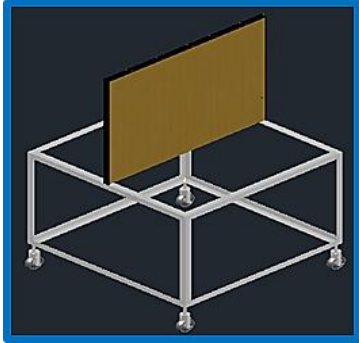
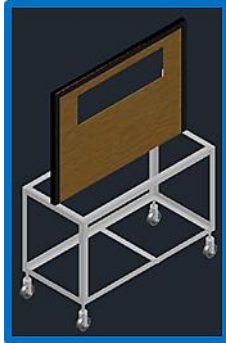
Para el diseño se tuvieron en cuenta dos etapas, en la primera se analizaron varios diseños preliminares, se analizó los volúmenes de acuerdo a las necesidades de espacio y movilidad; y en la segunda etapa se definieron los componentes y materiales.

Además en el proceso de descarte y elección del diseño final se tuvieron en cuenta varios factores entre ellos: economía, tamaño compacto, calidad en los materiales (y demás componentes), funcionalidad (pedagogía Universitaria-Profesional) y capacidad de desplazamiento.

Tabla 2. Matriz de decisión

Opción A (Horizontal)	Opción B (Vertical)
	
Este tipo de sistemas (Split) constan de dos bloques sirven para enfriar, deshumectar y también para calentar espacios. Están compuestos por una unidad interior (U. Ventiladora) y una unidad exterior (U. Condensadora).	
CONTENIDO DIDÁCTICO / ENSAYOS - montaje y funcionamiento de un aire acondicionado de dos bloques. - Análisis de tipos de funcionamiento: (enfriar, deshumectar, calentar, ventilar, servicio automático, función de refrigeración, funciones del mando a distancia).	
Diseño banco de pruebas de un sistema	Diseño banco de pruebas de un

de ventilación Tipo Split con una base rígida movable de forma Horizontal. Ideal para espacios amplios y cómodos	sistema de ventilación Tipo Split con base rígida movable de forma Vertical. Adecuados para espacios reducidos.
Los componentes del banco estarán situados en la parte frontal y parte posterior sobre la estructura metálica; se corre el riesgo de que la unidad condensadora interfiera en el funcionamiento de la unidad evaporadora.  1. Unidad exterior (Unidad Condensadora) 2. Unidad Interior. 3. Instrumentación	Los componentes del banco estarán situados en la parte frontal y parte posterior, a diferentes altitudes; esta ubicación es excelente ya que cuida que el funcionamiento del evaporador afecte al condensador y viceversa.  1. Unidad exterior (Unidad Condensadora) 2. Unidad Interior. 3. Instrumentación
Posee un juego de ruedas (rodachines) que garantizan su locomoción.	
Las dos unidades tanto evaporadora como condensadora están separadas por una lámina de madera. Este sistema no es muy eficiente en el momento de funcionamiento. El conjunto de los elementos de instrumentación se encuentran ubicados también en la lámina de madera.	La unidad condensadora se ubica en la parte inferior de la estructura, esta es una posición muy segura y efectiva en su funcionamiento. La unidad evaporadora se ubica en la parte superior de la estructura soportada por una lámina de madera rígida y en esta misma lámina estará la instrumentación del sistema.
La ubicación de las dos unidades, tanto la evaporadora como la condensadora, imposibilitan el análisis de la ejecución del proceso; en simultánea.	Este diseño tiene distribuidos los espacios de forma muy adecuada para la manipulación de los instrumentos y para la observación

	de los procesos térmicos y de transferencia de calor.
El costo de este tipo de banco es mayor ya que por su diseño horizontal desperdicia mucho material y esto aumenta el precio.	Su diseño vertical permite aprovechar más los materiales (Estructura) y evitar el desperdicio y costos innecesarios.
Su forma horizontal obstaculiza su movilidad y al ocupar más volumen su estructura es más pesada.  DISEÑO HORIZONTAL	Este diseño es más liviano, manejable y supone una mejora ergonómica con respecto de los modelos más comunes.  DISEÑO VERTICAL

Fuente: El Autor

Como se ve en la comparación anterior la mejor opción en diseño y en otros aspectos es el diseño B, el diseño vertical.

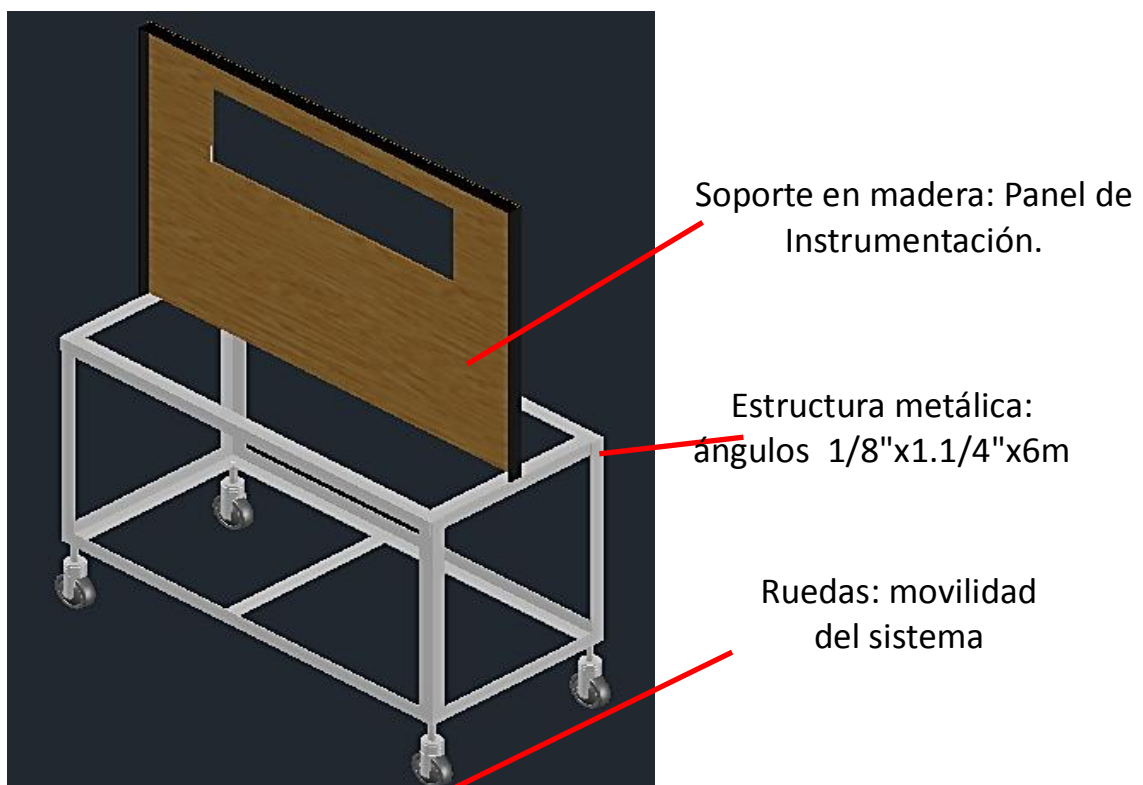
Son varios los motivos que justifican la elección del banco de pruebas vertical entre ellos que el diseño es compacto, tiene una muy buena capacidad de movilidad (transporte), además su forma estructural es mucho más apropiada para puesta en marcha del sistema y análisis de sus diferentes procesos, esto último es de suma importancia a nivel pedagógico.

Otro aspecto que influyo enormemente en la elección de este tipo de diseño es el bajo costo de materiales y construcción, ya que al ser más compacto y mejor distribuido, el consumo de materia prima se reduce y se puede aprovechar más y mejor los materiales (estructura metálica).

