

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

PROPUESTA DE REDISEÑO AL BANCO DE CONSERVACION Y CONGELACION

Andrés David Pérez Avendaño

Programa Académico

Ingeniería electromecánica

Asesor trabajo de grado

Adrián Felipe Martínez Pérez

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Julio de 2018

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Para la presente propuesta de rediseño al banco de refrigeración y conservación del laboratorio de fluidos del ITM, se tomó un punto de partida el cual fue realizar un análisis y diagnóstico detallado a cada uno de los componentes del banco de refrigeración y conservación. El equipo se puso en funcionamiento a lo largo de un mes para analizar todo lo referente a su funcionamiento, y para de esta manera determinar los siguientes pasos a seguir.

Se realizaron pruebas a cada elemento del banco, utilizando los instrumentos pertinentes para esto. Las pruebas realizadas fueron de temperatura, la cual se llevó a cabo utilizando una cámara termografica, termocupla tipok y termómetro infrarrojo, estas medidas en diferentes intervalos de tiempo con el fin de analizar su correcto estado funcional.

Se chequea voltaje y corriente en el banco para verificar que todo esté en orden y poder seguir con la propuesta. Las pruebas de presión se llevaron a cabo con los manómetros de alta y baja presión, cabe resaltar que el banco de refrigeración y congelación posee cava dual, por lo tanto, tiene dos manómetros de baja instalados.

Una vez todas las pruebas de análisis y diagnóstico se finalizaron, se entra en la etapa de selección de equipos analizando el correcto estado de los que actualmente están presentes para tener claro cuáles son los que se utilizarían en el rediseño, cuáles serían reemplazados y cuales se integraran como nuevos elementos.

Se realizó diseño en software CAD Solid Edge, presentando los planos de la propuesta. Además, se integra al sistema una resistencia variable al interior de las cavas de conservación y congelación para realizar pruebas de simulación de la carga variable al interior de estas.

Con esta propuesta se pretende dar a claridad a los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del plan de estudio del programa de Ingeniería Electromecánica, este rediseño incluye elementos nuevos de instrumentación, los cuales aporten una posibilidad de aprendizaje a la comunidad universitaria, entregando con este planos eléctricos, esquemáticos y diseño CAD para su implementación.

Palabras clave: **Refrigeración, congelación, compresión de vapor, cava, refrigerante, presión, temperatura.**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Principalmente le agradezco a mis padres por brindarme la oportunidad de estudiar y prestarme todo el apoyo posible durante el transcurso de la carrera, todo esto fue fundamental para seguir avanzando y formarme no solo como profesional sino también como persona.

A mi hermano por su apoyo incondicional en temas académicos que fueron importantes para complementar dudas.

A dios por permitirme tener vida, y realizar en ella algo de importancia para mí y para la humanidad.

Agradecimientos a los profesores Adrián Felipe Martínez y Daniel Sanín Villa por el apoyo prestado durante la realización del trabajo.

A los laboratoristas que nos instruyeron en el trabajo y además nos brindaron el espacio de trabajo en el laboratorio.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

TR: toneladas de refrigeración

QL: Calor latente

V: Voltaje

Inch: Pulgadas

mm: milímetros

A: Amperaje

Solid Edge: Software para modelado CAD

BTU: Unidad térmica británica

SMD: Sistema métrico decimal.

SRCV: Sistema de refrigeración por compresión de vapor.

HFC: Hidrofluorocarbonados

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.	MARCO TEÓRICO.....	11
2.1.	Historia de la refrigeración.....	11
2.2.	Conceptos generales.....	12
2.2.1.	Temperatura.....	12
2.2.2.	Calor.....	12
2.2.3.	Conducción.....	13
2.2.4.	Convección.....	13
2.2.5.	Radiación.....	13
2.2.6.	Calor latente.....	14
2.2.7.	Calor sensible.....	14
2.2.8.	Calor específico.....	14
2.2.9.	Presión.....	14
2.2.10.	Presión atmosférica.....	15
2.2.11.	Presión manométrica.....	15
2.2.12.	Presión absoluta.....	15
2.2.13.	Potencia frigorífica.....	15
2.2.14.	Proceso de refrigeración por compresión de vapor.....	15
2.3.	Componentes del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.....	16
2.3.1.	Compresor.....	16
2.3.2.	Condensador.....	16
2.3.3.	Evaporador.....	16
2.3.4.	Refrigerante.....	17
2.3.5.	Cava.....	17
2.4.	Refrigerante R134a.....	18
3.	METODOLOGÍA.....	20
3.1.	Diagnóstico y descripción.....	20

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1.	Diseño en CAD	24
4.2.	Componentes	27
4.2.1.	Controlador de temperatura	27
4.2.2.	Manómetro de alta y baja presión	28
4.2.3.	Válvula de expansión	30
4.2.3.1.	Elección de la válvula de expansión termostática	31
4.2.4.	Termómetro digital.....	35
4.2.5.	Condensador.....	36
4.2.6.	Depósito de refrigerante en estado líquido	37
4.2.7.	Acumulador de refrigerante.....	38
4.2.8.	Compresor	40
4.2.9.	Válvula solenoide.....	41
4.2.10.	Filtro secador	42
4.2.11.	Visor de refrigerante líquido.....	44
4.2.12.	Presostato de alta y baja presión.....	45
4.2.13.	Amperímetro-voltímetro-frecuencímetro	46
4.2.14.	Carga variable.....	47
4.2.15.	Circuito eléctrico para variar carga de la resistencia	49
4.2.16.	Breaker	51
4.3.	Plano eléctrico.....	52
4.4.	Plano esquemático	54
4.5.	Práctica de laboratorio experimental – Teórica del equipo de refrigeración y conservación.....	56
4.6.	Dimensiones del banco	61
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	62
5.1.	Conclusiones.....	62
5.2.	Recomendaciones	63
5.3.	Mantenimiento.....	64
5.3.1.	Detección de fugas	64
5.3.2.	Fugas de refrigerante.....	64
5.3.3.	Posibles causas de las fugas.....	65

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.3.4. Determinación de daños y reparación	66
5.4. Trabajo futuro	72
REFERENCIAS	73
ANEXOS.....	75

Lista de figuras:

Figura 1. Propiedades físicas R134a.	18
Figura 2. Grafico presión/Temperatura	19
Figura 3. Diagrama presión/entalpia R134a.	19
Figura 4. EKC 201 dimensiones de panel.	28
Figura 5 a. Manómetro de baja presión.	28
Figura 6 b. Manómetro de alta presión.	29
Figura 7. Válvula de expansión termostática.....	31
Figura 8. Montaje válvula de expansión termostática.	32
Figura 9. Correcta ubicación del bulbo sensor.	33
Figura 10. Evaporador de aspiración.	34
Figura 11. Correcta instalación del bulbo sensor.	34
Figura 12. Correcto montaje del bulbo sensor.	35
Figura 13. Termómetro digital.....	36
Figura 14. Condensador.....	37
Figura 15. Recibidor de refrigerante líquido.....	38
Figura 16. Acumulador de refrigerante.	40
Figura 17. Compresor Tecumseh.....	41
Figura 18. Válvula solenoide.....	42
Figura 19. Correcta instalación del filtro secador.....	43
Figura 20. Filtro secador.	44
Figura 21. Visor de refrigerante líquido.....	45
Figura 22. Valores del visor para diferentes tipos de refrigerante.....	45
Figura 23. Presostato de alta y baja presión.....	46
Figura 24. Voltímetro- amperímetro.	47
Figura 25. Diagrama eléctrico para regular potencia.	49
Figura 26. Adecuación resistencia de carga variable.....	50
Figura 27. Plano eléctrico.	52
Figura 28. Esquema eléctrico resistencia térmica y analizador de redes.....	53
Figura 29. Plano esquemático banco de refrigeración y congelación.	54
Figura 30. Dimensiones banco. Fuente: elaboración propia.	61

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Lista de anexos:

Anexo 1. Datos técnicos compresor.....	75
Anexo 2. Control del compresor. Diagrama esquemático de conexiones.....	76
Anexo 3. Características voltmetro-amperímetro.....	77
Anexo 4. Características voltmetro-amperímetro.	78
Anexo 5. Dimensiones banco de refrigeración y congelación.	79
Anexo 6. Dimensiones tubería. Vista frontal.....	80
Anexo 7. Dimensiones tubería. Vista superior.....	81
Anexo 8. Planos puerta.	82
Anexo 9. Cotización elementos de refrigeración. Proveedor: Partes y repuestos	83
Anexo 10. Lista de precios.....	84
Tabla 1. Fuente: elaboración propia.....	26

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

El hielo natural proporcionaba el efecto de enfriamiento, la constante evolución ha hecho posible que el día de hoy tengamos todos los medios posibles para diseñar y crear los sistemas necesarios que suplan las necesidades que el mundo nos plantea. La refrigeración y la conservación de alimentos ha sido un aspecto muy importante entorno a la humanidad y es un tema al cual se le ha prestado la atención necesaria y con esto hemos llegado a perfeccionar los diferentes métodos de refrigerar y conservar, no solo domésticamente sino también industrialmente. Gracias a los conocimientos que se adquieren es posible llegar a innovar cada día más en este tema y es lo que se pretende mostrar en el trabajo, y la idea es dar a conocer cómo funciona el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, dar a conocer todos sus elementos y realizar una propuesta de diseño para una aplicación académica con el fin de transmitir lo aprendido en este trabajo.

1.2. Objetivo general

Realizar propuesta de rediseño al banco de congelación y conservación del ITM, teniendo como base el análisis y diagnóstico que se hará a cada uno de los componentes presentes en el sistema de compresión por vapor, instalando una resistencia de carga variable en las cavas de conservación y congelación.

1.3. Objetivos específicos

- Realizar análisis funcional del equipo actual, para considerar los dispositivos que se puedan usar en una futura modificación

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Evaluar alternativas de modificación para el sistema de refrigeración y conservación del equipo de refrigeración del ITM.
- Seleccionar alternativa según criterios técnico económicos para diseño en detalle del sistema.
- Diseño en detalle del sistema de refrigeración didáctico para el laboratorio de fluidos del ITM, incluidos planos de detalle y lista de precios de los equipos.

1.4. Organización de la tesis

Como punto de partida se desarrolla un análisis y diagnóstico a los equipos que actualmente están presentes en el sistema evaluando su funcionalidad para seguir empleándolos u optar por reemplazarlos si se requiere, luego de tener un análisis detallado de cada elemento presente en el sistema, para analizar las características de los elementos que serán reemplazados y que estos sean los adecuados para la instalación. Se dibujó en el software CAD Solid Edge el diseño final que tendrá la propuesta para el banco de refrigeración y congelación del ITM.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

El concepto de refrigeración está relacionado con el enfriamiento de aire o líquidos para proporcionar las bajas temperaturas que se necesitan para llevar a cabo la conservación de los alimentos, fabricar hielo y enfriar líquidos entre otras muchas aplicaciones. El acondicionamiento del aire incluye el enfriamiento del ambiente, calefacción, humidificación, deshumidificación, filtración del aire y ventilación para acondicionar el aire y mejorar la calidad del aire interior. (Johnson & Whitman, 2006)

Tal como se expresa, la refrigeración ha venido tomando una parte importante en la vida diaria de las personas. Eventualmente estamos obligados a ir evolucionando y en el tema de la refrigeración se han tenido grandes avances que facilitan nuestras vidas cotidianas.

2.1. Historia de la refrigeración

Partiendo de la historia que conocemos hasta el día de hoy, tenemos conocimiento de que fueron los chinos los primeros en almacenar hielo y nieve para enfriar vino y otros tipos de alimentos. Se han encontrado pruebas de que los sótanos de almacenamiento de hielo se utilizaban en china ya en el año 1000 a.c. los griegos y los romanos también utilizaban para almacenar hielo almacenes subterráneos, que cubrían con paja, maleza y otros materiales para proporcionar aislamiento y preservar el hielo durante largos periodos de tiempo. Los antiguos Egipcios e indios enfriaban líquidos utilizando jarras de barro poroso. En esta época tenemos claras evidencias a que se producía hielo mediante la evaporación del agua a través de las paredes de estas jarras obteniendo como resultado una radiación de calor hacia el aire nocturno.

En los siglos XVIII y XIX se cortaba hielo de los lagos y estanques en el invierno y se almacenaba bajo tierra para utilizarlo en los meses más cálidos. Parte de este hielo se almacenaba con aserrín, el cual es el ripio que produce la madera y se transportaba hacia las zonas meridionales, con el fin de utilizarlo para preservar los alimentos. En 1834, el estadounidense Jacob Perkins desarrollo un sistema de refrigeración cerrado, utilizando el mecanismo de expansión de un líquido y de compresión para producir un efecto de enfriamiento. Utilizo éter como refrigerante, un compresor operado a mano, un condensador enfriado por agua y un evaporador, para construir un enfriador de líquidos, obteniendo una patente para este sistema en el reino unido. Ese mismo año, también en

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

el reino unido, L.W Wright produjo hielo mediante la expansión de aire comprimido. Durante el siglo XIX, fueron diseñados otros sistemas de refrigeración en EE.UU, Australia e Inglaterra. En los años siguientes, se realizaron muchas mejoras en los diseños de los equipos, y en la década de 1930, la refrigeración estaba ya en proceso de ser utilizada ampliamente en las casas y comercios (Johnson & Whitman, 2006)

2.2. Conceptos generales

2.2.1. Temperatura

Puede considerarse la temperatura como una descripción del nivel del calor, mientras que puede considerarse el calor como energía en la forma de moléculas en movimiento. El punto inicial de la temperatura es, por tanto, el punto inicial del movimiento molecular. Las características nominales de los equipos se establecen en términos de temperatura absoluta. Se proporcionan valores nominales de los equipos con el fin de establecer criterios que permitan comparar el rendimiento de unos con otros. Las escalas de temperatura absoluta dan comienzo en el punto donde el movimiento molecular se detiene y utilizan el cero como punto inicial. A medida que una sustancia se calienta, su movimiento molecular, y por tanto su temperatura, se incrementa.

2.2.2. Calor

La temperatura describe el nivel de calor con referencia a la ausencia de calor. El término utilizado para describir la cantidad de calor se conoce como unidad térmica británica (British Thermal unit, Btu) y en el SMD, como caloría. Estos términos explican cuanto calor está contenido en una sustancia. Puede determinarse la tasa del consumo del calor añadiendo la magnitud temporal. Una caloría se define como la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de 1°C en una muestra de agua con una masa de 1 gramo. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos sustancias, se produce una transferencia de calor, la diferencia de temperaturas es la fuerza motriz responsable de la transferencia de calor. Cuanto mayor sea la diferencia de temperaturas, mayor será la transferencia calorífica. El calor fluye naturalmente desde las sustancias más calientes a las sustancias más frías. Las moléculas de movimiento rápido de la sustancia más caliente

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ceden parte de su energía a las moléculas de movimiento más lento de la sustancia más fría. La sustancia más caliente se enfría debido a que las moléculas ralentizan su movimiento. La sustancia más fría se calienta debido a que sus moléculas se mueven más rápido.

2.2.3. Conducción

“Puede explicarse la transferencia de calor por conducción como la transferencia de energía entre una molécula y otra. A medida que una molécula se mueve más rápido, hace que otras hagan lo mismo” (Johnson & Whitman, 2006). Por ejemplo, si un extremo de una varilla de cobre se coloca sobre el fuego, el otro extremo se vuelve demasiado caliente como para poder agarrarlo, el calor viaja por la varilla de molécula en molécula. No todos los materiales conducen el calor a la misma velocidad, estas distintas velocidades, a la que los diversos materiales conducen el calor tienen una interesante similitud con la conducción de electricidad.

2.2.4. Convección

La convección es la transmisión de calor por movimiento real de las moléculas de una sustancia. Este fenómeno sólo podrá producirse en fluidos en los que por movimiento natural (diferencia de densidades) o circulación forzada (con la ayuda de ventiladores, bombas, etc.) puedan las partículas desplazarse transportando el calor sin interrumpir la continuidad física del cuerpo.

2.2.5. Radiación

La transferencia de calor por radiación resulta sencilla de explicar utilizando el sol como ejemplo de fuente calorífica. El sol está situado a unos 150 millones de km de la superficie de la tierra, a pesar de lo cual podemos notar su intensidad. La temperatura de la superficie del sol es muy alta, alrededor de 5600°C, comparada con cualquier otra cosa que exista en la tierra, el calor transferido por radiación viaja a través del espacio sin calentar este y es absorbido por los primeros objetos sólidos que encuentra.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2.6. Calor latente

Hay otro tipo de calor, al que se denomina calor latente u oculto. En este proceso sabemos que se añade calor, pero no se experimenta un incremento de la temperatura. Un ejemplo sería cuando se añade calor al agua mientras está en ebullición dentro de un recipiente abierto. Una vez que el agua alcanza el punto de ebullición, el añadir más calor, simplemente hace que se evapore más rápidamente; la temperatura no se eleva.