5.4 COMPONENTES SELECCIONADOS PARA EL MONTAJE

5.4.1 Estructura. Se determinó realizar la construcción del banco de pruebas con una estructura metálica ángulo $1/8" \times 1.1/4" \times 6m$ para soportar: las diferentes cargas debidas al peso del mismo sistema y a los esfuerzos generados por la manipulación y puesta en marcha del sistema. Esta opción es la más apropiada por su economía, efectividad, comodidad. Se trata de “un perfil con sección transversal en forma de ángulo recto, laminado en caliente de alas iguales. Según las características del fabricante es fabricado bajo las normas NTC 1920 – 1985 ASTM A36 – ASTM 572 – ASTM 529” (Gerdau Diaco, 2013). La siguiente tabla da a conocer las propiedades mecánicas del material y además otras características:

Figura 5. Estructura 3D



Fuente: El Autor

Tabla 3. Características ángulos estructurales

DIMENSIONES NOMINALES			
Ala (Pulgadas)	Ala (mm)	Peso Aprox. (Kg/m)	Norma NTC
1 ¼"x1/8"	31.75 x 3.18	1.50	1920
Propiedades Mecánicas	NTC 1920	NTC 1985	
	Grado 36	Grado 50	
	Ksi/Kgf/mm2/Mpa	Ksi/Kgf/mm2/Mpa	
Resistencia a la Tracción (min) Fu	58 – 40.8 - 400	65 – 45.9 450	
Resistencia a la Tracción (min) Fy	36 – 25.5 - 250	50 – 35.2 345	
Alargamiento % (200 mm)	20	18	

Fuente: (Gerdau Diaco, 2013)

Los ángulos estructurales están soldados para garantizar una adecuada fijación de los componentes, tendrá un acabado de alta calidad que requiere de un proceso de pulido, lijado y de pintura; además se le adicionará un juego de ruedas en su base para garantizar la adecuada movilidad del sistema en conjunto. También posee en su parte superior un soporte de madera de excelente acabado y muy rígido, este es el panel de instrumentación del sistema, en él se encuentra el ventilador, toda la instrumentación y los controles del sistema.

Tabla 4. Propiedades acero

Apéndice B. Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en ingeniería^{1,5}
(Unidades SI)

747

Material	Densidad, kg/m ³	Resistencia última			Fluencia ²		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 ⁻⁶ /°C	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión, ² MPa	Corriente, MPa	Tensión, MPa	Corriente, MPa				
Acero										
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
Alta resistencia-aleación baja										
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7	18
inoxidable, AISI 302										
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7	
Fundición										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7 200	170	655	240			69	28	12.1	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7 300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
Aluminio										
Aleación 1100-H14 (99% Al)	2 710	110		70	95	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6	2 800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4	2 800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116	2 630	315		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6	2 710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6	2 800	570		330	500		72	28	23.6	11

Fuente: BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russel, Mecánica de Materiales.

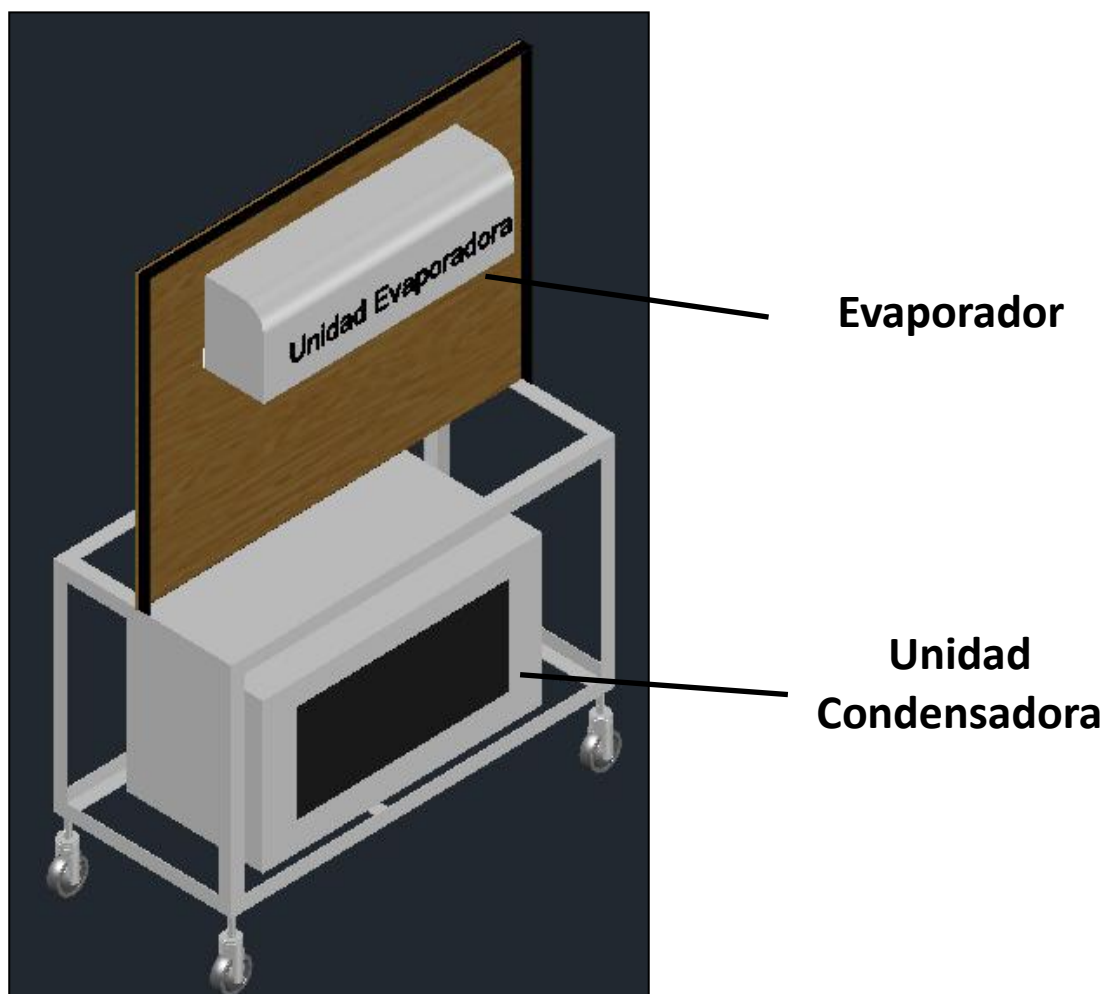
5.4.2 Unidad Evaporadora (Ventilador). La unidad evaporadora o unidad interior tiene un ventilador que sirve para impulsar el caudal de aire enfriado directamente al ambiente; ésta se instala en la pared o empotrada en falso techo.

Tabla 5. Características técnicas unidad evaporadora

MULTIZONE SAHARA	
	
UNIDAD EVAPORADORA	
MOD. MS13C2DC3	
CAPACIDAD NOMINAL	12.000 BTU/H
Eficiencia SEER	11
VOLT	-208-230V
Hz	60 Hz
AMPS	6.3
Flujo de Aire	325 CFM
Caudal de Ventilación	PCM (Pie cubico por segundo)
Factor de Ruido B(A)	41
Refrigerante	R22
Dimensiones	29 1/2X9 3/4X8 1/4 Pulg
Peso	21 Lbs
Serial N°	A81318640900443
Fecha de Fabricación	2009/10/20
Empresa	INNOVAIR Corporation

Fuente: (multizone)

Figura 6. Estructura 3D – Unidades evaporadora y condensadora



Fuente: el Autor.

5.4.3 Unidad Condensadora. La unidad condensadora o Unidad exterior tiene un compresor y es la parte que posee el dispositivo más pesado; por lo general se ubica en el exterior del lugar de instalación.

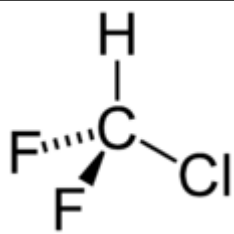
Tabla 6. Características técnicas unidad condensadora

MULTIZONE SAHARA	
	
UNIDAD CONDENSADORA	
MOD. MS13C2DC3	
CAPACIDAD NOMINAL	12.000 BTU/H
Eficiencia SEER	11
VOLT	-208-230V
Hz	60 Hz
AMPS	6.3
Amperaje de carga Nominal RLA	5.85
Refrigerante	R22
Presión baja psi	110
Dimensiones	10 ¼ X 30 X 21 ¼ Pulg
Peso Lbs	69
Serial N°	A81318640900502
Fecha de Fabricación	2009/10/22
Empresa	INNOVAIR CORPORATION

Fuente: El Autor

Refrigerante R22. O Monoclorodifluorometano, es gas incoloro utilizado comúnmente para equipos de refrigeración.

Tabla 7. Características refrigerante

Clorodifluorometano	
Nombre (IUPAC) sistemático	
General	
Otros nombres	Difluoroclorometano R-22 HCFC-22
Fórmula estructural	
Fórmula molecular	CHClF ₂
Identificadores	
Número CAS	75-45-6 ¹
Propiedades físicas	
Apariencia	Gas incoloro
Densidad	líquido a -41 °C, 1.413 kg/m ³ ; g/cm ³
Masa molar	86,48 g/mol
Punto de fusión	97,73 K (-175 °C)
Punto de ebullición	232,45 K (-41 °C)
Temperatura crítica	369 K (96 °C)
Presión crítica	43,96 atm
Estructura cristalina	Tetraédrico
Viscosidad	12,56

Fuente: El Autor

A continuación se relacionan en la siguiente tabla algunos otros elementos pertenecientes en el sistema de gran importancia en la estructura y funcionamiento.

Tabla 8. Elementos principales

ELEMENTO	DESCRIPCION	IMAGEN	REFERENCIA
Manómetros	Se utilizaran manómetros (alta-baja) serán los encargados de visualizar los fenómenos de presión en el sistema.		0 a 220 psi 0 a 15 Kg/cm ² 0 a 500 psi 0 a 35 Kg/cm ²
Tubería de cobre	A través del cual se transportar agua u otros fluidos, en este caso refrigerante ser resistente a la corrosión y muy segura.		Material: cobre Calibre: 1/4 Tamaño: 2 mts
Termómetro Digital	El termómetro es un instrumento que se usa para medir la temperatura.		Rango: -50 a 105°C Precisión: ±0.5%f.e. Sensores: 4 Long: 1.5m
Botón push	Dispositivo utilizado para controlar el fluido de corriente eléctrica para su puesta en marcha o su paro.		
Ángulos	ángulo 1/8"x1.1/4"x6m para soportar: las diferentes cargas en el sistema.		Material: acero un perfil con sección transversal en forma de ángulo recto, laminado en caliente de alas iguales
Ruedas	Juego de ruedas en su base para garantizar la adecuada movilidad del sistema en conjunto.		Carga max: 120 kls Tipo de soporte: plataforma
Refrigerante R22	Gas incoloro comúnmente utilizado para los equipos de refrigeración. Fórmula molecular CHClF ₂		Densidad líquido a -41°C, 1.413 kg/m ³ ; g/cm ³ Punto de fusión 97,73 K (-175 °C)

Fuente: El Autor

5.5 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS

A lo largo del proceso de construcción del banco de pruebas se utilizaron un sin números de herramientas y máquinas, la más destacadas se relacionan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 9. Herramientas

Herramientas		
PULIDORA, 1.400 watts, 115 / 127 V)		
EQUIPO DE SOLDADURA (86 oxiacetilénica presión de 15 kp/cm ² para el acetileno y de 200 kp/cm ² para el oxígeno)		
Taladro 500watts BLACK & DECKER		
Lijas de diferentes tamaños		
Pintura Anticorrosiva blanca		
Pintura diferentes colores (azul y blanco)		
Segueta		
Escuadra metálica		
Brocas de diferentes Tamaños		

Destornilladores diferentes tamaños		
Alicates		
Hombresolo		
Pintura blanca (madera)		

Fuente: El Autor

5.6 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

El proceso de construcción está lleno de varios aspectos que deben tenerse en cuenta para garantizar la excelencia y la optimización de los métodos y técnicas. Es de gran importancia destacar que el modelamiento y la utilización de recursos como software y material autodidáctico (videos) fueron muy importantes para la ejecución del presente banco, sin embargo la misma evolución del proceso fue aportando nuevas luces y métodos; estos garantizaron la realización del trabajo.

A continuación se relacionan los aspectos más importantes en la ejecución del trabajo:

- Lo primero que se tuvo en cuenta fue la consecución de materiales de óptima calidad y los más adecuados para la construcción de la estructura; se buscaba una estructura muy fuerte, estable y robusta que fuera capaz de soportar el esfuerzo producido por el funcionamiento de los diferentes componentes del sistema y además que tuviera la capacidad de desplazarse sin producir inconveniente alguno.
- El proceso de corte de las ángulos y el proceso de soldado se realizó con el mayor cuidado posible para evitar imperfecciones de descuadres (corte) y separaciones futuras en las uniones (soldadura).

Figura 7. Proceso de corte y soldadura



Fuente: Autor

- A continuación se realizó el proceso de pulido y pintura de la estructura metálica (ángulos y lamina).

Figura 8. Proceso pulido y pintura



Fuente: Autor

- Seguidamente se adecuo todo para el ensamble y puesta en marcha de cada uno de los componentes del banco de pruebas.

Figura 9. Ensamble



Fuente: Autor

Figura 10. Proceso de construcción



Fuente: Autor

5.6.1 Obtención de material. Respecto al diseño estructural se pretendió desde un principio garantizar la calidad y el funcionamiento del sistema de ventilación adquiriendo materiales de calidad; se invirtió mucho tiempo en el diseño y modelamiento y este trabajo de modelamiento me permitió dar origen a la construcción de una estructura rígida, ligera y dinámica fundamentada en ángulos de acero de 1/8"x1.1/4"x6m; se trata de "un perfil con sección transversal en forma de ángulo recto, laminado en caliente de alas iguales esta opción es la más apropiada por su economía, seguridad, durabilidad y comodidad. Del mismo modo el sistema de locomoción está constituido por unas ruedas o rodachines tipo

industrial de gran capacidad y resistencia muy adecuados para el trabajo ingenieril y pedagógico.

En la parte del tablero de instrumentación este está construido por una lámina de madera de gran rigidez y tamaño fortalecido por un marco de lámina de acero que garantiza su firmeza y funcionalidad.

Toda la estructura está muy bien unida y fija con sistema de unión de garantía como son, soldadura (metal) y tornillería (madera), del mismo modo se invirtió mucha dedicación a cuidar escrupulosamente de la estética y el acabado. Se adquirió pintura de calidad que garantice la durabilidad y la belleza del banco de pruebas.

5.6.2 Corte y ensamblaje. Luego de la adquisición de cada los elementos necesarios para construir el banco, se realizó los procesos de corte y unión de cada una de las partes componentes.

Inicialmente se midieron y se marcaron los ángulos de manera cuidadosa para evitar cortes torcidos y dispares; realizando verificaciones constantemente para garantizar la efectividad del trabajo. Cada corte fue procedido por un proceso de pulido utilizando una herramienta (pulidora) de gran capacidad, con lo anterior se buscaba el mayor grado de estética y precisión en unión de la estructura metálica.

Al terminar de establecer la estructura metálica se realizaron mediciones y perforaciones para el ensamble de las ruedas y para la sujeción y ensamble del tablero de instrumentación. El corte de la lámina de madera, a utilizar para el tablero donde van montados los mecanismos de medición y la unidad evaporadora, se mandó hacer en un taller donde tenían la maquinaria adecuada para conseguir un corte recto y limpio.

5.6.3 Soldadura. Luego de realizado el proceso de corte, se procede a realizar el proceso de soldadura, el cual se realizara con un equipo de soldadura oxiacetilénica con presión de 15 kp/cm² para el acetileno y de 200 kp/cm² para el oxígeno. Este proceso de soldadura fue realizado para unir la estructura metálica localizada en la parte inferior del banco y también los ángulos que soportan el tablero de madera ubicados en la parte superior.

5.6.4 Acabados. Esta fase de construcción fue definitivamente determinate en la ejecución de la construcción del banco y fue una de las más esmeradas y

metódicas, todo esto para buscar un aspecto visual de nivel ingenieril, industrial y académico, guardando los niveles estéticos de un trabajo profesional y de calidad.