2.2.7. Calor sensible

Cuando el calor agregado o eliminado de una sustancia provoca un cambio de temperatura en el mismo, a este calor se le llama calor sensible, un ejemplo:

Si tenemos un vaso de agua líquida a 0°C y queremos subir su temperatura hasta los 2°C tendremos que añadirle una cierta cantidad de calor, este calor que provocará esta subida de temperatura será calor sensible.

2.2.8. Calor específico

Podemos darnos cuenta de que las diferentes sustancias responden de distinta forma al calor. Cuando se añade 1 Kcal de energía calorífica a 1Kg de agua, la temperatura de esta cambia 1°C. Esto solo es cierto para el agua, cuando se calientan otras sustancias el valor es diferente. El calor específico es la cantidad de calor necesario para incrementar la temperatura de 1Kg de sustancia en 1°C, cada sustancia tiene un calor específico distinto.

2.2.9. Presión

La presión se define como fuerza por unidad de área, es decir, equivalente a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie y está dada por:

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde P es presión, F es la fuerza normal, es decir, perpendicular a la superficie, y A es el área donde se aplica la fuerza.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En el sistema británico se expresa en libras por pulgada cuadrada (psi). Dicho de forma simple, cuando un peso de 1 lb descansa sobre un área de una pulgada cuadrada, la presión ejercida hacia abajo es de 1 psi.

2.2.10. Presión atmosférica

Es la presión que ejerce la atmosfera sobre la superficie de la tierra, disminuye a medida que se gana altura, teniendo como referencia el nivel del mar, el cual puede ser más elevado para algunas partes del planeta. El experimento de Torricelli permitió medir la presión atmosférica a nivel del mar, lo que dio como resultado un valor de 760 mm de Hg.

2.2.11. Presión manométrica

Es aquella que se mide sin tener en cuenta la presión atmosférica, para esta se parte de un cero absoluto. La presión manométrica que se mide por encima de la presión atmosférica, se denomina presión manométrica positiva y la que se mide por debajo de la presión atmosférica es considerada una presión negativa o presión de vacío.

2.2.12. Presión absoluta

Es la suma de la presión atmosférica y la presión manométrica.

$$P_{absoluta} = P_{manometrica} + P_{atmosferica}$$

2.2.13. Potencia frigorífica

Es la capacidad para extraer calor en la unidad de tiempo. La potencia frigorífica se mide en Kcal/hora, Btu/hora y toneladas de refrigeración (TR).

2.2.14. Proceso de refrigeración por compresión de vapor

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La transferencia de calor en el sistema de refrigeración por compresión de vapor (SRCV) se lleva a cabo utilizando un refrigerante que opera en un sistema cerrado. Los SRCV se utilizan básicamente para enfriar productos, este es muy utilizado a nivel industrial. Para entender el SRCV, se debe tener claridad de todos los elementos presentes en el sistema, para que de esta manera sea más fácil la comprensión de los procesos que se llevan a cabo en este ciclo.

2.3. Componentes del ciclo de refrigeración por compresión de vapor

2.3.1. Compresor

Es un dispositivo mecánico, el cual tiene el objetivo de bombear refrigerante desde un área la cual trabaja a una presión baja, el cual es el evaporador, hacia un área de alta presión, en este caso, el condensador. Se conecta directamente al condensador y al evaporador formando un circuito cerrado su principal función es la de aumentar la presión y desplazar el fluido que pasa por el sistema

2.3.2. Condensador

Es un dispositivo que tiene como objetivo eliminar el calor que está presente en el fluido del de refrigeración. En el condensador, el vapor a alta temperatura y alta presión transfiere calor a través de los tubos del condensador al medio que lo rodea, cuando la temperatura del vapor se reduce a la temperatura de saturación, el calor latente que se sigue eliminando hace que el refrigerante se condense, produciendo refrigerante líquido.

2.3.3. Evaporador

El evaporador es un dispositivo utilizado para absorber calor hacia adentro del sistema de refrigeración. Dentro del evaporador el refrigerante saturado absorbe el calor que lo

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

rodea y hierve como un vapor a baja presión. Los evaporadores son intercambiadores de calor entre fluidos refrigerantes, en los cuales se produce la transmisión de energía térmica dentro del dispositivo. Mientras uno de ellos se enfría disminuyendo así su temperatura, el otro se calienta y pasa a estado de vapor.

2.3.4. Refrigerante

En los sistemas de refrigeración, el fluido que absorbe el calor en el interior del gabinete y lo libera en el exterior es llamado refrigerante. “Estos fluidos, en su forma bajo presión reducida absorben calor en el evaporador y absorbiendo este calor cambian a vapor. En forma de vapor, el fluido pasa al compresor donde su temperatura y presión se incrementan, esto facilita que el calor que fue absorbido en el evaporador sea liberado en el condensador en donde el refrigerante vuelve a líquido para reiniciar el ciclo”. (Ortiz, 2018)

Es muy importante conocer los conceptos básicos que hacen parte del ciclo de refrigeración, para de esta manera tener una base que servirá como una guía, una guía de entrada que con el transcurso del tiempo ira evolucionando el proceso que se quiere llevar a cabo, el cual es el rediseño del banco de refrigeración. Sin tener claras las bases, tanto documentadas como experimentales sería imposible empezar a realizar cualquier tipo de rediseño, pues, es menester tener claro todo lo relacionado con este para así poder empezar el proceso.

2.3.5. Cava

Las cavas de refrigeración contienen entre sus paneles un material aislante como la espuma de poliuretano, que es un material plástico poroso formado por una agregación de burbujas, se forma básicamente por la reacción química de dos compuestos, un polioliol y un isocianato. La densidad normal de la espuma está generalmente comprendida entre los 38 y 42 Kg/m³ (2.0 a 2.5 lb/pie³) y en virtud de la baja conductividad térmica del gas ocluido en las celdas de la espuma, proporciona un excelente grado de aislamiento térmico, además de contener una magnífica resistencia al agua salada, aceites, ácidos muy diluidos, soluciones alcalinas y no es afectado por hongos, bacterias y olores.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4. Refrigerante R134a

El gas refrigerante R134a es un HFC que sustituye al gas refrigerante R12 en instalaciones nuevas. Como los refrigerantes HFC no dañan la capa de ozono. Tiene una gran estabilidad térmica y química, una baja toxicidad y no es inflamable, además de tener una excelente compatibilidad con la mayoría de los materiales.

PROPIEDADES FÍSICAS		R 134A
Formula química		CH ₂ F-CF ₃
Nombre químico		1,1,1,2- Tetrafluoroetano
Peso molecular	(Kg/Kmol)	102
Punto de ebullición	(°C)	-26.2
Punto de congelación	(°C)	-101
Temperatura crítica	(°C)	101.1
Presión crítica	(bar)	40.67
Densidad crítica	(Kg/l)	0.51
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/l)	1.206
Densidad del líquido (0°C)	(Kg/l)	1.293
Densidad del vapor (25°C)	(Kg/m ³)	32.25
Densidad del vapor (0°C)	(Kg/m ³)	14.41
Presión de vapor (25°C)	(bar)	6.657
Presión de vapor (0°C)	(bar)	216.4
Viscosidad del líquido (25°C)	(cP)	0.202
Presión superficial (25°C)	(mN/m)	7.9
Solubilidad del R134a en agua	(%)	0.15
Capacidad volumétrica refrig. (-25°C)	(Kg/m ³)	1192.11
Inflamabilidad		No

Figura 1. Propiedades físicas R134a.

(Kosim, 2016)

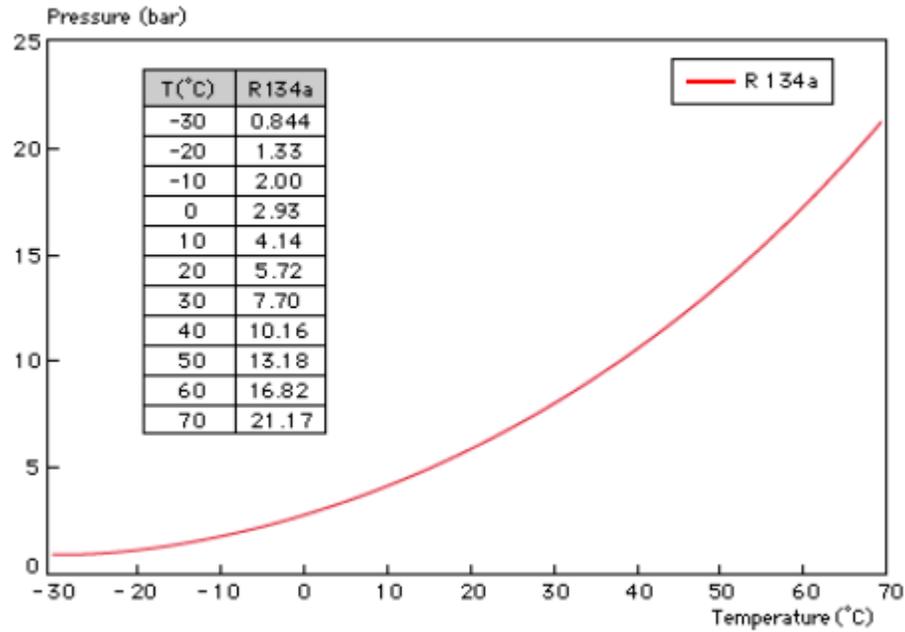


Figura 2. Grafico presión/Temperatura.

(Kosim, 2016)

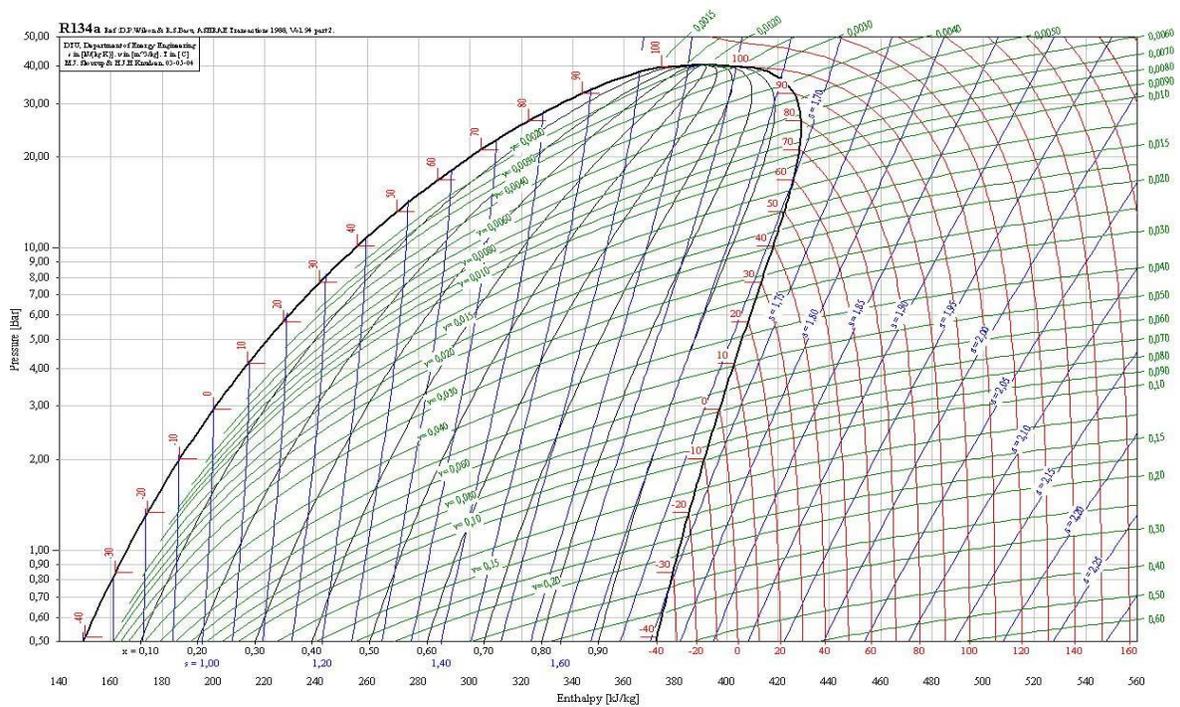


Figura 3. Diagrama presión/entalpia R134a.

(Forocoche, 2018)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

3.1. Diagnóstico y descripción

Para llegar a un estado de selección de equipos fue necesario realizar un diagnóstico pertinente al banco de conservación y refrigeración, se evaluó el estado y la funcionalidad de cada componente presente en el sistema.

Se llevaron a cabo diferentes tipos de análisis a cada elemento presente en el sistema de refrigeración por compresión de vapor del laboratorio de fluidos del ITM, teniendo el equipo encendido por largos periodos de tiempo para evaluar el estado funcional de cada uno de ellos. Estas se llevaron a cabo con instrumentos de medida tales como la cámara termo gráfica, termocuplas tipo K, analizador de redes, termómetro infrarrojo. A lo largo de un mes se toman pruebas a los equipos del SRCP del laboratorio del ITM, obteniendo datos de presión, temperatura y corriente en el equipo.

Diagnostico al compresor

Para empezar con el proceso de diagnóstico a los equipos del banco de refrigeración, primero se empieza con el compresor, el cual es el corazón de nuestro sistema. A este elemento se le mide su amperaje con el analizador de redes para verificar que esté en condiciones correctas de trabajo según los datos nominales del compresor, de igual manera se verifica la temperatura tanto a la entrada como a la salida de este empleando la cámara termografica, termocupla tipo k y termómetro infrarrojo en diferentes intervalos de tiempo, una vez tomados los datos se entra a comparar los datos obtenidos con los instrumentos de medición empleados, se analizan los datos obtenidos y se observa que no hay ningún tipo de problema.

Diagnostico al condensador y evaporadores

En el condensador y en los dos evaporadores de la cava, se realizan las mismas pruebas de presión y temperatura. Para tomar las medidas de temperatura se emplean la cámara termografica, termocupla tipo K y termómetro infrarrojo; estos de igual manera se ubican a la entrada y salida de estos elementos y en varios periodos de tiempo se hacen los análisis pertinentes y se comparan los datos arrojados por cada instrumento, gracias a

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

este análisis se tiene claridad de que estos elementos están trabajando en perfectas condiciones.

Medida de la temperatura en el sistema

Los controladores de temperatura que se encuentran instalados en el banco de refrigeración permiten obtener la lectura de la temperatura que hay actualmente en determinado periodo de tiempo, y esto permite una comparación con las medidas que se han obtenido con los diferentes tipos de instrumentos usados anteriormente.

Estos controladores nos muestran las temperaturas que hay actualmente al interior de las cavas de congelación y conservación, en un intervalo determinado de tiempo esta temperatura se va acercando a la fijada como punto limite en los controladores, para así llegar a las temperaturas deseadas de conservación y congelación.

Medida de la presión en el sistema

En un intervalo de tiempo, empleando los manómetros de alta y baja presión se mira cuáles son las presiones correspondientes al SRCP y se analizan los datos obtenidos sin encontrar ningún inconveniente. Se tiene en cuenta que los componentes presentes en el banco han sido usados por un largo tiempo y que el mantenimiento que se le realiza al equipo es mínimo para lo que el equipo requiere, por esto hay componentes que no trabajan en el estado deseado y hay otros que se encuentran ubicados en posiciones que no les corresponde dificultando el buen funcionamiento del equipo y ocasionando medidas que son inexactas en el sistema, como en algunos puntos la temperatura.

Diagnóstico de la tubería del sistema

Observando la estructura del banco de refrigeración se pudo apreciar la manera en la que las tuberías de descarga de los evaporadores de las cavas de congelación y conservación están instaladas, estas tuberías se unen y llegan al tanque receptor de refrigerante, por tal motivo se cree que estas se deben de replantear en su estructura y hacer una mejor conexión, ya que con la que se encuentra actualmente se pueden tener pérdidas energéticas en el sistema.

La tubería del sistema por la cual pasa el fluido refrigerante se analizó en su totalidad, y se puede llegar a decir que no hay ningún tipo de fuga en el sistema pero la tubería se encuentra con desgastes en su estructura y con un lapso de vida muy largo y se decide que esta se ha de cambiar totalmente.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Por otra parte se encuentra que los bulbos sensores de las válvulas de expansión se deben reubicar, ya que como están actualmente ocasionan fallos, se deben reubicar en la posición adecuada y correctamente, pues uno de ellos aunque está en una posición en la que no debería estar también está haciendo contacto con la tubería adyacente que es la de la salida del evaporador de la cava de congelación realizando dos posibles medidas, una a la salida de conservación y otra a la salida de congelación , por este motivo es importante realizar una mejor separación de las tuberías y un correcto posicionamiento del bulbo sensor.

Luego del análisis y el diagnostico se procede a escoger los elementos que harán parte del rediseño, a continuación se presentara detalladamente tanto los elementos nuevos como los existentes.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se logró realizar una propuesta de diseño al banco de refrigeración y congelación del laboratorio del instituto tecnológico metropolitano, se pretende que el nuevo diseño sea más amigable con la comunidad estudiantil y que no solamente sea una banco que realice un ciclo de refrigeración sino que además de eso también sea mucho más académico dentro del entorno en el que nos ubicamos como estudiantes, que pueda brindar más facilidades a la hora de interactuar con este, pues es de suma importancia no solo conocer cómo funciona el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, sino también tener a la mano las facilidades que ahora el medio nos brinda, como lo son una mejor instrumentación para tener un acceso mucho más fácil a las variables que se puedan medir en el proceso y de esta forma poder determinar y comprender el porqué de las cosas y no solamente saberlas sin ninguna explicación.