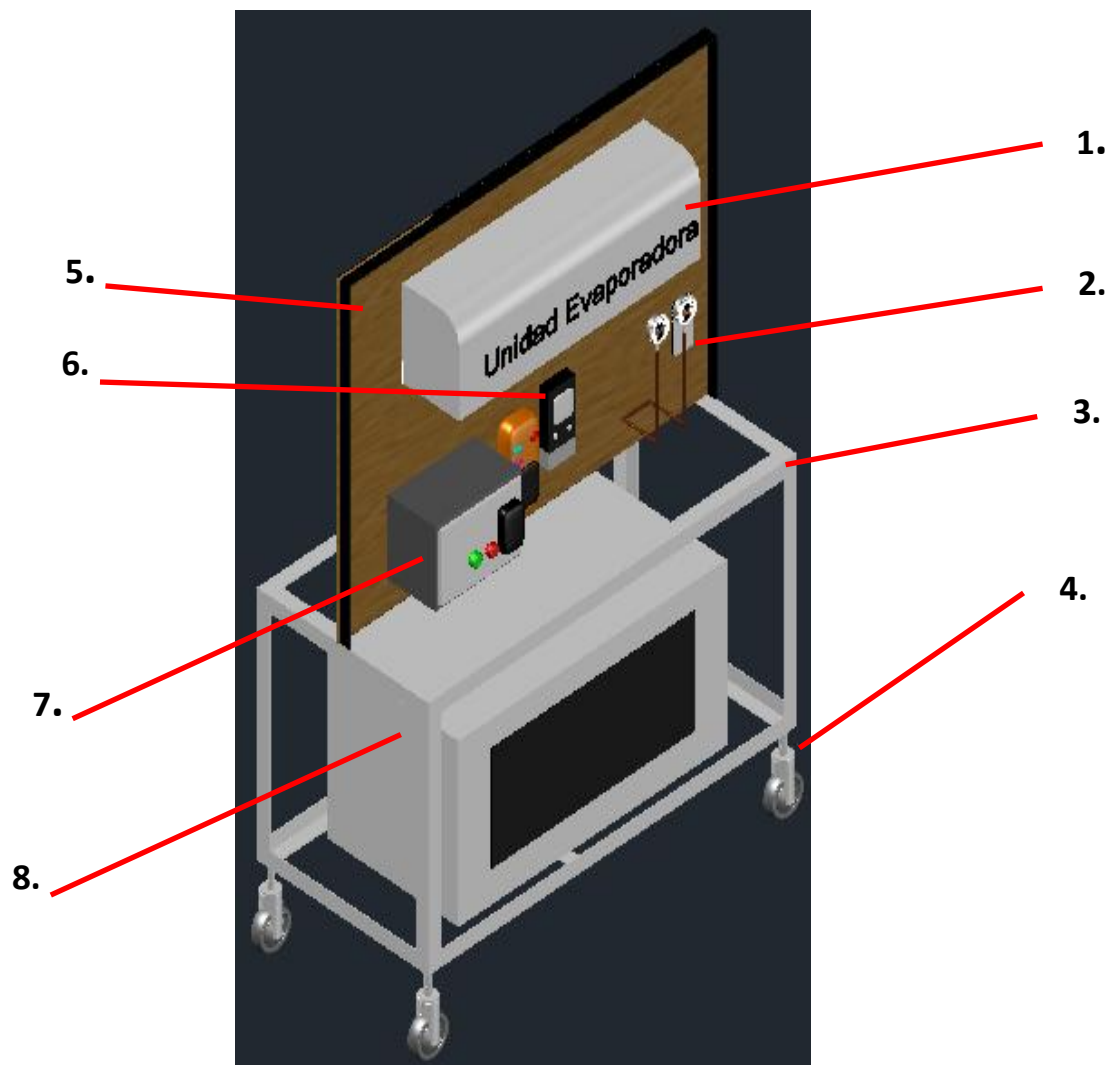
5.6.5 Pintura. Se empleó una pintura barniz tipo industrial, se tuvo la precaución de aplicar con anticipación un anticorrosivo, para prevenir el deterioro del banco producido por factores de humedad, polvo y demás factores ambientales. Cada uno de los productos utilizados viene de fábrica adecuada para cuidar las superficies proporcionando resistencia a nivel químico, mecánico e industrial.

5.6.6 Terminados. Los terminados fueron analizados metódicamente para buscar la optimización del sistema conjunto a nivel funcional, estético, económico y durabilidad. A nivel funcional pues se necesita que la presentación del banco sea clara y útil; a nivel estético se pretendía que no solamente fuera atractivo sino también practica; a nivel económico pues se buscó el equilibrio de poseer materiales económicos pero de calidad, buscando el bienestar del usuario que lo utiliza.

5.6.7 Ensamble. Después de tener estructura de metálica acabada se dispone a instalar y ensamblar cada uno de los elementos realizando una adecuada verificación de los componentes que den correctamente ubicados y situados para garantizar el correcto funcionamiento de los diferentes procesos. Se montan y articulan a nivel funcional: la unidad ventiladora, la unidad condensadora, los diferentes dispositivos de medición de temperatura y los manómetros.

5.6.8 Entrega final. Al culminar los diferentes procesos de construcción y montaje del banco de pruebas se realizó una muy detallada y cuidadosa verificación de los mecanismos y su funcionalidad con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Al finalizar cada uno de los procesos se pudo verificar la óptima y la eficaz labor realizada y se procedió a realizar la entrega pertinente, no sin antes repasar las diferentes etapas del trabajo y comprobar la importancia y esfuerzo del trabajo realizado y su gran aporte al constructor y a cada uno de los beneficiarios del mismo. Queda la satisfacción de ver cumplida las expectativas y tener tranquilidad de haber hecho una excelente labor con resultados palpables y vistosos.

Figura 11. Banco 3D



1. Unidad Interior, 2. Manómetros, 3. Estructura metálica, 4. Rodamientos, 5. Pared de separación, 6. Termómetro digital, 7. Caja de distribución, 8. Unidad exterior (Unidad Condensadora)

Fuente: Autor

6. GUÍAS DE LABORATORIO

Las guías de laboratorio cumplen una función muy importante en el proceso de aprendizaje del estudiante de Ingeniería Mecánica Tomasino ya que, por medio de ellas el estudiante podrá tener un apoyo en la ejecución de la práctica de laboratorio. Estas guías además de contener una introducción y la descripción de las actividades tienen un espacio para recoger los datos obtenidos en la experimentación y funcionamiento del sistema. Al final de esta guía se encuentra la evidencia y criterios de evaluación.

	Universidad Santo Tomás - Tunja INGENIERIA MECANICA GUIA DE LABORATORIO -SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO – SPLIT-	
Programa de formación	Ingeniería Mecánica	
Actividad del proyecto	Practica ciclo de refrigeración	
Ambiente(s) físico	Laboratorios de la USTA Tunja	
Orientador del proceso		
Resultados de aprendizaje	Análisis y Cálculos de intercambiadores de calor (aire acondicionado split)	
Actividad(es) de Aprendizaje y duración	Reconocer los distintos datos que nos brinda el ciclo de refrigeración	
INTRODUCCIÓN		
Al inicio de este análisis de transferencia de calor es de gran importancia hacer una síntesis de los fenómenos ocurrentes dentro del sistema; esto para tener claridad del análisis global a realizar.		
		
El sistema de ventilación se vale de un fluido muy especial (el refrigerante) para capturar primero y expulsar seguidamente el calor, aprovecha de las características muy especiales del líquido refrigerante para enfriar el aire circundante. Cuando este líquido pasa de estado líquido a estado gaseoso absorbe una gran cantidad de calor y cuando regresa al estado líquido		

lo libera de nuevo, la clave es el cambio de estado del refrigerante.



En el inicio del proceso de transferencia de calor hay un ventilador de la unidad interior del sistema (ventilador) que abre paso al aire del ambiente, el calor del aire se transfiere al refrigerante que está dentro del circuito tubular (serpentín), posteriormente este aire sale a la habitación pero esta vez mucho más frío; este se enfría a medida que atraviesa los circuitos del refrigerante.

La clave del sistema está en la fase de transición, en la entrada del circuito que enfría el aire el refrigerante se encuentra en estado líquido, como esta temperatura es inferior a la del aire entrante (ambiental) el refrigerante absorbe el calor de este.

La capacidad que tiene el refrigerante que tiene de pasar de líquido a gas con facilidad le permite absorber muchísimo calor.

A medida que esto va ocurriendo su temperatura aumenta unos cuantos grados centígrados, justo para evaporarse y convertirse en gas, el proceso de evaporación consume aún más calor.

Al finalizar el proceso de evaporación hay que deshacerse del calor y ahí es donde el compresor entra en acción, este es el motor que bombea el refrigerante a través del circuito (serpentín), en este proceso de compresión aumenta la temperatura.

Como el calor se transmite siempre de lo más caliente al menos caliente, el refrigerante que es en este caso lo más caliente sede parte de su calor al aire expulsándolo al exterior.

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES

El estudiante debe tener claro los conceptos y la teoría pertinente del tema de intercambiadores de calor.

1. Seguidamente de acuerdo a las indicaciones del tutor o docente el estudiante debe encender el sistema de aire acondicionado "Split"; el sistema tiene un push-botton muy práctico que nos permitirá energizar el sistema sin dificultad alguna.

2. Después de ello asegurarse que los diferentes dispositivos (manómetros, termómetros digitales y el visor de notificación del sistema) estén en perfecto funcionamiento, se recoge los datos iniciales que arrojan los diferentes termómetros y manómetros.

P_{alta}	P_{baja}	$T_{h, ent}$	$T_{c, ent}$

3. Estos datos son de suma importancia ya que dan a conocer las temperaturas de entrada de la unidad ventiladora y de la unidad condensadora que posteriormente nos van a dar la posibilidad de utilizarlas en la fórmula de razón de la transferencia de calor $\dot{Q}$ y $\dot{Q}_{max}$.

Las fórmulas que se utilizan son: $\dot{Q}_{max} = C_{min} (T_{h, ent} - T_{c, ent})$; esta primera para hallar la

razón de transferencia máxima, relacionando las temperaturas de entrada tanto de la unidad ventiladora y la unidad condensadora.

En el desarrollo de esta ecuación el estudiante deberá hallar C en donde se combina el producto del gasto de masa y el calor específico de un fluido en una sola cantidad. Ésta se llama razón de capacidad calorífica y se define para las corrientes de los fluidos caliente y frío como $C_h = \dot{m}_h C_{ph}$ y $C_c = \dot{m}_c C_{pc}$. La razón de capacidad calorífica de una corriente de fluido representa la velocidad de la transferencia de calor necesaria para cambiar la temperatura de esa corriente en 1°C conforme fluye por el intercambiador de calor.

4. Seguidamente con estos datos iniciales se puede hallar la razón de transferencia de calor $\dot{Q} = [\dot{m}_h (T_{sal} - T_{ent})_{aire}]$; para hacer estos diferentes cálculos se deben dejar que la unidad funcione durante aproximadamente 15 minutos, a fin de que alcance una temperatura uniforme de funcionamiento y ahora si tener muy presente los datos que nos proporcionan los termómetros digitales que fueron dispuestos de manera conveniente en el tablero de instrumentación del banco de pruebas para conocer estas temperaturas y así relacionarlas con las diferentes ecuaciones del texto guía y el tema de intercambiadores de calor.

5. Conociendo la razón de transferencia de calor se puede hallar la efectividad del sistema de ventilación $\epsilon = Q / Q_{max}$.

6. Finalmente se halla el método de la diferencia de temperatura media logarítmica $DMLT = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)$ que nos permite conocer también el cambio de temperatura específica de una corriente de fluido de gasto de masa conocido.

EVALUACIÓN

EVIDENCIA	CRITERIOS DE EVALUACION
El estudiante debe evidenciar y recoger los datos necesarios que se obtendrá mediante la experimentación en el banco de pruebas.	Debe conocer los diferentes componentes del sistema, tener la capacidad de analizar la transferencia de calor presente en el proceso, el trabajo en equipo.
A partir de la marcha del sistema y verificación de temperaturas y presiones se puede evidenciar con claridad el funcionamiento del sistema en conjunto y sus capacidades en rendimiento.	Debe identificar y comprender las diferentes variables de temperatura, presión y demás valores inherentes en el intercambiador de calor
Habilidad en la identificación de las partes del sistema y su ciclo de funcionamiento.	Capacidades para describir las características técnicas del equipo tanto las del fabricante y como las encontradas y experimentadas por el estudiante.

7. CONCLUSIONES

- Se construyó un banco de pruebas de un sistema de ventilación tipo “Split” de gran influencia e importancia al Ingeniero Mecánico como modelo y herramienta demostrativa de los diferentes procesos térmicos y de transferencia de calor típicos de un sistema de ventilación.
- Se realizó el análisis del sistema, en el área de transferencia de calor, identificando cada uno de los procesos existentes en el sistema y su influencia en los determinados procesos de ingeniería. Se determinó los diferentes cambios térmicos y su influencia en cada uno de los elementos constitutivos del sistema de ventilación.
- Se efectuó la elección de un conveniente diseño estructural capaz de suplir las necesidades propias del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica y las propias de Ingeniero Mecánico Tomasino. Para este propósito se concluye que el diseño asistido por computador (software) es una muy importante herramienta en el diseño y construcción; aplicable en las diferentes áreas de la ingeniería. Sin esta clase de herramientas se hubiera dificultado la ejecución de este proyecto de Ingeniería y la calidad del mismo disminuiría.
- A lo largo del proceso se tuvieron una gran variedad de interrogantes y varias oportunidades de aprender más y más; no solo del proceso de construcción y de instrumentación del banco como tal, sino que también se pudo adquirir conocimiento y experiencia en el ámbito del Ingeniero Mecánico. Los diferentes conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera como Ingeniero fueron indispensables en la construcción y modelamiento del sistema pero sin duda alguna el itinerario del Ingeniero es un desafío constante al mejoramiento continuo.
- La creciente actividad ingenieril permite encontrar con facilidad diferentes materiales, herramientas y equipos; esto facilita notablemente la ejecución del trabajo. Además al inicio de la realización de todo proyecto es de suma importancia hacer un análisis previo de las diferentes variables de diseño para optar por la mejor opción, esto permite evitar inconvenientes en la ejecución del proyecto.

- Se instrumentalizó un banco de pruebas de un sistema de ventilación proporcionándole elementos de calidad y de valor técnico para la medición y demostración de los procesos inherentes en el sistema de ventilación y transferencia de calor. Se aprovisionó el sistema con manómetros uno de alta y baja presión, también fue dotado con cuatro sensores térmicos (termómetros digitales) con el fin de conocer las diferencias térmicas inherentes en el proceso de transferencia de calor. Este sistema de ventilación instrumentalizado es de gran beneficio educativo y representa un importante apoyo en la comprensión <<práctica>> de este tipo de fenómenos; y también un avance en la praxis de los conocimientos teóricos adquiridos en las diferentes áreas del saber.
- Es sumamente importante la investigación, el análisis y la experimentación con aparatos térmicos, ya que permiten comprender la valor de los procesos termodinámicos y de transferencia de calor en nuestro entorno y como estos afectan el medio en que vivimos. Este banco de pruebas es de gran ayuda en la realización de este tipo de análisis en el laboratorio.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para un buen mantenimiento de aire acondicionado limpiar cuidadosamente el filtro en forma periódica, lavar debajo de las rejillas y mantenerlas libres de polvo y grasa, la limpieza exterior (carcasa) una vez por semana, con un trapo húmedo y luego secar muy bien. Hay que estar pendiente de no obstruir las vías de aire tanto de entrada como de salida del equipo.
- La gran preocupación de un bienestar ambiental y responsabilidad social siempre es muy importante en la ejecución de la ingeniería, por esto mismo se sugiere cambiar el refrigerante utilizado R22 por uno que no sea contaminante, como podría ser, el R134; esto contribuirá con el mejoramiento ambiental y el bienestar de todos.
- Se recomienda para un buen uso del sistema apagar el equipo de aire acondicionado (tanto unidades interiores como exteriores), ubicar el banco de pruebas en un sitio adecuado de modo que le dé sol lo menos posible y haya una buena circulación del aire, regular adecuadamente la temperatura una diferencia con la temperatura exterior de más de 12° C no es recomendable y cada grado que disminuya la temperatura estará consumiendo un 8% más de energía.
- Cuando encienda el equipo de aire acondicionado, no ajuste la temperatura a la inferior a la deseada: no enfriará más rápido y resulta un gasto innecesario de consumo eléctrico. Los filtros de aire sucios afectan el funcionamiento y consumen energía.
- La realización de este banco de pruebas es un excelente proyecto que puede contribuir en otras diferentes áreas del saber de la ingeniería y por esto mismo constituye un punto de partida para la optimización y sistematización del proceso y del sistema como tal. Se recomienda emprender otros proyectos subyacentes a este como la realización de manuales de funcionamiento y mantenimiento haciendo uso de herramientas tecnológicas y científicas como software de diseño.
- El mejoramiento constante del programa de ingeniería de la universidad y su continuo crecimiento de la facultad requiere que las instalaciones de laboratorio satisfagan este crecimiento y esta demanda de expansión. Se recomienda un