Fue un arduo trabajo en el cual se estudió a profundidad los sistemas más novedosos que se pudieran implementar para tomar una decisión y partiendo de lo que ya se tenía seleccionar los más adecuados para implementarlos como un nuevo diseño al banco de refrigeración y congelación.

Con esta nueva propuesta lo que se pretende es alcanzar una mayor exactitud a la hora de estar presente en el proceso y que los datos teóricos sean lo más exactos posibles a los experimentales y de esta manera acrecentar el conocimiento generado y proporcionar un material de mejor calidad a toda la comunidad.

Luego de los estudios al banco de refrigeración se llega a los siguientes resultados:

- El bulbo sensor de la válvula de expansión termostática se encuentra mal ubicado, por ello se recomienda su instalación en la posición correcta (ver figura 9).
- Se propone añadir un voltmetro-ampermetro al banco, con el fin de tomar las medidas a las variables de voltaje y corriente.

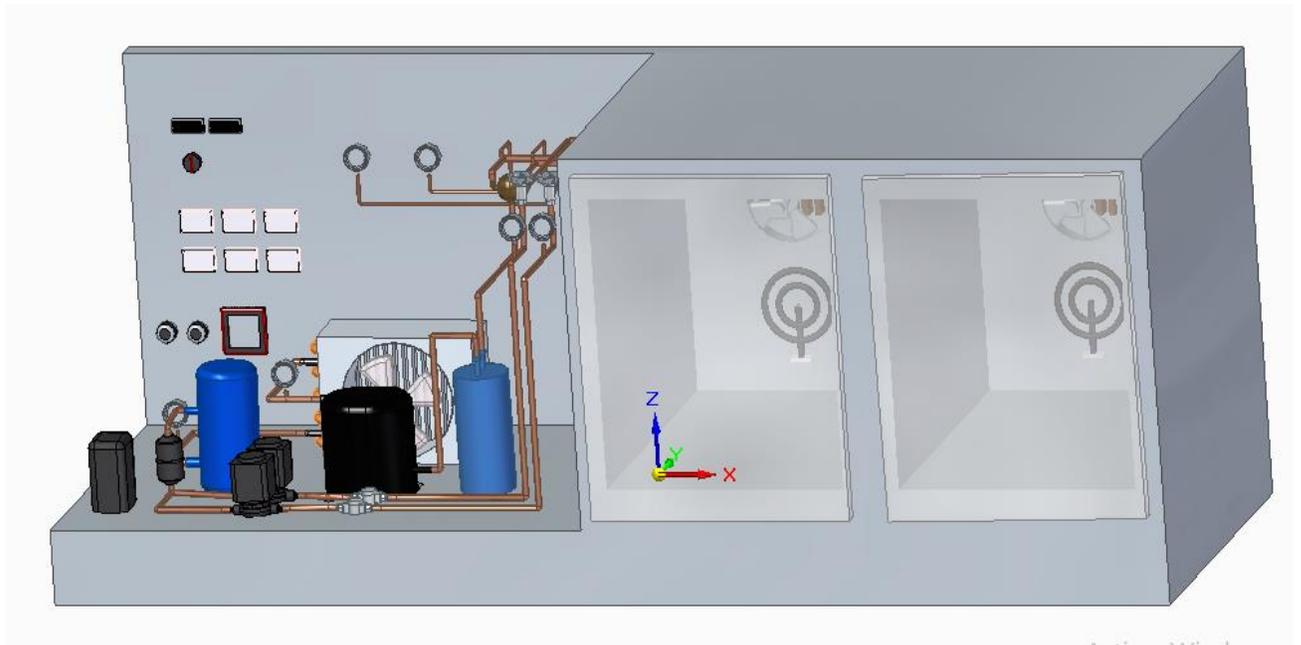
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Se proponen añadir 4 manómetros de baja los cuales dos de ellos irán ubicados a la entrada de las válvulas de expansión y dos a la salida de los evaporadores (conservación y congelación) y 2 manómetros de alta en el sistema para medir presiones.
- Se propone añadir 6 termómetros digitales con el fin de tomar la medida a la temperatura en la entrada y salida del compresor, condensador y evaporador.
- Se recomienda cambiar la tubería (tubería rígida de cobre tipo L), ya que la que actualmente se encuentra está en condiciones desgastadas y realizar un aislamiento con rubatex para disminuir las pérdidas térmicas en el sistema.
- Se propone añadir una resistencia de carga variable para la simulación de diferentes cargas al interior de las cavas de conservación y congelación.

El diseño del banco de refrigeración y congelación fue modelado en el software Solid Edge ST9, a continuación veremos los resultados de esta nueva propuesta de rediseño.

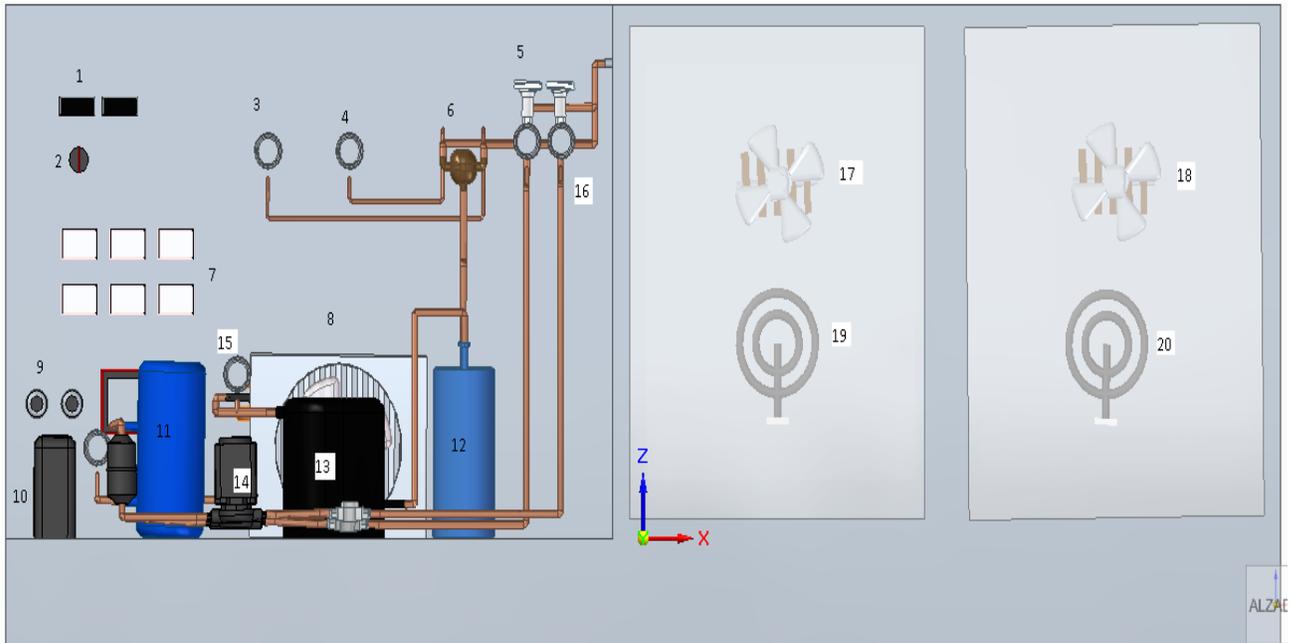
4.1. Diseño en CAD

Vista general del banco de conservación y refrigeración:

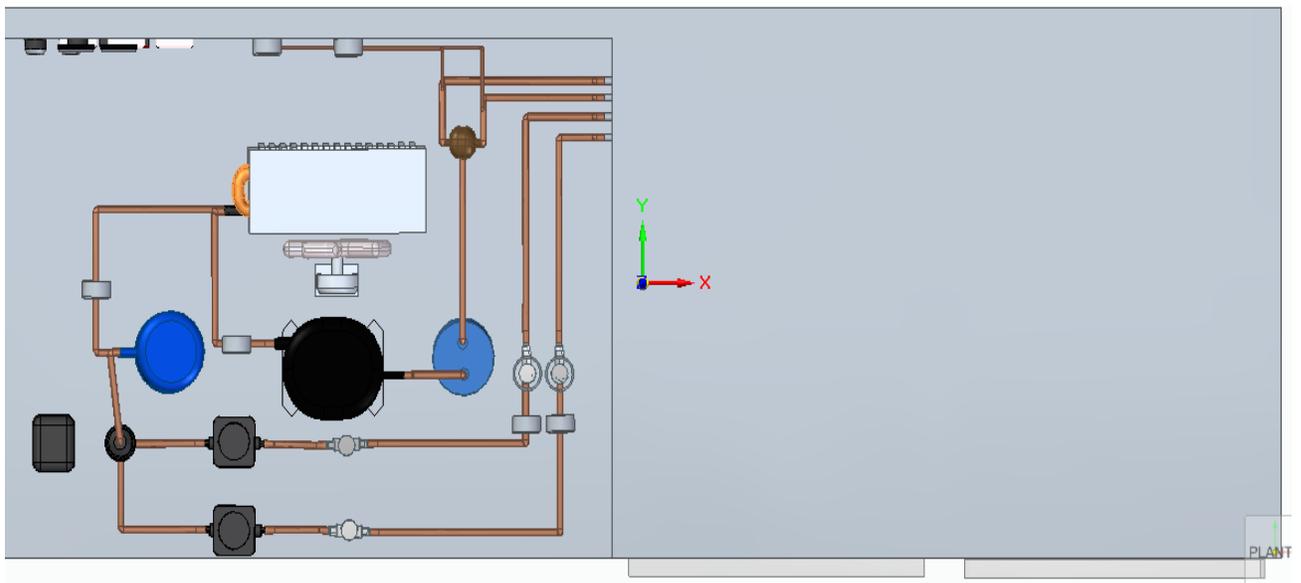


Con este tipo de vista se da a conocer la idea inicial que se tiene en el diseño, generando un bosquejo de todos los elementos que se quieren utilizar en la nueva propuesta.

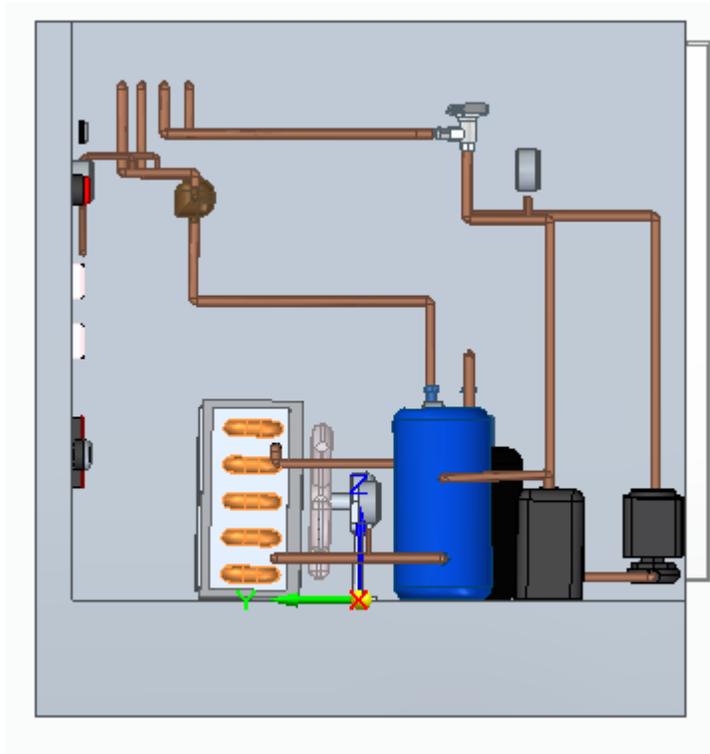
Vista frontal:



Vista superior:



Vista lateral izquierda:



En la vista frontal, se encuentra una numeración al lado de cada componente, a continuación se presentara una tabla de convenciones en donde se mostrara los nombres de cada elemento, debajo de la tabla encontraremos la descripción de cada uno y si es un elemento nuevo o en existencia.

Tabla 1. Fuente: elaboración propia.

numero	Componente
1	Controlador de temperatura
2	On/Off
3	Manómetro de baja presión
4	Manómetro de baja presión
5	Válvula de expansión
6	Unión para tuberías "t"

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

7	Termómetros digitales
8	condensador
9	Perilla resistencia variable
10	Control sistema
11	Recibidor de refrigerante liquido
12	Tanque acumulador de refrigerante
13	Compresor
14	Válvula solenoide
15	Manómetro de alta presión
16	Manómetros de baja presión
17	Evaporador conservación
18	Evaporador congelación
19	Resistencia variable conservación
20	Resistencia variable congelación

4.2. Componentes

4.2.1. Controlador de temperatura

Este elemento es el encargado de controlar la temperatura al interior de cada cava. Se usará un controlador electrónico para cada cava, el cual tendrá el objetivo de mantener la temperatura deseada posteriormente establecida. El controlador se encuentra instalado en el equipo y sus funciones son la de regular la temperatura en la cava de conservación y en la de refrigeración.

Datos técnicos:

Marca:	Danfoss
Referencia:	EKC 201

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Elemento en existencia

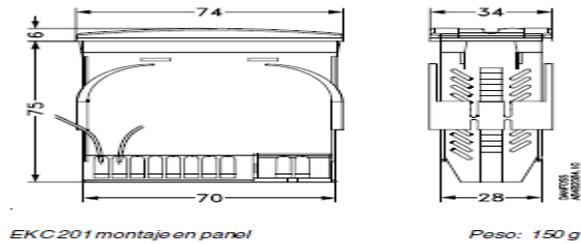


Figura 4. EKC 201 dimensiones de panel.

Fuente: (Danfoss, TechnicalInfo, 2018)

4.2.2. Manómetro de alta y baja presión

Permite observar las presiones a las que está sometido el fluido refrigerante dentro del sistema, tanto en el lado de alta como en el lado de baja presión.



Figura 5 a. Manómetro de baja presión.



Figura 6 b. Manómetro de alta presión.

Manómetro de alta presión

Datos técnicos:

Marca:	Mastercool
Referencia:	MRH, color rojo
Rango de trabajo:	0-500 psi
Unidades:	bar/psi
Refrigerantes:	R134a/R22/R404A/R12
Diámetro:	63mm
Elemento nuevo. Se instalaran dos de ellos.	

Manómetro de baja presión

Datos técnicos:

Marca:	Mastercool
Referencia:	MRL
Unidades:	bar/psi
Refrigerantes:	R134a/R22/R404A/R12
Diámetro:	63mm
Elemento nuevo. Se instalaran 4 de estos.	

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Los manómetros de alta presión van conectados a la salida del compresor y a la salida del condensador.
- El banco de refrigeración y conservación tiene cava dual, por lo tanto se usaran en el diseño dos manómetros por cada elemento (conservación y congelación) y estos estarán ubicados a la entrada y salida de la válvula de expansión, salida del evaporador.

4.2.3. Válvula de expansión

Controla el paso del refrigerante causando una caída de presión de gran magnitud debido al cambio del área transversal del conducto y disminuyendo la presión del fluido refrigerante. Regulan la inyección del líquido refrigerante en los evaporadores. Ver figura 7.

Datos técnicos:

Marca:	Danfoss
Referencia:	TN2
Refrigerante:	R134A
Conexión entrada:	3/8 x 1/2 inch
Conexión salida:	10 x 12 mm
Elemento en existencia	

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 7. Válvula de expansión termostática.

Fuente: elaboración propia.

4.2.3.1. Elección de la válvula de expansión termostática

Para hacer una correcta elección de la válvula de expansión termostática, hay que conocer primero los siguientes datos:

- Conocer con qué tipo de refrigerante trabaja el sistema
- Saber la capacidad de refrigeración del evaporador
- Conocer la presión de evaporación
- Saber la presión de condensación
- Subenfriamiento
- Caída de presión a través de la válvula
- Igualación de presión interna o externa

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Modo de identificación

El elemento termostático está equipado con una etiqueta, el código indica el refrigerante para el cual está diseñado la válvula

X= R22

Z= R407C

N= R134a

L = R410a

S= R404A/R507

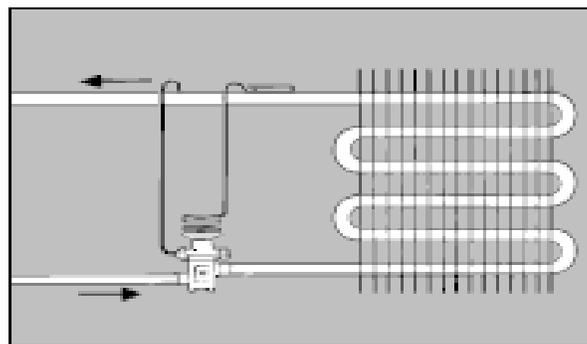
Las letras anteriormente citadas, se ven en la parte superior de la válvula de expansión y de esta manera se determina el refrigerante con el cual trabaja.