mejoramiento en las instalaciones del laboratorio con el fin de que tanto los estudiantes como los docentes puedan interactuar con los equipos de una manera óptima y con calidad en la ejecución de los procesos de aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- (ICONTEC), I. C. (s.f.). *DOCUMENTACION. PRESENTACION DE TESIS, TRABAJOS DE GRADO Y OTROS TRABAJOS DE INVESTIGACION*. BOGOTA: 6 ED.
- ALTHOUSEA, T. c. (s.f.). *Refrigeracion Moderna y aire acondicionado*. Estado Unidos: TheGoodheart Willcox Co.
- BALZHISER Richard E, S. M. (5ta, edicion.). *Termodinámica para Ingenieros*. Editorial Prentice Hall.
- C, R. K. (6ta edición). *Termodinamica*. .
- CARRIER. (4ed). *Manual de aire acondicionado*.
- CENGEL, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa*. Mexico D.E.: Mc Graw Hill.
- COPELAND. (s.f.). *Manual de refrigeración*.
- Gerdau Diaco. (2013). *Gerdau Diaco*. Recuperado el 30 de 04 de 2013, de <http://www.gerdau.com.co/Portals/0/Brochure%20Construccion.pdf>
- Goribar, H. (2005). *Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración*. México: Balderas.
- GUNT Hamburg. (2005). <http://www.gunt.de>. Recuperado el 24 de Abril de 2013, de http://www.gunt.de/static/s3469_3.php?p1=&p2=&pN=;;
- LOPEZ M, E. S. (Octubre de 2007). *biblioteca.usac.edu.gt*. Recuperado el 20 de 05 de 2014, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0535_M.pdf
- MORAN Michael J., S. H. (4ta edition). *Fundamentos de termodinámica técnica* .
- MULLER, C. F. (2DA EDICION.). *Manual De Aire Acondicionado Y Calefacción*.
- multizone. (s.f.). <http://www.multizone.com.ve>. Recuperado el 22 de MAYO de 2013, de <http://www.multizone.com.ve/Archivos/Multizone/MULTIZONE-SAHARA.pdf>
- P., I. F. (s.f.). *Fundamentos de transferencia de calor*. 4ta edicion.
- Pizzetti, C. (s.f.). *Acondicionamiento de Aire y Refrigeración*. BelliscoDigital Instrument. Full gauge controls.
- QUADRI, N. (2001). *Sistemas de Aire Acondicionado*. Argentina: Alsina.
- SOCORRO, M., MARTINEZ, Y., HAZOURY, M. A., & LABORT, M. (s.f.). *Sistema de aire acondicionado [SPLIT]*.

V, G. (1999). *Manual de aire acondicionado y Refrigeración*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.

www.caloryfrio.com. (2013). *www.caloryfrio.com*. Recuperado el 15 de 03 de 2014, de <http://www.caloryfrio.com/200712282796/aireacondicionado/>

www.galpaexport. (s.f.). *http://www.galpaexport.com*. Recuperado el 20 de 05 de 2014, de <http://www.galpaexport.com/pan/descargas/46.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. CATALOGO: SISTEMA DE VENTILACION



	MODEL	MS09C1DA3	MS12C1DA3	MS10C2DA3	MS13C2DA3	MS18C2DA3	MS24C2DA3	MS30C2D00	MS36C2D00
SYSTEM	CAPACITY	Nominal (BTU/h)	9,000	12,000	3,600	12,000	18,000	24,000	30,000
	EFFICIENCY	SEER	11	11	11	11	11	11	11
	OPER. AMBIENT TEMP.	(F°)	64 ~ 113						
	COOLING AREA	(F°)	151 ~ 226	193 ~ 280	191 ~ 226	193 ~ 280	280 ~ 370	380 ~ 510	430 ~ 628
	POWER	Voltage-Phases-Hz	115 ~ 1 ~ 60						
		Range (Volts)	105 ~ 130						
		Amperes	3.5	11.2	4.3	6.3	8.2	11.5	16.3
	MOISTURE REMOVAL	Input Watts	298 / 233 ~ 1 ~ 60						
		(Liters / hr)	0.95	1.20	0.95	1.20	1.60	2.80	3.66
	REFRIGERANT	Type	R22						
INDOOR UNIT	FAN	Flare / Swivel	Flare						
		Liquid (in)	1/4	1/4	1/4	1/4	3/8	3/8	3/8
	NOISE	Gas (in)	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	5/8	5/8
		Maximum Length (ft)	23	30	23	33	43	50	50
	CONNECTIONS	Maximum Height (ft)	19	15	16	13	17	16	18
OUTDOOR UNIT	FAN	Type	Thermo-Fiber-Plastic Scroll Fan						
		Air Flow (CFM) High	260	319	299	310	500	609	718
	NOISE	Air Movement	4-Way Easy-Flow Automatic Swing						
		dB(A) High	38	42	38	41	48	49	53
	CONTROL	Digital Display	Yes						
		Remote Control	with LCD Digital Display						
	MOTOR	Auto Restart	Yes						
		Protection	Time Delay / Surge Protection						
	FILTER	RPM (High/Low)	1050/950/850	1050/950/850	1180/900/850	1180/1050/950	1300/1150/1050	1300/1200/1100	1306/1210/1120
		Output Watts	15	19	15	19	33	30	50
INDOOR UNIT	DRAIN CONNECTIONS	Washable Polypropylene Net	3/4"						
		(in)	3/4"						
	DIMENSIONS	Net. W x H x D (in)	26 1/2 x 9 1/2 x 7 1/2	29 1/2 x 9 1/2 x 8 1/2	26 1/2 x 9 1/2 x 7 1/2	29 1/2 x 9 1/2 x 8 1/2	43 1/2 x 12 1/2 x 8 1/2	45 1/2 x 12 1/2 x 9 1/2	48 1/2 x 12 1/2 x 9 1/2
		Peak. W x H x D (in)	29 1/2 x 12 1/2 x 10 1/2	32 x 12 1/2 x 11 1/2	29 1/2 x 12 1/2 x 10 1/2	32 x 12 1/2 x 11 1/2	46 1/2 x 14 1/2 x 10 1/2	48 1/2 x 14 1/2 x 10 1/2	49 1/2 x 15 x 12 1/2
	WEIGHT NET/GROSS	(lbs)	17 / 21	21 / 25	17 / 21	21 / 25	33 / 38	35 / 40	44 / 55
	COMPRESSOR	PLA	7.83	10.83	3.9	5.38	7.75	11.8	17.1
		LRA	40.3	47.1	18.7	26	49	56	98
	FAN MOTOR	Capacitor	45	45	25	35	49	40	40
		Output Watts	25	30	30	30	65	68	150
OUTDOOR UNIT	FAN	RPM	750	809	750	860	850	830	830
		Diameter (in)	12 1/2	15 1/2	12 1/2	16 1/2	16 1/2	16 1/2	19 1/2
	NOISE	CFM	1500	2600	1500	2000	2900	2700	4400
		dB(A)	50	52	50	52	57	57	64
	DIMENSIONS	Net. W x H x D (in)	23 1/2 x 19 1/2 x 10 1/2	26 x 21 1/2 x 10 1/2	23 1/2 x 19 1/2 x 10 1/2	26 x 21 1/2 x 10 1/2	31 1/2 x 23 1/2 x 11 1/2	31 1/2 x 27 1/2 x 11 1/2	35 1/2 x 34 x 13
		Gross. W x H x D (in)	28 1/2 x 22 x 14 1/2	34 1/2 x 23 1/2 x 14 1/2	28 1/2 x 22 x 14 1/2	34 1/2 x 23 1/2 x 14 1/2	37 x 29 1/2 x 16 1/2	37 x 29 1/2 x 16 1/2	41 x 38 1/2 x 17 1/2
	WEIGHT NET/GROSS	(lbs)	55 / 62	66 / 73	55 / 62	66 / 73	84 / 91	106 / 113	122 / 136

- * Specifications are subject to change without notice.
- * The cooling capacities shown are nominal values based on the standards ARI 210/240: (air Entering)
Outdoor unit: 95° f DB, 75°f WB. Chosen installation area may affect cooling performance.
- * Always consult equipment nameplate for exact electrical requirements.



www.multizone.com.ve

Dirección: Av. Beethoven, Edificio Paraima, PB, local 3,
Colinas de Bello Monte. Caracas, Venezuela.

ANEXO B. CATALOGO MANOMETROS



Manómetros para Refrigeración y Calefacción

Manómetro indicado para uso en refrigeración.

Caja de resina ABS .

Visor roscado de policarbonato.

Tornillo recalibrador para ajuste de cero.

Bourdón, conexión y mecanismo de latón.

Diámetro nominal 67mm; salida inferior rosca 1/8 NPT

Clase 2 %; escala de temperatura R, 12-22-134^a

MANÓMETRO 0/35 Kg/cm² - 500 Lib./Pulg².

Manómetro indicado para uso en refrigeración.

Indicado para uso en ambiente cubierto

Diámetro nominal 63mm.

Caja de acero pintada de azul.

Bourdón, conexión y mecanismo de latón.

rosca de conexión 1/4 BSPT inferior; visor de poli- carbonato.

Clase 2 %.

-30 Pulg/Hg - 60 Lib/Pulg²; -30 Pulg/Hg - 150 Lib/Pulg²; -30 Pulg/Hg - 300

Lib/Pulg² + temperatura R12 y R22



MM67-94



MV67-94 120-VAC

TERMOMETRO DIGITAL LCD para Refrigeración y Calefacción

Diseño simple, elegante, conexiones de paneles LCD en línea, resistente a la humedad, fuerte anti-interferencia, se aplica a los armarios frigoríficos, cavas, mostradores y otras necesidades de medición de la temperatura y la exhibición de diversos equipos.

Fácil de leer pantalla LCD.

Bajo consumo de energía

intervalo de medición de la temperatura: $-50^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$.

Exactitud de la temperatura: $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Temperatura Resolución de pantalla: 0.1°C .

Voltaje de funcionamiento: 1.5V

Bourdón, conexión y mecanismo de latón.

LCD Vista zona: 35.0mm * 16mm

Tamaño: 48 * 28 * 15 mm

Peso neto: 23 g

Color: Blanco

Monitorea de forma continua y en tiempo real la temperatura.

con cable y sonda termocupla de acero inoxidable sumergible.

Útil para cualquier tipo de proyecto, industria, laboratorio, refrigeración, control de calidad, hasta para algo tan sencillo como para ver la temperatura ambiental.



ANEXO D. FICHA TECNICA REFRIGERANTE R-22



Refrigerante Freon® 22 (R-22)

El refrigerante marca Freon® de DuPont es un HCFC, que se emplea en sistemas de aire acondicionado doméstico, comercial e industrial. También se usa en aplicaciones de refrigeración comercial como por ejemplo: en cámaras de conservación, almacenamiento de alimentos, máquinas de hielo, estantería de supermercados y aire acondicionado a bordo de diferentes transportes. El Freon® 22 se puede utilizar en compresores de pistón, centrifugos y de tornillo. El R22 se podrá utilizar como refrigerante puro en la recarga de instalaciones existentes hasta el año 2010

Naturaleza química del refrigerante

Composición química	% en peso	Nº CE
Clorodifluorometano	>99,0	200-871-9

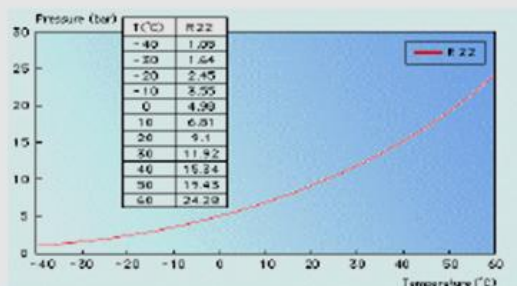
Información adicional

Beneficios	
Seguro	Clasificación de seguridad A1/A1 ASHRAE,
Facilidad de Servicio:	Se puede reponer en caso de fugas

Propiedades Físicas

PROPIEDADES FISICAS	R-22	Unidades
Peso Molecular	86,47	g/mol
Punto ebullición a 1,013 bar	-40,8	°C
Temperatura crítica	96,15	°C
Presión crítica	49,88	bar
Densidad líquido a 25 °C	1,19	Kg/l
Presión de Vapor a 25 °C	10,44	bar
ODP	0,055	-----

Gráfica Presión-Temperatura



ANEXO E. FICHA SEGURIDAD REFRIGERANTE R-22

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD de acuerdo con la Directiva 2001/58/CE						
DuPont™ FREON® 22						
Versión 3.4 Fecha de revisión 13.04.2006 Ref. 130000024323						
8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL						
Componentes con valores límite a controlar en el lugar de trabajo						
Componentes	No. CAS	Tipo Forma de exposición	Parámetros de control	Puesto al día	Base	
Clorodifluorometano (R22)	75-45-8	VLA-ED	3 600 mg/m ³ 1 000 ppm	2000	VLA (ES)	
		TWA	3 600 mg/m ³ 1 000 ppm	05 2001	EU ELV	
Disposiciones de ingeniería Asegurarse de una ventilación adecuada, especialmente en locales cerrados.						
Protección personal						
Protección respiratoria	: Para rescatar y para trabajo de mantenimiento en tanques, utilice equipo respiratorio autónomo. Los vapores son más pesados que el aire y pueden producir asfixia al reducir el oxígeno en el aire respirado.					
Protección de las manos	: guantes resistentes al calor					
Protección de los ojos	: gafas de seguridad					
Medidas de higiene	: Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.					
9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS						
Estado físico	: Gas licuado,					
Color	: incoloro,					
Olor	: similar al éter,					
pH	: neutro					
Temperatura de fusión/rango	: -160,0 °C a 1 013 hPa					
Temperatura de ebullición/rango	: -40,8 °C a 1 013 hPa					
Punto de ignición	: no aplicable					
Temperatura de ignición	: 632 °C					
Límite de explosión, inferior	: , no aplicable					
Presión de vapor	: 7 228 hPa a 12 °C					



DuPont™ FREON® 22

Versión 3.4

Fecha de revisión 13.04.2006

Ref. 130000024323

Presión de vapor	: 10 450 hPa a 25 °C
Presión de vapor	: 19 423 hPa a 50 °C
Densidad	: 1,210 g/cm ³ a 20 °C, (como líquido)
Densidad	: 1,194 g/cm ³ a 25 °C, (como líquido)
Densidad	: 0,0047 g/cm ³ a -40,72 °C (1 013 hPa)
Densidad	: 0,0036 g/cm ³ a aprox. 21 °C (1 013 hPa)
Densidad	: 0,0035 g/cm ³ a 25 °C (1 013 hPa)
Hidrosolubilidad	: 2,93 g/l a 25 °C a 1 013 hPa
Hidrosolubilidad	: 4,22 g/l a 12 °C a 1 013 hPa
Coefficiente de reparto (n-octanol/agua)	: log Pow: 1,13
Densidad relativa del vapor	: 3,03 a 25 °C

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Condiciones que deben evitarse	: El producto no es inflamable en el aire, en condiciones ambientales adecuadas de temperatura y presión. Cuando se presuriza con aire u oxígeno, la mezcla puede volverse inflamable. Ciertas mezclas de HCFCs o HFCs con cloro pueden llegar a inflamarse o reaccionar bajo ciertas condiciones.
Materias que deben evitarse	: metales alcalinos, metales alcalinotérreos, metales en polvo, sales metálicas en polvo
Productos de descomposición peligrosos	: haluros de hidrógeno, dióxido de carbono (CO ₂), Monóxido de carbono, hidrocarburos fluorados, haluros de carbonilo
Reacciones peligrosas	: Estable

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda por inhalación	
• Clorodifluorometano (R22)	: CL50/ 4 h/ rata : 778 mg/l
	: CL50/ 0,25 h/ rata : 1 237 mg/l
	: CL50/ 0,5 h/ ratón : 990 mg/l
Sensibilización	
• Clorodifluorometano (R22)	: No produce sensibilización en animales de laboratorio.
Experiencia humana	: Las exposiciones excesivas pueden afectar a la salud humana, en la forma siguiente:
	Inhalación

ANEXO F. TUBERÍA DE COBRE



Productos Nacobre S.A. de C.V.