Instalación de la válvula de expansión termostática

Montaje:

La válvula de expansión se monta en la tubería de líquido delante del evaporador, y su bulbo se sujeta a la tubería de aspiración lo más cerca posible al evaporador.

En caso de que haya igualación de presión externa, la tubería de igualación deberá conectarse a la tubería de aspiración inmediatamente después del bulbo. (Ver figura 8.)



Ado-0002

Figura 8. Montaje válvula de expansión termostática.

Fuente: (Danfoss, 2018)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La mejor posición de montaje del bulbo es en una tubería horizontal en una posición que corresponde a las agujas del reloj marcando entre la una y las cuatro. (Ver figura 9.)

La ubicación depende del diámetro exterior de la tubería.

Nota: El bulbo no deberá montarse nunca en la parte baja de una tubería de aspiración, ya que este detectara señales falsas a causa de la existencia de aceite en el fondo de la tubería.

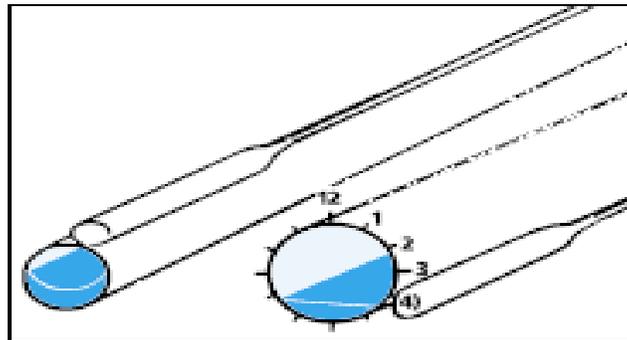


Figura 9. Correcta ubicación del bulbo sensor.

Fuente: (Danfoss, 2018)

El bulbo debe medir la temperatura del evaporador de aspiración y por lo tanto no debe situarse de manera que esté sometido a fuentes extrañas de calor o frío. Si el bulbo está sometido a corrientes de aire caliente se recomienda su aislamiento. (Ver figura 10).

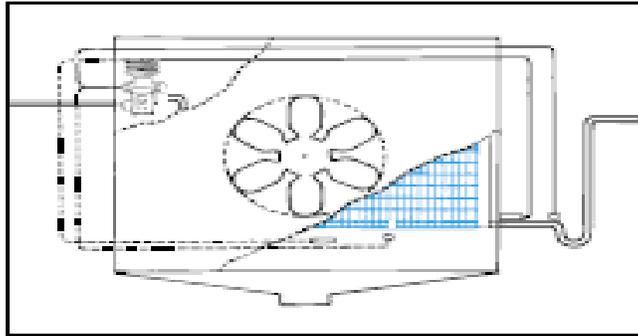


Figura 10. Evaporador de aspiración.

Fuente: (Danfoss, 2018)

El bulbo no debe montarse después de un intercambiador de calor ya que en esta posición dará señales falsas a la válvula de expansión. (Ver figura 11)

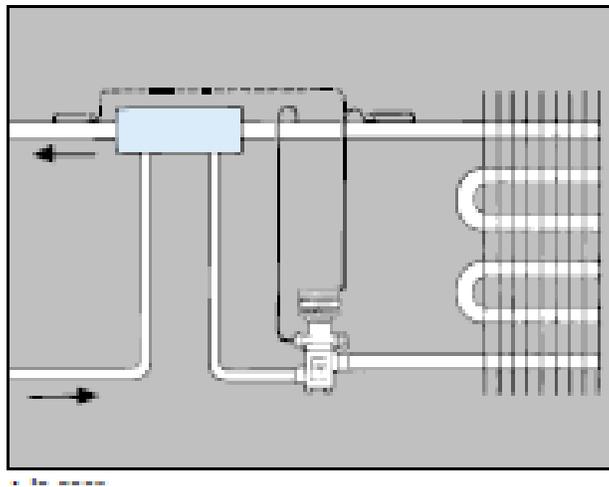


Figura 11. Correcta instalación del bulbo sensor.

Fuente: (Danfoss, 2018)

El bulbo no debe montarse cerca de componentes con grandes masas, ya que esto también producirá emisión de señales falsas a la válvula de expansión. (Ver figura 12)

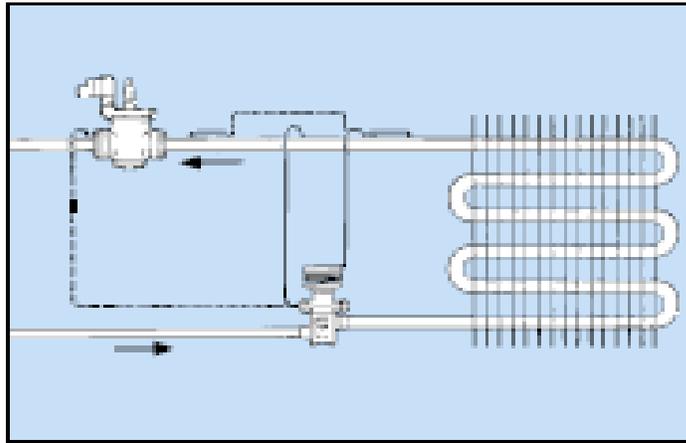


Figura 12. Correcto montaje del bulbo sensor.

(Danfoss, 2018)

4.2.4. Termómetro digital

Es un instrumento que en este caso sirve para medir la temperatura del gas refrigerante en cualquier sitio que convenga, esencial para conocer las perturbaciones del sistema y propiedades del fluido. Ver figura 13. El termómetro Digital TPM-10 puede medir temperatura en un rango de $-50 \sim 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$, tiene un display LCD, es a prueba de humedad e interferencia. Ideal para equipos de refrigeración.

Datos técnicos:

Referencia:	TA0439-H5D1
Voltaje de operación:	Dos baterías LR44 de 1.5 VCD
Rango de medición:	$-50 \sim 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Resolución:	0.1(TPM-10F), 1(TPM-10AE)
Precisión:	$\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Sensor:	NTC
Dimensiones:	48 x 28 x 15 mm
Cable:	300cm

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Peso:	32g
Elemento nuevo	



Figura 13. Termómetro digital.

(Efinox, 2018)

4.2.5. Condensador

Datos técnicos:

Dimensiones:	34,7 cm largo x 13,6 cm ancho x 27 cm alto
Material tubería:	cobre
Numero de curvas intercambiador de calor:	19
Diámetro de tubería:	3/8"
Motor referencia:	N10-20/584BR- 127V – 50/60 Hz – 0,70A – 10/53W – 1300/1500 rpm
Hélice:	254 x 22. Tipo A
Elemento en existencia	

Su objetivo es proporcionar una superficie de transferencia de calor a través de la cual pasa el calor, del vapor refrigerante caliente al medio condensante. Ver figura 14.

Motor ventilador del condensador

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Estos motores normalmente empleados para la ventilación en instalaciones de refrigeración son de inducción, bien sea monofásicos con condensador permanente.

La hélice es de tipo convencional formada por cuatro palas, que soplan en el sentido del eje del motor, por lo que reciben el nombre de axial, siendo este de plástico.

Con las hélices de plástico se consiguen niveles sonoros más bajos que con las de aluminio, ya que el plástico puede recuperar su forma primitiva en caso de deformación por golpe o uso indebido.



Figura 14. Condensador.

Fuente: elaboración propia.

4.2.6. Depósito de refrigerante en estado líquido

Este componente es fundamental en sistemas de refrigeración mixtos (conservación y congelamiento) .Su función es almacenar el refrigerante en estado líquido proveniente del condensador y distribuirlo a las válvulas de expansión según la demanda de cada una de ellas, el banco de refrigeración y conservación del ITM posee dos válvulas de expansión. Ver figura 15.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 15. Recibidor de refrigerante líquido.

Fuente: elaboración propia.

4.2.7. Acumulador de refrigerante.

Este elemento es el encargado de proteger el compresor de la inundación, es decir, el regreso de refrigerante y/o aceite líquido en grandes cantidades la cual puede llegar por la línea de succión hacia el compresor (ver figura 16). Las causas del regreso del refrigerante líquido pueden ser las siguientes:

- La válvula de expansión puede ser de mayor tamaño (fluctuación).
- El bulbo de la válvula de expansión no está haciendo buen contacto en la línea de succión.
- La válvula de expansión está mal ajustada o se quedó atorada en posición abierta.
- Sobrecarga de refrigerante en sistemas que usan tubo capilar.
- Falta de carga en el evaporador que puede ser por:
 - Que no estén operando los ventiladores del evaporador.
 - El evaporador esté cubierto de escarcha.
 - Evaporador obstruido por suciedad entre las aletas.
 - No hay carga o es muy pequeña.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Filtros de aire tapados.

- Regreso de líquido al terminar el ciclo de deshielo con gas caliente.

Selección

La selección de un acumulador para la línea de succión, deberá hacerse sobre la base de los tres puntos siguientes:

1. Para que sea eficaz, el acumulador deberá tener una capacidad de retención adecuada. La retención puede variar entre un sistema y otro; sin embargo, la regla general en la industria es, que no sea menor al 50% de la carga total del sistema.
2. Otra consideración que se requiere tomar en cuenta, es la capacidad del acumulador para funcionar sin provocar una excesiva caída de presión en el sistema. En la tabla de selección del catálogo, las capacidades máximas recomendadas en toneladas, están basadas en una caída de presión equivalente a una caída de temperatura de 0.28°C (0.5°F).
3. Finalmente, un acumulador debe ser capaz de regresar líquido a una proporción adecuada bajo diferentes condiciones de carga.

Instalación

El acumulador de succión deberá instalarse en la línea de succión, tan cerca como se pueda del compresor (mínimo 15 cm), para permitir una acción Venturi completa. En sistemas de ciclo reversible, como el de las bombas de calor, el acumulador debe instalarse entre la válvula reversible y el compresor. En algunos casos, cuando se va a agregar un acumulador a un sistema ya existente, se presenta el problema de la falta de espacio en el gabinete. Esto puede requerir algo de tubería adicional, pero puede instalarse fuera del gabinete.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 16. Acumulador de refrigerante.

Fuente: elaboración propia.

4.2.8. Compresor

Es el elemento mediante el cual se introduce trabajo en el sistema y su función es aspirar el fluido refrigerante que proviene del evaporador (en estado de vapor saturado) y bombearlo hacia el condensador elevando su presión y temperatura, este compresor funciona con un voltaje de 110 voltios, cuenta con un aceite sintético ya que las condiciones de temperaturas son altas, brinda propiedades mecánicas y químicas superiores a las que tiene un aceite mineral, su refrigerante es R134a, la marca de este compresor es Tecumseh. Ver figura 17.

Datos técnicos:

Marca:	Tecumseh
Voltaje/frecuencia:	115V/60Hz – 100V/50Hz
Capacidad de refrigeración:	6348 BTU/h – 1860W

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Eficiencia:	8,04 BTU/Wh – 2,35 W/W
Temperatura de evaporación:	5°C (41°F)
Temperatura de condensación:	45°C (113°F)
Temperatura del retorno de gas:	15°C (59°F)
Refrigerante:	R134
Elemento en existencia	

Ver anexo 1. Datos técnicos compresor Tecumseh.

Ver anexo 2. Control del compresor. Diagrama esquemático de conexiones.



Figura 17. Compresor Tecumseh.

Fuente: elaboración propia.

4.2.9. Válvula solenoide

Su finalidad es cortar el paso del refrigerante hacia el evaporador cuando la zona refrigerada alcanza la temperatura deseada, ocasionando una caída de presión en la línea de succión y en consecuencia apagando el compresor mediante el presostato de baja. En este caso nuestro sistema posee dos válvulas solenoides, una para conservación y otra

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

para congelación; primero una de las válvulas se cierra y la otra sigue trabajando hasta que cierre, en este estado cuando las dos válvulas se cierran es el momento en el que el compresor se apaga. Ver figura 18.

Datos técnicos:

Marca:	Danfoss
Referencia:	BF100AS – 018F6260
Alimentación:	115V – 60 Hz
Elemento en existencia	



Figura 18. Válvula solenoide.

Fuente: elaboración propia.

4.2.10. Filtro secador

Es el elemento encargado de disminuir la humedad presente en el sistema. Ver figura 20.

Datos técnicos:

Marca:	Danfoss
Capacidad de secado@ 24°C:	R134A@ 97°C
MWP:	42 bar/610 psig
Volumen neto:	10,99 Oz
Elemento en existencia	

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El filtro secador se debe instalar en la posición A para garantizar la entrada de refrigerante solamente cuando se encuentre en la fase líquida, lo que asegura una igualación de las presiones en el menor tiempo posible. Al mismo tiempo en que se busca la ecualización ideal de presiones, se debe atender para una posición del filtro secador que evite el desgaste por fricción del desecante. Esto se consigue al instalar el filtro secador en la posición vertical A en que el flujo de refrigerante actúa en el mismo sentido de la gravedad. (Embraco, 1996).

Por lo tanto, se recomienda la instalación del filtro secador en la posición A (ver figura19)

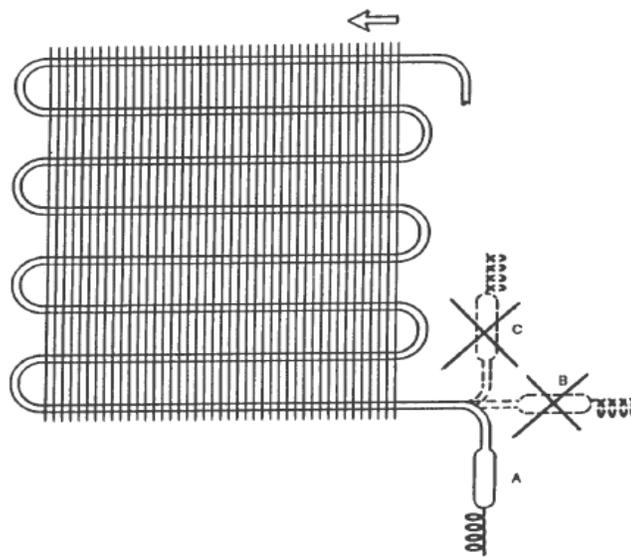


Figura 19. Correcta instalación del filtro secador.

(Embraco, 2018)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 20. Filtro secador.

Fuente: elaboración propia.

4.2.11. Visor de refrigerante líquido

El encargado de indicar si hay humedad en el sistema, se visualiza el paso del refrigerante hacia la válvula de expansión. Los sistemas de refrigeración a veces poseen un visor de líquido a la salida del condensador. Por la entrada del visor de líquido ingresa refrigerante proporcionado por el condensador desde la línea de líquido y en este punto no deberían observarse burbujas de vapor. Si se observan burbujas puede ser debido a problemas en el sistema ya que en este punto solamente debería verse refrigerante en estado líquido.

Datos técnicos:

Temperatura media:	-50 / 80 °C. -58/175°F
Presión máxima de trabajo:	35 Bar/ 500 psig
Elemento en existencia	



Figura 21. Visor de refrigerante líquido.

SGN / SGRN for R22, R134a, R404A, R407C, R507, R407A, R407F, R448A, R449A, R450A, R452A, R513A

	Moisture content ppm = parts per million					
	SGN / SGRN					
	Media temperature 25 °C			Media temperature 43 °C		
	Green / dry	Intermed. color	Yellow / wet	Green / dry	Intermed. color	Yellow / wet
R22	< 30	30 - 120	> 120	< 50	50 - 200	> 200
R134a	< 30	30 - 100	> 100	< 45	45 - 170	> 170
R404A	< 20	20 - 70	> 70	> 70	25 - 100	> 100
R407C	< 30	30 - 140	> 140	< 60	60 - 225	> 225
R507	< 15	15 - 60	> 60	< 30	30 - 110	> 110
R407A	< 29	29 - 115	> 115	< 48	48 - 192	> 192
R407F	< 30	30 - 168	> 168	< 60	60 - 240	> 240
R448A	< 28	28 - 110	> 110	< 70	70 - 227	> 227
R449A	< 29	29 - 105	> 105	< 53	53 - 200	> 200
R450A	< 23	23 - 148	> 148	< 46	46 - 245	> 245
R452A	< 20	20 - 79	> 79	< 30	30 - 143	> 143
R513A	< 22	22 - 75	> 75	< 22	22 - 123	> 123

Figura 22. Valores del visor para diferentes tipos de refrigerante.

(Danfoss, 2018)

4.2.12. Presostato de alta y baja presión

Tiene como función apagar el compresor cuando las presiones del fluido refrigerante en las líneas de alta y baja varían hasta el punto de alterar los límites preestablecidos. Este elemento de control va conectado eléctricamente en serie con el circuito de potencia del compresor.

Los parámetros de funcionamiento del equipo se ajustan en este control de la siguiente forma: La columna izquierda corresponde al presostato de alta, el valor que indica la

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

manecilla es la máxima presión que el equipo ha de tolerar. La columna derecha corresponde al presostato de baja, de cuyos valores se puede deducir la mínima presión que el equipo ha de soportar, la cual, es la diferencia entre el valor mayor (manecilla derecha) y el valor menor (manecilla izquierda) de esta columna. La presión a la cual el equipo vuelve a encender después de apagarse por baja presión es el valor mayor de esta columna (manecilla derecha) ver figura 22.



Figura 23. Presostato de alta y baja presión.

Fuente: elaboración propia.

4.2.13. Amperímetro-voltímetro-frecuencímetro

Su Función es de voltímetro/amperímetro/vatímetro que muestra las tres magnitudes simultáneamente al poder medir desde 5 A y con un transformador de corriente puede medir corrientes más elevadas (ver figura 23). Este medidor cuenta con un botón para configurar la relación de transformación del transformador empleado.

Datos técnicos:

Marca:	EBC
Referencia:	79635
Rango de medición voltímetro:	AC 0V..500V
Amperímetro:	Directamente desde 5 A (ac) y 8000 A(ac) a través de transformador de corriente
Frecuencímetro:	40 ~ 70HZ

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Alimentación:	110V (ac)/220V (ac) a 50/60 Hz
Precisión:	±0,5% ±2 dígitos
Resistencia dieléctrica:	AC 2KV/1min
Temperatura de funcionamiento:	-10°C+50°C
Display:	4 dígitos leds, máximo 9999
Dimensiones:	96x96x94 mm
Elemento nuevo	

Ver anexo 3 y 4.



Figura 24. Voltímetro- amperímetro.

(Embajadores Electronica, 2018)

4.2.14. Carga variable

Se pretende realizar una simulación de una carga variable dentro del sistema, para ello se hace una adecuación de una resistencia eléctrica a la cual es posible graduarle su carga. La intención es tener la resistencia al interior de cada cava y que con estas sea posible realizar una simulación de carga al interior de cada compartimento graduando la potencia de la resistencia según se requiera.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

A la resistencia se le adecua un potenciómetro con su circuito correspondiente para de esta manera permitir que su carga se pueda variar. Ver figura 24.

Datos técnicos:

Marca:	Haceb
Potencia de la resistencia:	1000 W = 3414 Btu/h
Capacidad de refrigeración del sistema:	6348 Btu/h
Elemento nuevo	

4.2.15. Circuito eléctrico para variar carga de la resistencia

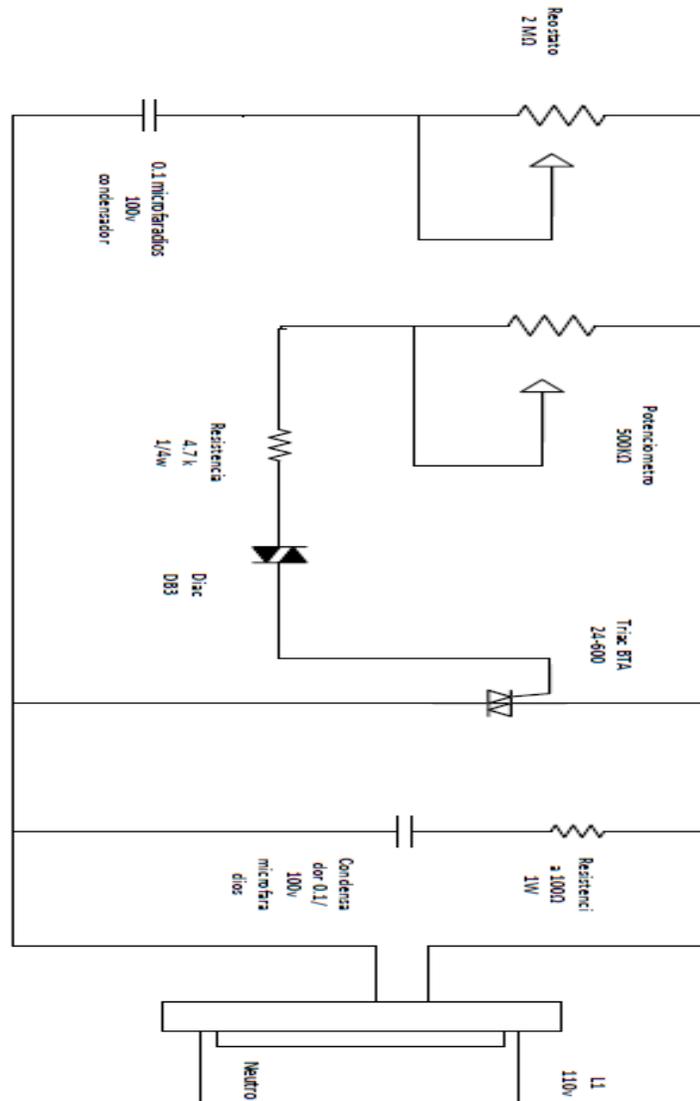


Figura 25. Diagrama eléctrico para regular potencia.

Fuente: elaboración propia.

En el diagrama anteriormente presentado se instruye la manera en la que van conectados cada uno de los componentes para la fabricación del potenciómetro para que luego este sea instalado a la resistencia eléctrica para que sea posible la variación de su carga.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Elementos a usar:

- reóstato 2M Ω , Potenciómetro 500K Ω , condensadores de 0.1/100v, Diac DB3, Triac BTA 24_600, resistencias de 4.7K Ω /1/4W y 100 Ω 1W.
- Una perilla ensamblada en el potenciómetro de 0 a 100% de posición.
- Alambre 14 AWG THHN a 90 $^{\circ}$ c que soporta 15 A de corriente para la conexión eléctrica de la resistencia y el variador de potencia.



Figura 26. Adecuación resistencia de carga variable.

Fuete: elaboración propia.

Lo que se pretende es ensamblar un potenciómetro con los elementos mencionados anteriormente en la parte superior, este potenciómetro se instalara a una resistencia eléctrica de 1000W a 120 V. esta resistencia se instalara al interior de cada cava, conservación y congelación, con la intención de simular una carga en el sistema y llevar este a condiciones más exigentes de trabajo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.16. Breaker

Es un interruptor termomagnético que energiza o desenergiza un circuito, en este caso se encarga energizar e interrumpir la resistencia variable y el analizador de redes EBC 79635.

Datos técnicos:

Marca:	Bticino
Corriente y voltaje:	15 A/ 110V
Referencia:	SBTN1/15
Elemento nuevo	

Estos son todos los elementos que se necesitan en el banco, ahora veremos los planos eléctricos y esquemáticos del sistema.

4.3. Plano electrico

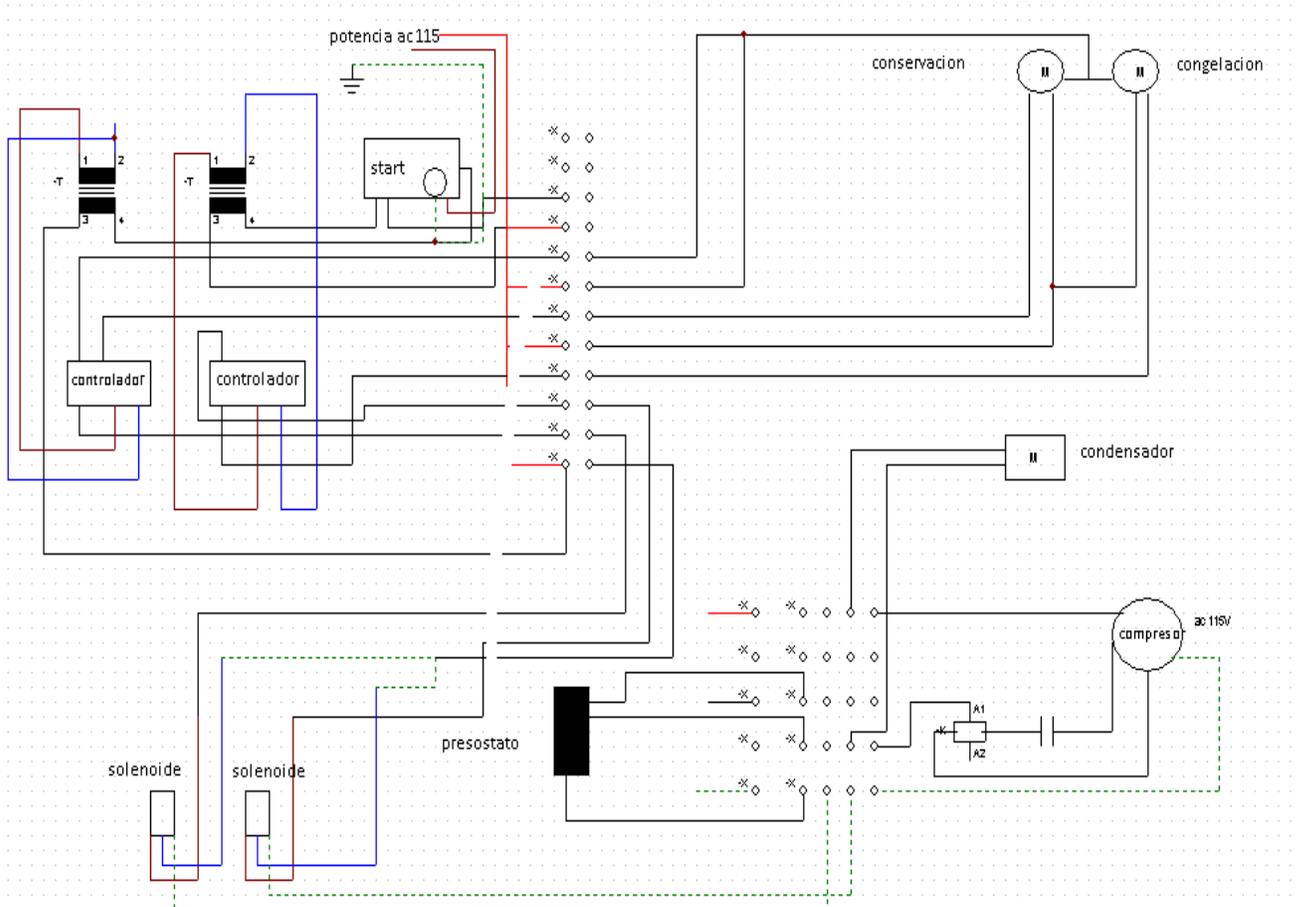


Figura 27. Plano eléctrico.

Fuente: elaboración propia.

El presente es el diagrama eléctrico del banco de congelación y conservación del laboratorio de fluidos del ITM, en este se ven las conexiones eléctricas con las cuales quedara la propuesta de rediseño para su implementación.

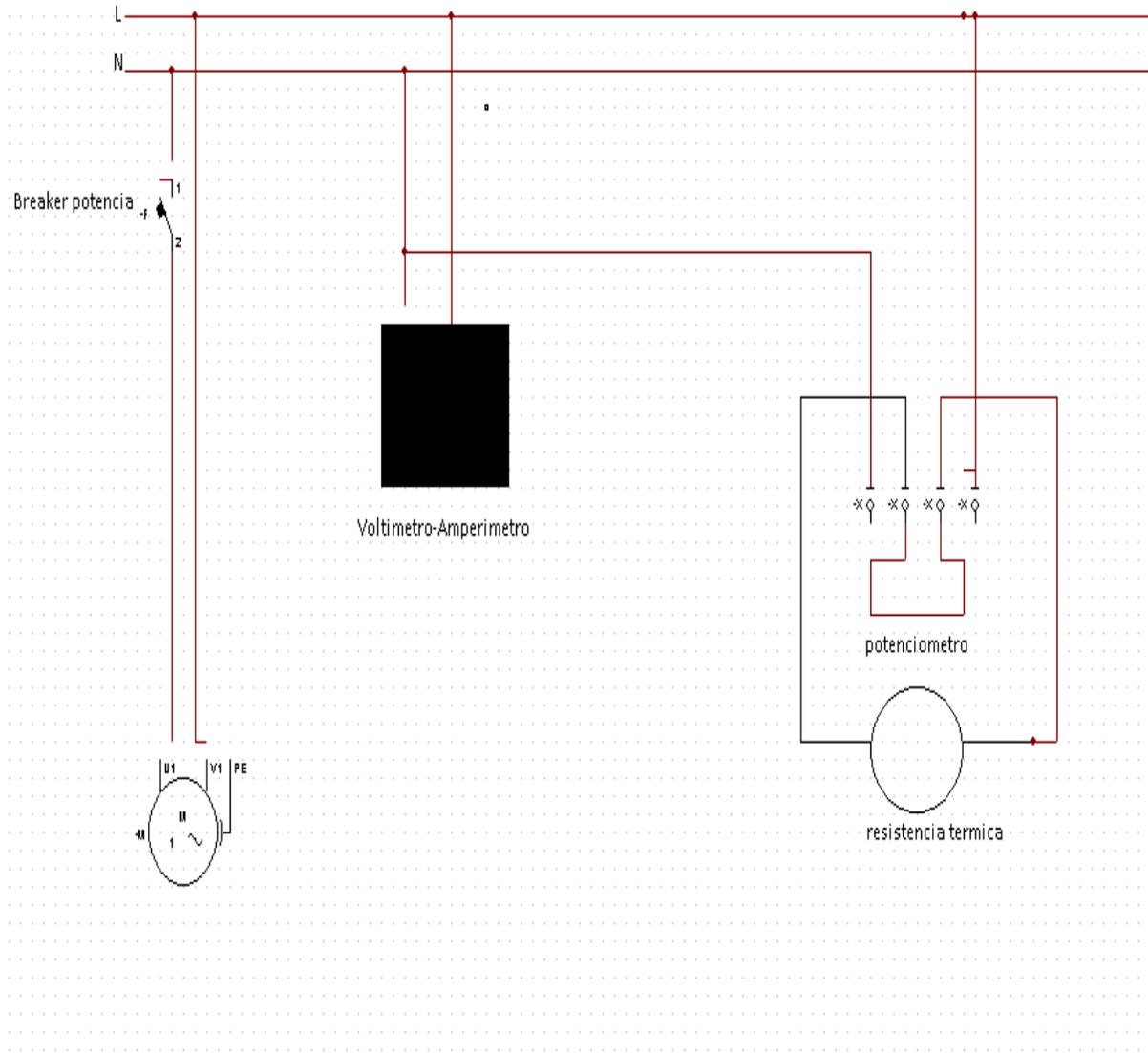


Figura 28. Esquema eléctrico resistencia térmica y analizador de redes.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Plano esquemático

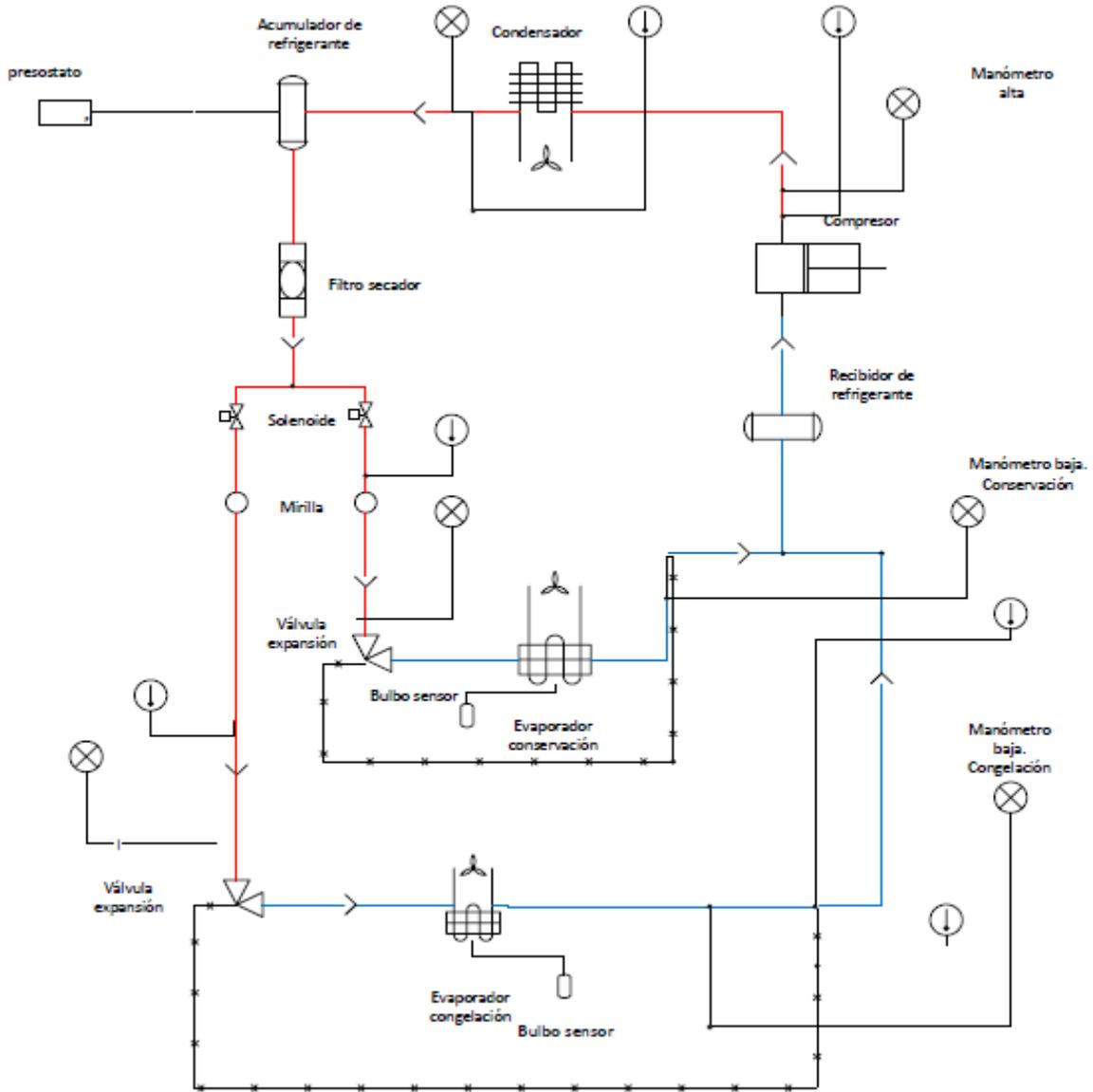


Figura 29. Plano esquemático banco de refrigeración y congelación.