Tubería Tipo "L" Flexible

Se fabrica para ser usada en tomas domiciliarias de agua potable, en instalaciones de gas natural y L.P.; aire acondicionado, refrigeración, oxígeno, óxido nítrico, etc.

Características

Temple	Flexible
Color de identificación	No aplica
Grabado (bajo relieve)	Si
Longitud del rollo	18.30 m (60 pies)
Diámetros	1/4" a 1"

Diámetro		
Nominal (pulg)	Exterior (pulg)	Milímetros
1/4	3/8	6
3/8	1/2	10
1/2	5/8	13
3/4	7/8	19
1	1 1/8	25



Productos Nacobre S.A. de C.V.

Tubería Tipo "Refrigeración"

Es un tipo de tubería a usarse en instalaciones de gas, aire acondicionado y refrigeración.

Características

Temple	Flexible
Color de identificación	No aplica
Grabado (bajo relieve)	Si
Longitud del rollo	15.24 m (50 pies)
Diámetros	1/8" a 3/4"

Diámetro		
Nominal (pulg)	Exterior (pulg)	Milímetros
1/8	1/8	3
3/16	3/16	5
1/4	1/4	6
5/16	5/16	8
3/8	3/8	10
1/2	1/2	13
5/8	5/8	16
3/4	3/4	19



Productos Nacobre S.A. de C.V.

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS TUBERÍA DE COBRE

Nota: Estos valores están basados en la resistencia del tubo únicamente y son aplicables a los sistemas en los que se usan uniones mecánicas adecuadas

Presiones de trabajo interno (kg/cm²)

Tubo de Cobre Rígido

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR	10°C (50°F)	37.8°C (100°F)	85.2°C (185°F)	93.3°C (200°F)	148.9°C (300°F)	204°C (400°F)
		S=882.14 kg/cm ²	S=421.94 kg/cm ²	S=358.85 kg/cm ²	S=337.55 kg/cm ²	S=330.52 kg/cm ²	S=210.97 kg/cm ²
TIPO DE TUBERÍA							
PULG.	MM.	PULG.	MM.	PULG.	MM.	PULG.	MM.
1/4	6.35	3/8	9.525	1/2	12.700	3/4	19.050
3/8	9.5	1/2	12.700	5/8	15.875	3/4	19.050
1/2	12.7	5/8	15.875	3/4	19.050	7/8	22.225
3/4	19.050	7/8	22.225	1	25.400	1 1/4	34.925
1	25.4	1 1/4	34.925	1 1/2	38.100	2	50.800
1 1/4	34.925	1 1/2	38.100	2	50.800	2 1/2	63.500
1 1/2	38.1	2	50.8	2 1/2	63.5	3	76.2
2	50.8	2 1/2	63.5	3	76.2	4	101.6
2 1/2	63.5	3	76.2	4	101.6	6	152.4
3	76.2	4	101.6	6	152.4	8	203.2
4	101.6	6	152.4	8	203.2	10	254.0

NOTA: Estos valores están basados en la resistencia del tubo únicamente y son aplicables a los sistemas en los que se usan uniones mecánicas adecuadas. Los valores de las presiones de trabajo arriba calculados están en kg/cm², si se desea obtener dicha presión en PSI multiplicar la cantidad deseada por 14.22.

La fórmula para el cálculo de la presión interna es:

$$e_{min} = \frac{P \times D}{2 \times S + 0.8 \times P} \quad P = \frac{2 \times S \times e_{min}}{D - 0.8 \times e_{min}}$$

- e_{min} = Espesor mínimo de pared en mm
 P = Presión admisible en kg/cm²
 D = Diámetro Exterior en mm
 S = Esfuerzo admisible en kg/cm²

Presiones de trabajo interno (kg/cm²)

Tubo de Cobre Tipo Refrigeración y Tipo Usos Generales y Automotrices

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR	10°C (50°F)	37.8°C (100°F)	85.2°C (185°F)	93.3°C (200°F)	148.9°C (300°F)	204°C (400°F)
		S=882.14 kg/cm ²	S=421.94 kg/cm ²	S=358.85 kg/cm ²	S=337.55 kg/cm ²	S=330.52 kg/cm ²	S=210.97 kg/cm ²
TIPO DE TUBERÍA							
PULG.	MM.	PULG.	MM.	PULG.	MM.	PULG.	MM.
1/8	3.175	1/8	3.175	3/16	4.763	1/4	6.350
3/16	4.763	1/4	6.350	1/2	12.700	5/8	15.875
1/4	6.350	5/8	15.875	3/4	19.050	7/8	22.225
5/16	7.938	3/4	19.050	1	25.400	1 1/4	34.925
3/8	9.525	7/8	22.225	1 1/2	38.100	2	50.800
1/2	12.700	1	25.400	2 1/2	63.500	3	76.200
5/8	15.875	1 1/4	34.925	3	76.200	4	101.600
3/4	19.050	1 1/2	38.100	4	101.600	6	152.400

Presiones de trabajo interno (kg/cm²)

Tubo de Cobre Tipo "L" Flexible

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR	10°C (50°F)	37.8°C (100°F)	85.2°C (185°F)	121.1°C (250°F)	178.7°C (350°F)	204°C (400°F)
		S=882.14 kg/cm ²	S=421.94 kg/cm ²	S=358.85 kg/cm ²	S=334.74 kg/cm ²	S=286.22 kg/cm ²	S=210.97 kg/cm ²
PULG.	MM.	PULG.	MM.	PULG.	MM.	PULG.	MM.
1/4	6.35	3/8	9.525	1/2	12.700	3/4	19.050
3/8	9.5	1/2	12.700	5/8	15.875	3/4	19.050
1/2	12.7	5/8	15.875	3/4	19.050	7/8	22.225
3/4	19.050	7/8	22.225	1	25.400	1 1/4	34.925
1	25.4	1 1/4	34.925	1 1/2	38.100	2	50.800

Nota: Estos valores están basados en la resistencia del tubo únicamente y son aplicables a los sistemas en los que se usan uniones mecánicas adecuadas



Productos Nacobre S.A. de C.V.

Codos

	Número de catálogo	Medida en Pulgadas	Medida en milímetros
	108-M-10	3/8	10
	108-M-13	1/2	13
	108-M-19	3/4	19
	108-M-25	1	25
	108-M-32	1 1/4	32
	108-M-38	1 1/2	38
	108-M-51	2	51
	108-M-10	3/8	10
	108-M-13	1/2	13
	108-M-19	3/4	19
	108-M-25	1	25
	108-M-32	1 1/4	32
	108-M-38	1 1/2	38
	108-M-51	2	51
	108-R-1013	3/8 x 1/2	10 x 13
	108-R-1310	1/2 x 3/8	13 x 10
	108-R-1319	1/2 x 3/4	13 x 19



Productos Nacobre S.A. de C.V.

Tuerca Unión

	Número de Catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros
	102-H-13	1/2	13
	102-H-19	3/4	19
	102-H-25	1	25
	102-H-32	1 1/2	32
	102-H-38	1 1/4	38
	102-H-51	2	51
	102-13	1/2	13
	102-19	3/4	19
	102-25	1	25
	102-32	1 1/2	32
	102-38	1 1/4	38
	102-51	2	51