Fuente: Elaboración propia.

El plano esquemático del banco de refrigeración y congelación nos muestra el funcionamiento del ciclo de refrigeración, dando a conocer la trayectoria en la que circula el gas refrigerante y los elementos por los que este entra. Los cuatro elementos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

principales del ciclo de refrigeración son el compresor, el condensador, el evaporador y la válvula de expansión.

Antes de la válvula de expansión el refrigerante se encuentra en estado líquido a determinada presión, su paso al evaporador lo controla la válvula de expansión termostática, cuyo funcionamiento está regulado por la temperatura y por la presión.

Esta válvula le produce una pérdida de carga al refrigerante mediante una estrangulación brusca que hace que la presión descienda desde la que tenía (salida del condensador) hasta la existente a la entrada del evaporador.

La válvula es la que regula las dos partes del ciclo frigorífico, la zona de alta presión y la zona de baja presión.

Esta bajada de presión en el evaporador hace que el refrigerante hierva y se produzca su evaporación, absorbiendo calor del recinto en que se encuentra a través del aire del mismo, y transfiriéndolo al líquido, que se va transformando en vapor en el interior de los tubos del evaporador, hasta que se evapora totalmente

El refrigerante entra en el compresor a baja presión y temperatura, en forma de gas, es comprimido, aumentando su presión y su temperatura. Ahora entra en el condensador y mediante la acción de un fluido exterior (agua o aire), se le extrae calor al refrigerante, lo cual produce un enfriamiento del mismo favoreciendo su condensación hasta alcanzar el estado líquido; a partir de aquí es impulsado de nuevo hacia la válvula de expansión donde se repite el ciclo frigorífico.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para el rediseño del banco de refrigeración y congelación se realiza una guía de laboratorio la cual se presenta a continuación.

4.5. Practica de laboratorio experimental – Teórica del equipo de refrigeración y conservación.

NOMBRE DEL ALUMNO _____

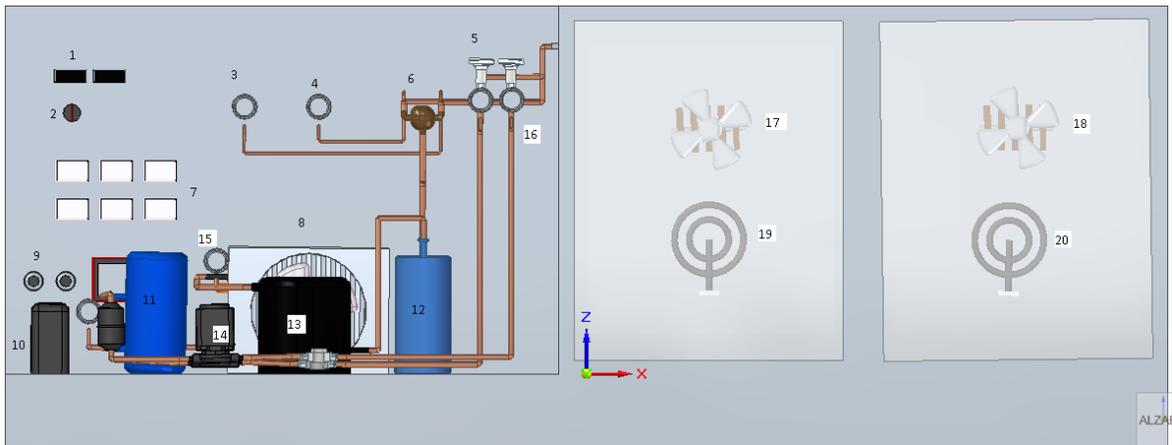
1) Materiales :

- Banco de refrigeración y aire acondicionado

2) Competencias:

- Reconocer todos los componentes del banco de refrigeración y aire acondicionado
- Visualizar el funcionamiento de los elementos y analizar el comportamiento de las variables de presión y temperatura.
- Analizar los datos obtenidos y sacar conclusiones

3) Reconocer cada uno de los elementos en la figura y escribir su nombre correspondiente al lado de la tabla. Escribir las características de cada uno.



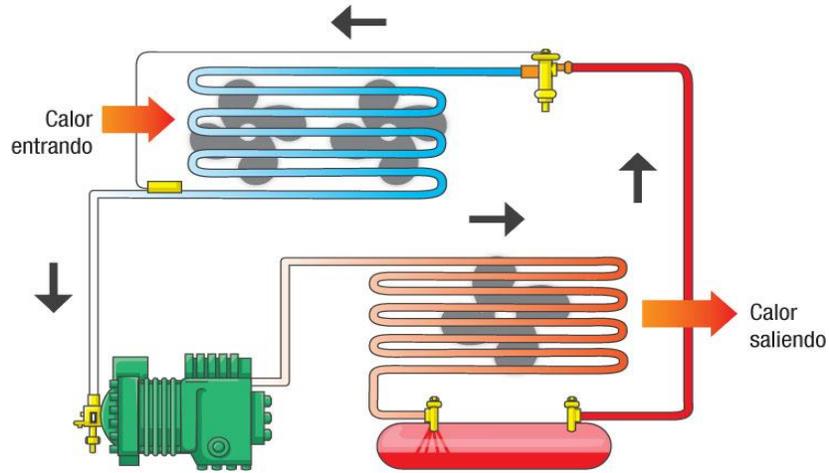
Numero	Componente	Características
	Controlador de temperatura	
	On/Off	
	Manómetro de baja presión	
	Manómetro de baja presión	
	Válvula de expansión	
	Unión para tuberías "t"	
	Termómetros digitales	
	condensador	
	Perilla resistencia variable	
	Control sistema	
	Recibidor de refrigerante liquido	
	Tanque acumulador de refrigerante	
	Compresor	

	Válvula solenoide	
	Manómetro de alta presión	
	Manómetros de baja presión	
	Evaporador conservación	
	Evaporador congelación	
	Resistencia variable conservación	
	Resistencia variable congelación	

4) Tomar las medidas en la siguiente tabla

ELEMENTO	REGISTRO
Manómetro Baja Presión entrada válvula de expansión congelación	
Manómetro Alta Presión en la escala lb/plg ² (psig)	
Visor liquido	
Manómetro baja presión salida de evaporador congelación	
Manómetro baja presión salida de evaporador conservación	
Temperatura salida del compresor	
Presión salida del compresor	
Presión salida condensador	

5) Encender el equipo de refrigeración, comprender el ciclo y tomar medidas



Ciclo básico de refrigeración.

TERMÓMETRO	COMPRESOR		CONDENSADOR		INTERCAMB. CALOR		EVAPORADOR CONGELACIÓN		EVAPORADOR CONSERVACIÓN	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Cuarto frío	Refrigerante	Cuarto Frío	Refrigerante
TEMPERATURA en °C										

MANÓMETRO	Alta	Baja
PRESIÓN en psig		

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con los datos obtenidos realizar la gráfica correspondiente de presión/temperatura

6) Ley de ohm: potencia=voltaje*corriente

Tabla 4: voltaje, corriente, potencia frecuencia

Voltaje	Corriente	potencia(ley de ohm)	frecuencia	tiempo
Voltios (V)	Amperios (A)	vattios (W)	Hercio (Hz)	minutos

- Graficar le voltaje, la corriente, la potencia y la frecuencia con respecto al tiempo.
- Con los valores de voltaje y amperaje registrados en las tablas, verifique si se cumple la ley de Ohm en el compresor dependiendo de los datos nominales de placa.

Explicar el comportamiento de la curva

7) registrar los datos obtenidos al variar la potencia de la resistencia.

Tabla5. Corriente consumida vs variación de la potencia en la resistencia

Potenciometro (%)	Corriente consumida(A)
0	
20	
40	
60	
80	
100	

- 8) Graficar la curva de los datos obtenidos
- 9) Por ley de ohm, expresar la potencia consumida en cada porcentaje de variación de la potencia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

10) Explicar los fenómenos ocurridos en el compresor y el evaporador al ir aumentando el poder calorífico por medio de la variación de la potencia en la resistencia

4.6. Dimensiones del banco

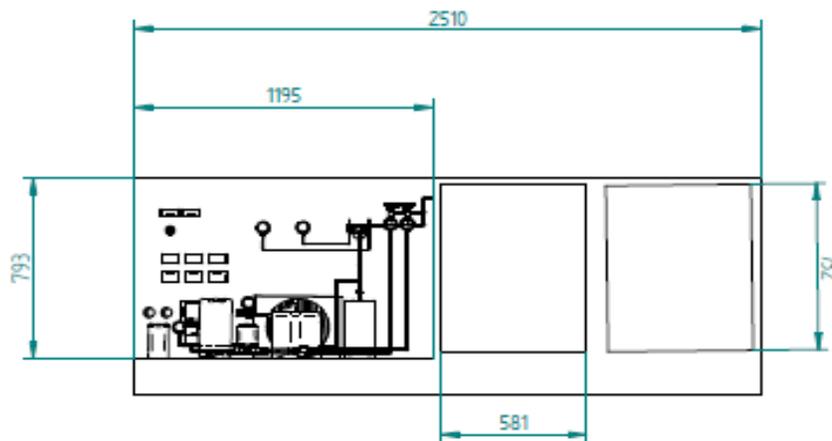


Figura 30. Dimensiones banco. Fuente: elaboración propia.

Nota: todas las unidades de los planos están en mm.

Se requiere perforar la puerta actual, en el orificio se instalara una puerta de acrílico transparente de *15mm de espesor, 350mm de ancho x 350mm largo*, esto con la intención de tener un área que sea transparente y permita ver lo que ocurre al interior de la cava. La fijación del acrílico se hará con pegamento epoxico con características que permiten la sujeción y resiste bajas temperaturas. El pegamento a usar es SikaFlex, ya que este proporciona todas las garantías que se requieren para el área en cuestión.

Ver planos detallados del diseño en la sección de anexos.

Nota: todas las unidades de los planos anexos están en mm.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1. Conclusiones

- Se logra proponer una propuesta de rediseño al banco de refrigeración y congelación del laboratorio de fluidos del ITM logrando implementar la simulación de carga variable al interior de las cavas, empleando una resistencia eléctrica.
- Se logró obtener una propuesta de diseño nueva, mucho más didáctica para un ambiente académico en la cual se van a ver reflejados cada uno de los elementos de un sistema de refrigeración por compresión de vapor dando la oportunidad de adquirir unas buenas prácticas de laboratorio contando con toda la información posible en el equipo..
- Es de vital importancia el aislamiento térmico en un sistema de refrigeración, si este no se tiene de una manera adecuada podría proporcionar pérdidas energéticas en el sistema.
- Cada elemento existente en el sistema tiene un criterio de instalación, si este no se sigue adecuadamente el sistema funcionará con fallas y la efectividad se verá reducida.
- Con el trabajo se adquiere mucho más análisis e investigación para desarrollar cualquier tipo de aplicación dentro del campo de acción de la carrera universitaria.
- El presente banco de refrigeración y congelación fue una ayuda para soportar el trabajo presente, obteniendo una nueva propuesta con nueva instrumentación que aportara en el ámbito universitario.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Se determina que es necesario aislar la tubería, ya que las pérdidas en esta son considerables y se espera que haciendo esto las perdidas en el equipo mejoren
- Para tener un banco de conservación y congelación que sea más académico también hay que añadir varios elementos que permitan hacer del banco algo más amigable con los estudiantes, en este caso termómetros y manómetros a la entrada y salida de cada componente para de esta manera tener conocimiento de lo que pasa a la entrada y a la salida de cada componente. Se añade un voltmetro-amperímetro digital, que arroja los datos de voltaje y amperaje en el compresor.
- Tanto en la cava de conservación como en la de congelación se añade una resistencia de carga variable, la cual permitiría una simulación de diversas cargas térmicas al interior de cada cava teniendo la posibilidad de graduar la carga de cada una de ellas.

5.2. Recomendaciones

- Seguir paso a paso la guía de instalación de cada componente del banco de refrigeración, para que de esta manera quede soportada su correcta instalación y más adelante no presente problemas y así evitar cualquier tipo de corrección innecesaria.
- Cumplir con la guía de mantenimiento y realizar el mantenimiento preventivo pertinente al equipo, pues este es de vital importancia para mantenerlo en condiciones óptimas.
- Se recomienda un mantenimiento para el equipo, a continuación, veremos una guía de este:

Los sistemas de refrigeración deben inspeccionarse y mantenerse de manera regular y minuciosa. La frecuencia de las inspecciones y mantenimiento necesarios depende de la intensidad del uso del sistema, de la carga del refrigerante y del carácter del sistema. Toda fuga detectada debe ser subsanada inmediatamente. Para eliminar fugas, la sección correspondiente al sistema debe aislarse y el refrigerante que contiene esta última debe transferirse o bien dentro del sistema o bien a un recipiente de servicio para refrigerante.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El mantenimiento incluye una verificación de la debida función y del reglaje correcto de los controles y dispositivos de seguridad

5.3. Mantenimiento

5.3.1. Detección de fugas

Cuando se crea que un sistema tiene fugas debe verificarse la totalidad del mismo, marcándose las fugas constatadas para su rectificación. Nunca debe suponerse que un sistema tiene una sola fuga. Cabe notar que las “lámparas de halón” tradicionales no pueden utilizarse con los HFC, por cuanto exigen la presencia de cloro para producir una llama de color. La detección puede efectuarse electrónicamente, muchos sensores utilizan el “diodo calentado” o “descarga de corona” como método de detección. Estos sensores han sido ajustados para medir el contenido de cloro. Con la introducción de los HFC a base de fluor, el cloro ha sido eliminado por completo. Hacen falta aproximadamente 120 partes de fluor para igualar una parte de cloro. Por consiguiente, es necesaria mucha amplificación para producir una señal de alarma fiable.

Muchos de los detectores de fugas electrónicos que se producen actualmente no tienen la sensibilidad para detectar fugas de HFC. Por otro lado, existen detectores de fugas electrónicos especiales que pueden utilizarse.

5.3.2. Fugas de refrigerante

El refrigerante en un sistema de refrigeración nunca se consume totalmente. Si se ha determinado que la cantidad de refrigerante de un sistema está bajo, debe verificarse si el sistema tiene fugas, seguidamente repararlo y recargarlo. Hay varios problemas que pueden plantearse en un sistema que tendrían los mismos síntomas que una fuga de refrigerante, por ejemplo, el ventilador, el compresor y diversos mandos podrían estar funcionando pero el sistema no enfría, determínese siempre las posibilidades antes de proceder a la recarga de refrigerante. Una carga de refrigerante que ha disminuido es signo probable de fugas, agregar refrigerante sin localizar primero las fugas y subsanarlas constituye una solución temporal, costosa, incorrecta desde el punto de vista ambiental y no rectificará de manera permanente la dificultad. Hay que tratar de determinar donde se produce la fuga antes de recuperar refrigerante para evitar contaminar el aire circundante

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

con el refrigerante de un sistema recientemente abierto. La presencia de aceite alrededor de una junta de la tubería indica habitualmente que hay fugas pero no hay que considerar esto un factor determinante. Verifique siempre el área con un detector de fugas.

5.3.3. Posibles causas de las fugas

Toda fuga de refrigerante es provocada por una falla del material. El mecanismo que crea la falla de material es atribuible normalmente a uno o más de los siguientes factores:

- **Vibración:** la vibración es un factor importante en la falla de material y es responsable del “endurecimiento” del cobre, la desalineación de las selladuras, el desajuste de piezas de sujeción, etc.
- **Cambios de Presión:** los sistemas de refrigeración dependen de los cambios de presión para su funcionamiento. El régimen de cambio de presión tiene diferentes efectos sobre los diversos componentes del sistema, lo cual resulta en esfuerzos de material por expansión y contracción diferencial del mismo.
- **Cambios de temperatura:** los sistemas de refrigeración constan frecuentemente de materiales diversos de diferentes espesores de pared. Los rápidos cambios de temperatura resultan en esfuerzos de material por expansión y contracción diferencial del mismo.
- **Desgaste por fricción:** hay muchos casos de desgaste por fricción que provocan falla del material y pueden deberse tanto a un trabajo mal hecho en la tubería fija como a las empaquetaduras de los tubos.
- **Selección incorrecta del material:** en varios casos se han seleccionado materiales que son inapropiados; por ejemplo, ciertos tipos de manueras flexibles adolecen de una incidencia de fugas conocida y se han utilizado materiales que se sabe fallan en determinadas condiciones de vibración, presión transeúnte y cambios de temperatura.
- **Accidentes:** esto se produce raramente pero hay que tener cuidado de proteger los sistemas presurizados de posibles accidentes.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

5.3.4. Determinación de daños y reparación

Problema	Causa	Solución
Problema 1. La unidad no funciona.	Fusible quemado	Reemplazo del elemento. Verificar la toma de corriente con el voltímetro, debe tener entre más o menos el 10% de la corriente nominal. Si el circuito está sobrecargado, reduzca la carga o haga instalar un circuito separado al electricista. Si no se puede remediar de otra manera, instalar un auto transformador.
	Ruptura del control del motor o de la temperatura.	Colocar un puente en las terminales de control. Si la unidad funciona y las conexiones están apretadas, reemplace el control.
	Ruptura del relé.	Verifique el relé, reemplazándolo si es necesario.
	Ruptura del compresor.	Verifique el compresor, reemplazándolo si es necesario.
	Ruptura del control de sobrecarga.	Verifique este control, reemplazándolo si es necesario.
	Cable de servicio defectuoso.	Verifique con una lámpara piloto en la unidad; si no hay corriente en la toma, reemplácela o repárela.
	Ruptura de conductores de	Repare o reemplace los conductores defectuosos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

	compresores, temporizadores o control de frío.	
	Válvula solenoide cerrada.	Verificar la bobina, la corriente y revisar funcionamiento físico
	Falta de refrigerante.	Verificar el sistema, repare, evacue y recargue el sistema.
Problema 2 Área de refrigeración demasiado caliente.	Puertas o ventanas abiertas.	Dar indicaciones al usuario.
	Sobre carga de producto, bloqueo de circulación del aire frío.	Dar indicaciones al usuario.
	Ingreso de productos más calientes para el diseño inicial.	Dar indicaciones al usuario.
	Falta sello en puertas o ventanas.	Ajuste de puertas o ventanas.
	Luz interna encendida.	Dar indicaciones al usuario o verificar el sistema de iluminación.

	Error en la programación de temperatura en el controlador	Verificación y corrección parámetros según la aplicación del diseño.
	Los ventiladores no funcionan correctamente.	Verifique y corrija la conexión eléctrica y el mecanismo del ventilador.
	Bloqueo con hielo del evaporador.	Verificar periodos y tiempos de descongelación y corregir.
	Falta de refrigerante.	Verificar fugas, repare, evacue y recargue el sistema.
	El condensador está sucio o sus ductos están obstruidos.	Limpiar el condensador y los ductos.
Problema 3 Área de refrigeración demasiado fría.	Error en la programación de temperatura en el controlador.	Verificación y corrección de parámetros según la aplicación del diseño.
	Defecto en el controlador.	Verifique el control. Reemplazar si es necesario.
	Deficiencia en el dispositivo de expansión.	Revisar el dispositivo, recalibrarlo o cambiarlo si es necesario.

Problema 4 La unidad funciona continuamente.	Área de refrigeración demasiado caliente.	Ver punto número 2. Verificar la falla y solucionar
	Indicador de presión defectuoso.	Reparar o reemplazar.
	Capacidad del condensador reducida por sobrecarga de refrigerante acompañada de presión de descarga elevada.	Eliminar exceso de refrigerante.
Problema 5 El compresor funciona de modo intermitente.	Condensador atascado o sin ventilación. Falta de refrigerante.	Limpiar el condensador y despejar su área. Verificar fugas, repare, evacue y recargue el sistema
	El diferencial del termostato es demasiado pequeño.	Reajustar.
	Válvula de aspiración cerrada o	Abrir.

ahogada.		
Problema 6 Funcionamiento ruidoso del sistema.	Piso flojo o sin firmeza del equipo.	Afirmar el piso y comprobar que el equipo esté nivelado.
	La tubería esta suelta o entra en contacto con otros elementos.	Verificar la instalación y corregir la sujeción o la ruta de tubería.
	Ventiladores en contacto con otros elementos.	Despejar el sistema.
Problema 7 La unidad funciona en ciclo de sobrecarga.	Ruptura del relé.	Reemplazo del relé.
	Protector de sobrecarga insuficiente.	Reemplazar el protector de sobrecarga.
	Bajo voltaje.	Verificar el voltaje, revisar si hay cargas adicionales no tenidas en cuenta, revisar capacidades de los cables y longitudes para corregir la instalación.
Problema 8 compresor sobrecalentado.	válvula rota	Reemplace el motocompresor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Falta de aceite.	Agregue aceite, si la unidad sigue sin funcionar reemplace el compresor.
Compresor atascado.	Agregue aceite, si la unidad sigue sin funcionar reemplace el compresor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

5.4. Trabajo futuro

La tecnología cada vez va avanzando, estamos en un mundo en el que día a día nos exige estar innovando y creando no solo cosas nuevas sino también conocimiento. La ingeniería es una rama que cada vez va evolucionando y estamos en un punto en el que buscamos perfección cada vez a puntos más altos, por ende es necesario que en la universidad se sigan realizando trabajos de innovación e investigación y que se siga explotando la capacidad e ir evolucionando cada vez a niveles mucho más exigentes.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- Alarcon Creus, J. (1998). *Tratado practico de refrigeracion automatica* . Mexico : Marcombo.
- Buqué, F. (2007). *Manuales practicos de refrigeracion*. Marcombo.
- Danfoss. (2018). Recuperado el 29 de 06 de 2018, de <http://www.reld.com.ar/Info%20Tecnica/VALVULAS/DANFOSS/Valv%20Termostaticas.pdf>
- Danfoss. (2018). Recuperado el 28 de 06 de 2018, de www.danfoss.com
- Danfoss. (2018). *TechnicalInfo*. Recuperado el 29 de 06 de 2018, de <http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/RD8AE605.pdf>
- Efinox. (2018). Recuperado el 28 de 06 de 2018, de <https://www.efinox.com/termometros-digitales/8444-termometro-digital-xt11s-24v-2d-difri-2400000023456.html>
- Embajadores Electronica. (2018). Recuperado el 27 de 06 de 2018, de <https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/IPDDVAW/instrumentos-de-panel/instrumentos-digitales/instrumento-panel-digital-voltmetro-amperimetro-vatimetro>
- Embraco. (01 de 1996). Recuperado el 30 de 06 de 2018, de <http://www.embraco.com/DesktopModules/DownloadsAdmin/Archivos/aTWNTwXGcE.pdf>
- Embraco. (2018). Recuperado el 30 de 06 de 2018, de <http://www.embraco.com/DesktopModules/DownloadsAdmin/Archivos/aTWNTwXGcE.pdf>
- Forocoches. (29 de 06 de 2018). Recuperado el 29 de 06 de 2018, de <https://m.forocoches.com/foro/showthread.php?t=4891712>
- Hernandez, E. (2018). *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeracion* . Limusa.
- Johnson, W., & Whitman, W. C. (2006). *Tecnologia de la refrigeracion y aire acondicionado*. Mexico: Thomson Parainfo.
- Kosim. (2016). Recuperado el 29 de 06 de 2018, de <http://www.kosim.cl/images/R134A-Ficha%20Tecnica.pdf>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ortiz, J. D. (2018). *Refrigeracion Domestica y Comercial*. Medellin: Sena.

Siemens. (2017). *Solid Edge:Siemens PLM software*. Recuperado el 14 de Marzo de 2018, de <https://www.plm.automation.siemens.com/es/products/solid-edge/>

Stoecker, E. (1965). *Refrigeracion y acondicionamiento de aire*. Mexico: McGraw-Hill.

Tecumseh. (2018). Recuperado el 29 de 06 de 2018, de <http://www.tecumseh.com/en/United-States/Products/Reciprocating-Compressors/AJE4461YXA?fromsearch=1>

Torrella, E., Navarro, J., López, R., & Gómez, F. (2005). *Manual de climatizacion* . Mexico: AMV ediciones .

Whitman, W., & Johnson, W. (2016). *Tecnologia de la refrigeracion y aire acondicionado tomo IV*. Mexico: Thomson learning.

ANEXOS

General

Evaporating Temp. Range:	-15°C to 15°C (5°F to 59°F)
Motor Torque:	High Start Torque (HST)
Compressor Cooling:	Fan

Mechanical

Weight:	20
Weight Unit of Measure:	KG
Displacement (cc):	18.3
Oil Type:	Polyolester
Viscosity (cSt):	32
Oil Charge (cc):	782

Electrical

Voltage Range (50 Hz):	90-110
Voltage Range (60 Hz):	103-127
Locked Rotor Amps (LRA):	46
Rated Load Amps (RLA 50 Hz):	9.4
Rated Load Amps (RLA 60 Hz):	9
Max. Continuous Current (MCC in Amps):	13.6
Motor Resistance (Ohm) - Main:	.7
Motor Resistance (Ohm) - Start:	5
Motor Type:	CSIR
Overload Type:	N/A
Relay Type:	N/A

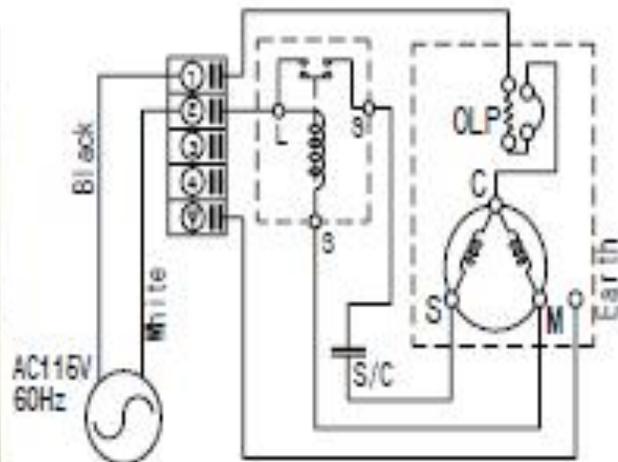
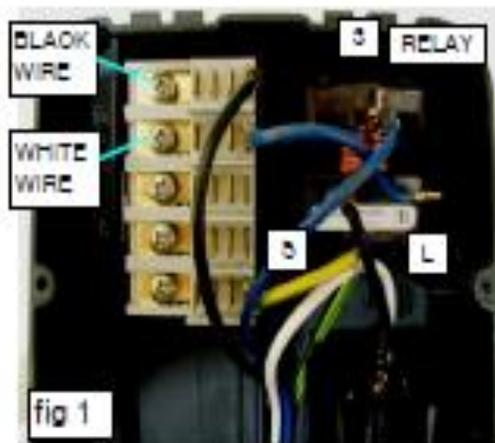
Anexo 1. Datos técnicos compresor.

(Tecumseh, 2018)



- * Comp. Winding Resistance :
 $O - M \rightarrow 0.7\Omega$, $O - S \rightarrow 4.5\Omega$ (RT 68°F)
- * O.L.P Winding Resistance : $I - O \rightarrow 0\Omega$ (OK), $\infty\Omega$ (NG)
- * Relay Winding Resistance : $L - S \rightarrow 0\Omega$ (OK), $\infty\Omega$ (NG)
 $L - S \rightarrow \infty\Omega$ (OK)

* Measuring the resistance, the bottom of the relay must be downward(like fig1)



(COMP. WIRING DIAGRAM)

Anexo 2. Control del compresor. Diagrama esquemático de conexiones.

EBCHQ Digital Voltage-Current-Frequency Combined Meter Operational Instruction Manual

Chapter 1. General Introduction

1.1 Usage

This digital display UIF combined meters are a new generation of programmable intelligent instruments, which are mainly used in the real-time measurement and indication on the voltage, current and frequency of electric wiring and display the virtual value of voltage, current and frequency through three-row nixietube at the same time.

1.2 Features

- Adopt SMT product techniques, compact circuit, high reliability;
- AC sampling, RMS measuring mode, wave distortion doesn't effect the accuracy rate;
- Display multiply power is programmable and apply to transformer with several specifications.
- Setting function of digital filtering time
- Unique method of installation, can complete the installment easily without tool;
- With performance of intelligent meters, price of common meters, high cost performance.

Chapter 2. Product specification

Unit: mm

Instrument type	Panel dimension		Case dimension			Hole cutout dimension	
	W	H	W	H	D	W	H
AOB294Z-9X4-UIF	96	96	91	91	80	92	92

Chapter 3 Technical Parameters

3.1 Measuring display range of voltage:

Direct measurement: AC 0 ~ 500V

Additional installment: AC 0 ~ 9999kV

(Any value/100V potential transformer additional)

3.2 Measuring display range of current:

Direct measurement: AC 0 ~ 5A

Additional installment: AC 0 ~ 9999A

(Any value/5A current transformer additional)

3.3 Measuring display range of frequency: 40 ~ 70Hz

3.4 Accuracy rating: $\pm 0.5\%FS \pm$ two digits

3.5 Sampling rate: adjustable

3.6 Display Mode: three-row four-bit LED nixietube display

3.7 Display resolution: last one digit

3.8 Input circuit consumption: <math>< 0.5VA/phase</math>

3.9 Auxiliary power supply: AC 220V or AC110V

3.10 Auxiliary supply consumption: <math>< 5VA</math>

3.11 Operational environment: places free of gas corruption with temperature of -10~50°C, and relative humidity $\leq 85\%RH$.

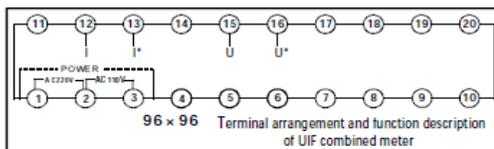
Chapter 4 Installation and connection

4.1 Method of installation

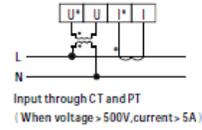
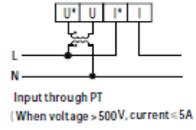
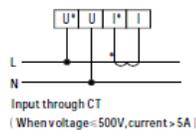
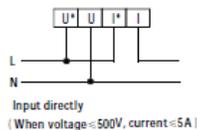
Choose the corresponding hole cutout dimension according to the instrument dimension from the table above, open a hole in the installation screen, embed instruments into the hole, put the two clamping pieces into the clamping groove, push and tighten it by hand.

4.2 Description of Wiring and terminal

(Attention: If it is not the same with the wiring schema of the instrument case, please accord to the one of instrument case.)



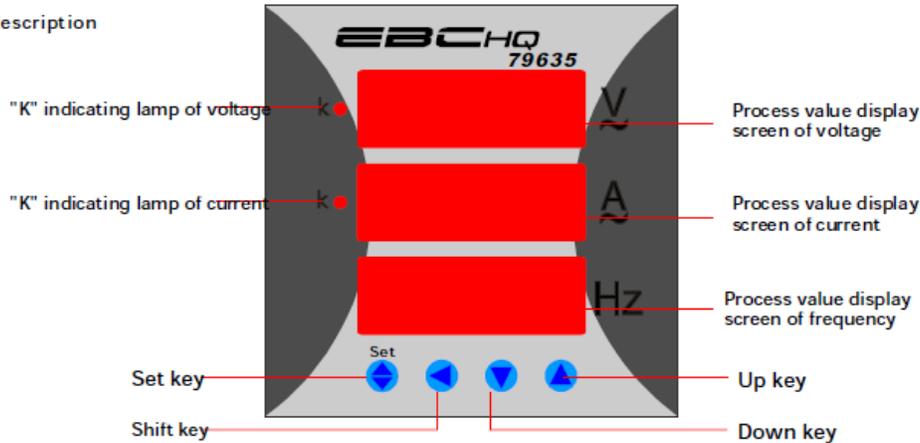
4.3 Signal input mode



Anexo 3. Características voltímetro-amperímetro

Chapter 5 Programming and Usage

5.1 Panel description



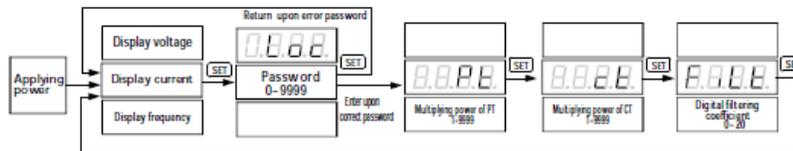
5.2 How to operate

Note: If k indicating lamp is on, the unit has been switched to kA (or kV)

Enter programming status by pressing down SET key. The operational flowchart is as following:

Explanations: 1. Password to enter menu is 503

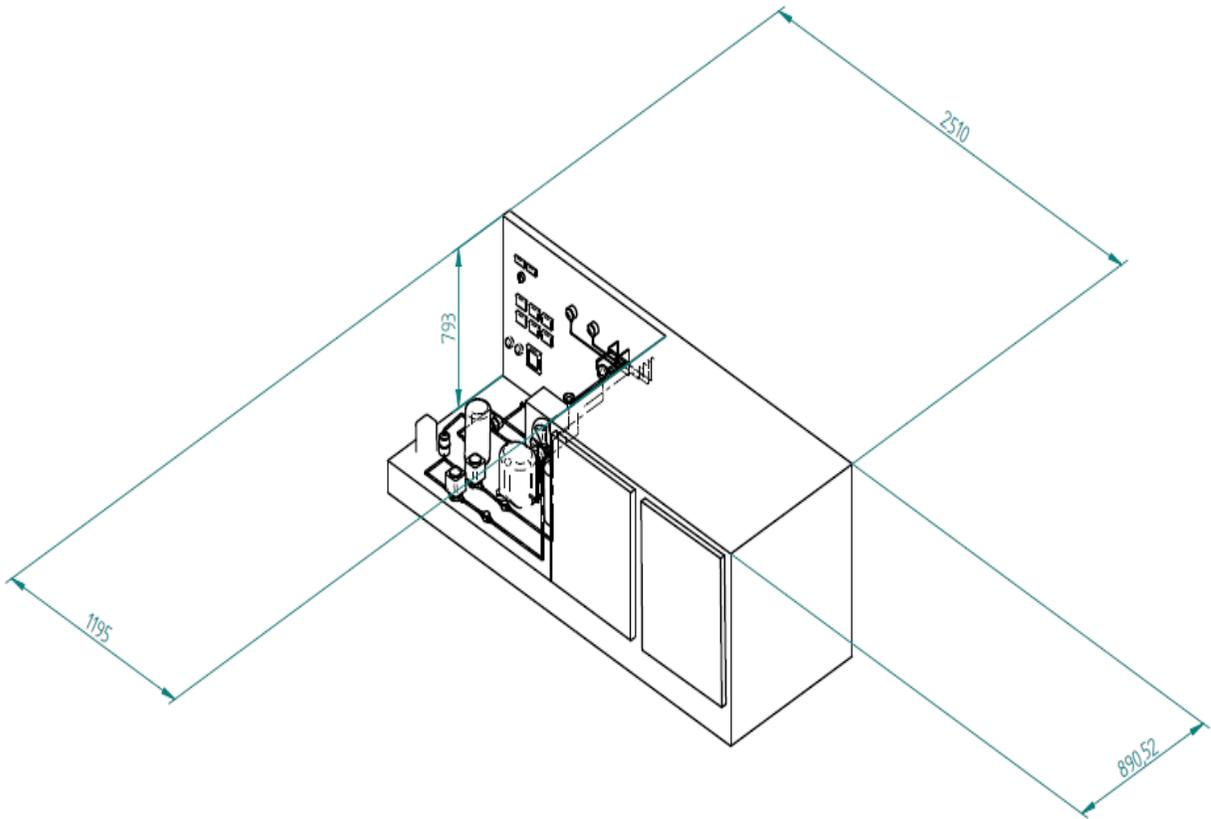
2. under the parameter display status, the multiplying power of transformer and digital filtering coefficient can be set and it will return to measuring value display status automatically if there is no key action for 60s under the programming status.



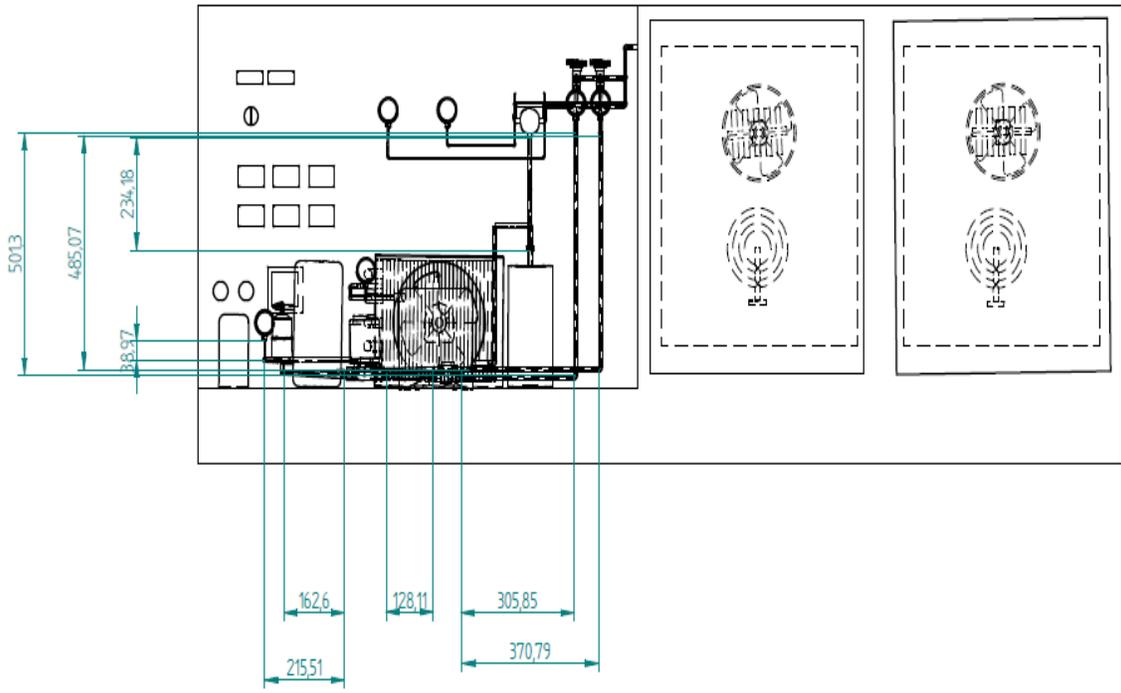
5.3. Programming parameter specification

Serial number	Parameter code	Parameter name	Setting range	Description
1	8.8.8.8	The multiplying power of potential transformer Pt	1 ~ 9999	Setting value of multiplying power= (voltage value of primary circuit of transformer)/(voltage value of secondary circuit) The multiplying power should be set as 1 when there is no potential transformer.
2	8.8.8.8	The multiplying power of current transformer Ct	1 ~ 9999	Setting value of multiplying power= (current value of primary circuit of transformer) (current value of secondary circuit. The multiplying power should be set as 1 when there is no current transformer.
3	8.8.8.8	Digital filtering coefficient FilT	0 ~ 20	It is for setting the multiplying power of current transformer in the instrument current input circuit. Setting value of multiplying power= (current value of primary circuit of transformer)/(current value of secondary circuit, after setting, the instrument indicating value will be calculated according to the current value of current transformer's primary circuit and the multiplying power should be set as 1 when there is no current transformer.

Anexo 4. Características voltmetro-amperimetro.

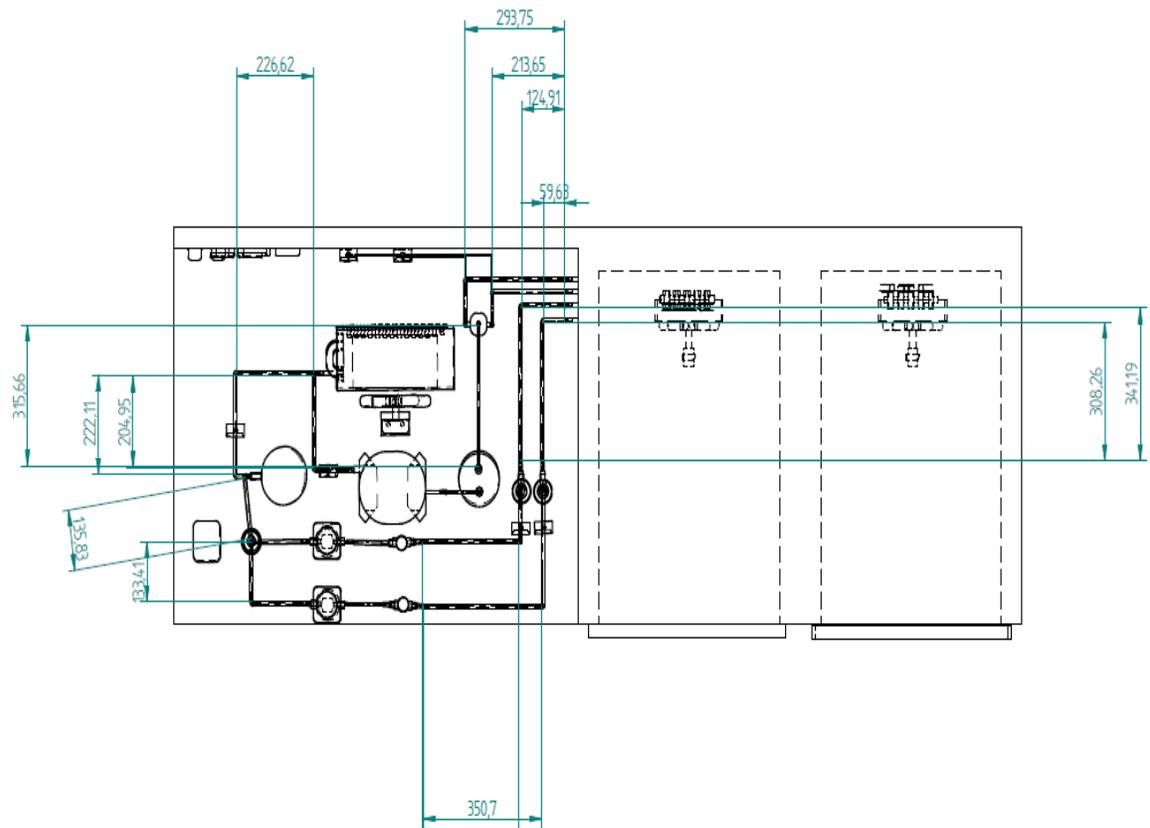


Anexo 5. Dimensiones banco de refrigeración y congelación.

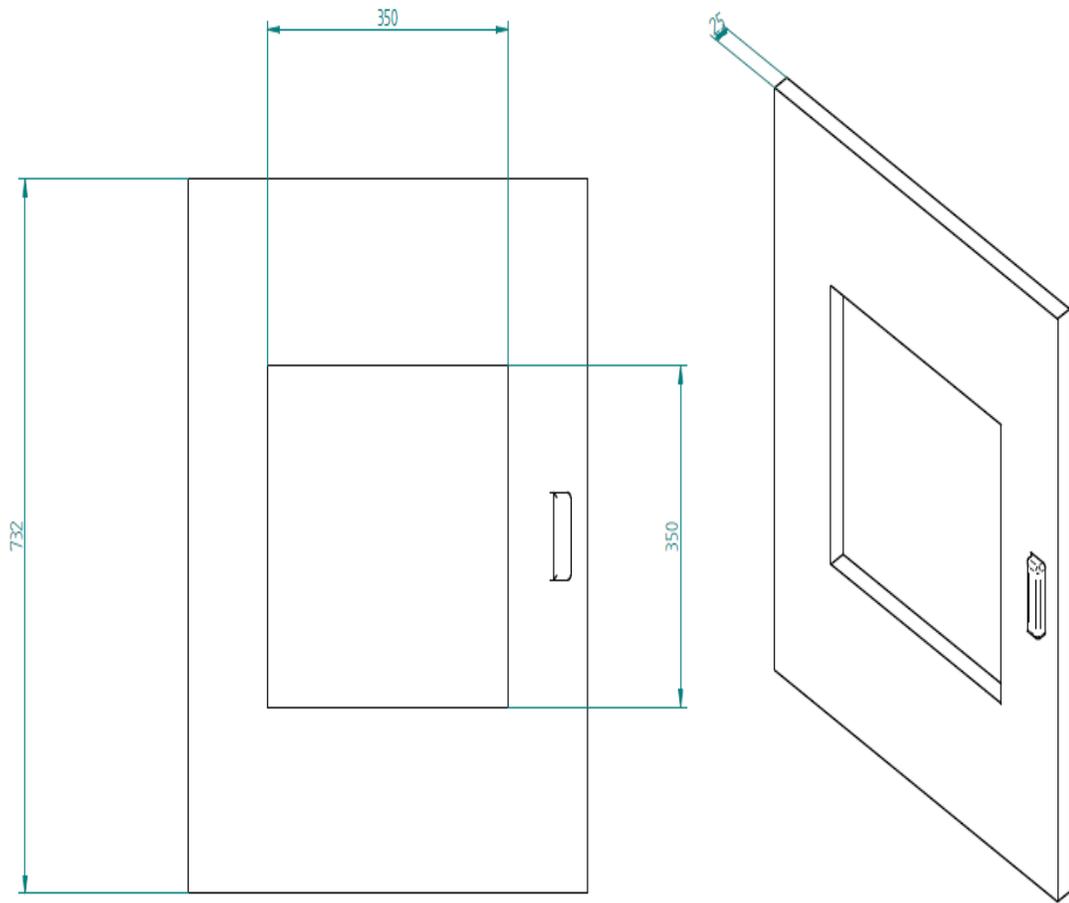


Anexo 6. Dimensiones tubería. Vista frontal.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Anexo 7. Dimensiones tubería. Vista superior.



Anexo 8. Planos puerta.



COTIZACIÓN

A/8465

INVERPRIMOS S.A.S. NIT: 800.222.648-7

MEDELLIN:	ventasmedellin@inverprimos.com	(4)360 44 40	Calle 14 Sur No 51c-05
BOGOTÁ:	ventasbogota@inverprimos.com	(1)482 33 79	Carrera 36 No 19D-44
CALI:	ventascali@inverprimos.com	(2)382 77 56	Calle 58 No 1N-85
BARRANQUILLA:	ventasbarranquilla@inverprimos.com	(5)311 10 31	Calle 44 No 41-45
BUCARAMANGA:	ventasbucaramanga@inverprimos.com	(7)691 79 88	Carrera 21 No 28-76

Fecha:	13/07/2018
Vigencia:	21/07/2018
Forma de Pago:	EFFECTIVO
Cliente:	REPUESTOS, PARTES Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCION	MODELO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	ODTO%	COSTO TOTAL
1	RELOJ ALTA R22-12-134a-404A MAST	MRH	2	\$18.571,43	0	\$37.143,00
2	RELOJ BAJA R22-12-134a-404A MAST	MRL	4	\$18.571,43	0	\$74.286,00
3	TERMOM DIG CUADRADO -40/70oC	TPM-10	6	\$6.218,49	0	\$37.311,00
4	TUB RIGIDA L 3/8 x 1m (1/4 INT)	31A701221003240	6	\$5.798,32	0	\$34.790,00
5	TUB FLEX 1/4 x 1m (ROLLO x 15m)	3311012210072401	15	\$3.697,48	0	\$55.462,00
6	RUBATEX 3/8 x 1/2	RU3/8X1/2	1	\$3.361,34	0	\$3.361,00
7	SOLD PLATA 0% VARILLA .050x1/8x19		1	\$1.092,44	0	\$1.092,00
8	GAS MAPP 1Lb		1	\$20.252,10	0	\$20.252,00

Observaciones:	SUB TOTAL:	\$263.697
	IVA:	\$50.103
	TOTAL:	\$313.800

Atte, JAIME CADAVID

13/07/2018 9:47:44

Tiempos de entrega sujetos a disponibilidad de inventario - Los precios pueden cambiar sin previo aviso.
LA MAS COMPLETA GAMA EN EQUIPOS Y REPUESTOS PARA REFRIGERACIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y LÍNEA BLANCA

Anexo 9. Cotización elementos de refrigeración. Proveedor: Partes y repuestos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Elemento	Cantidad	\$ precio unitario	\$ total	Nombre del lugar	Telefono
manómetro alta MRH x 6	6	18571,43	37143	inverprimos s.a.s	3604440
manómetro baja MRL x 4	4	18571,43	74286	inverprimos s.a.s	3604440
termómetro digital TPM-10 x 6	6	6218,49	31311	inverprimos s.a.s	3604440
tubería rígida tipo I 3/8 x 1m	6m	5798,32	34790	inverprimos s.a.s	3604440
tubería flexible 1/4 x 1m (rollo por 15m)	15m	3697,48	55462	inverprimos s.a.s	3604440
rubatex 3/8 x 1/2	1	3361,34	3361,34	inverprimos s.a.s	3604440
soldadura de plata	1	1092,44	1092,44	inverprimos s.a.s	3604440
gas mapp 1lb	1	20252,1	20252	inverprimos s.a.s	3604440
Resistencia eléctrica/ 1000 W	1	19800	19800	Almacen Fogón Eléctrico	2311072
Potenciómetro		45000	45000	C.C. La cascada	
acrílico 15mm espesor, 350mm x 350mm	1	95000	95000	Acrilicos omira	3001184666
Voltmetro-Ampermetro digital	1	172000	172000	Allcomercial	4486963
Costo total:			589497,78		

Anexo 10. Lista de precios.

