



Construcción de un banco de práctica para el estudio del ciclo de refrigeración por compresión de vapor para la sede sur de la Universidad Antonio Nariño

**Francisco Javier Rivera Peña
Cristian Camilo Castillo Celis**

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá, Colombia
2021

Construcción de un banco de práctica para el estudio del ciclo de refrigeración por compresión de vapor para la sede sur de la Universidad Antonio Nariño

Francisco Javier Rivera Peña
Cristian Camilo Castillo Celis

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electromecánico.

Director (a):
Ingeniero John Fredy Ríos

Línea de Investigación:
Proyectos de ayudas educativas o de diseño y construcción de equipos que tengan por finalidad mejorar la docencia, la industria o la salud

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá, Colombia
2021

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRONICA Y BIOMEDICA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA

TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

TITULO

Construcción de un banco de práctica para el estudio del ciclo de refrigeración por compresión de vapor para la sede sur de la universidad Antonio Nariño.

Fecha de inicio del trabajo: Febrero del 2021

Fecha de terminación del trabajo: Mayo del 2021

Aceptación y autorización para sustentar:

Autor: Francisco Javier Rivera Peña

Cristian Camilo Castillo Celis

Director: Ing. John Fredy Ríos

A Dios por hacernos parte de sus planes y permitirnos caminar por los senderos del conocimiento y búsqueda de la mejora continua; a nuestros padres, y su esfuerzo por enfocarnos en ser útiles a las sociedad, y quienes siempre con orgullo en sus ojos nos ven tomar decisiones y hacernos cargo de nuestras vidas; A la academia, la cual con cada reto nos anima a ser una mejor versión, nos enseña a ser mejores profesionales y mejores ciudadanos, nos prepara para un camino lleno de retos, a los cuales tendremos que dar solución. A parientes, compañeros y amigos quienes creen en nosotros nos apoyan y nos enseñan de la vida, quienes siempre con una cara amable están dispuestos a escuchar y motivar.

Resumen

El proyecto define cómo se realiza la construcción de un banco de práctica para explicar el funcionamiento del ciclo termodinámico de refrigeración por compresión de vapor, que permita reforzar el tema conceptual, y contribuya supliendo la necesidad que tiene la Universidad Antonio Nariño en la sede sur Bogotá, la ausencia de elementos para la práctica que expliquen el funcionamiento de los ciclos térmicos. Este documento presenta el proceso de construcción del banco en mención, desde la concepción de la idea, hasta su materialización, puesta en marcha, pruebas de funcionamiento, el paso a paso en cuanto a implementación y los materiales que se requieren para su construcción. Los resultados obtenidos ayudarán al estudiante a entender de manera práctica el funcionamiento del ciclo de refrigeración expuesto.

En el desarrollo del proyecto se obtiene resultados de temperaturas en diferentes partes del ciclo así como las presiones, se generan gráficos donde se analiza el comportamiento de las temperaturas durante el funcionamiento del banco de refrigeración. Se desarrollan dos pruebas una con el compartimiento vacío y la otra con una carga térmica en este caso agua a temperatura ambiente, así mismo se desarrollan guías de laboratorio y se da una breve introducción al software de SITRAD.

Palabras clave: Ciclos térmicos, termodinámica, congelador, refrigeración, entalpía, presión, temperatura

Abstract

The project defines how the construction of a practice bench to explain the operation of the thermodynamic cycle of refrigeration by vapor compression is performed to reinforce the conceptual issue, and contribute supplanting the need that has the Antonio Nariño University in the south Bogotá headquarters, the absence of elements for practice that explain the operation of thermal cycles is performed. This document presents the construction process of the bench mentioned, from the conception of the idea to its materialization, start-up, operation tests, step by step in terms and implementation and the materials required for its construction. The results obtained will help the student to understand in a practical way the operation of the refrigeration cycle exposed.

In the development of the project results of temperatures in different parts of the cycle are obtained, as well as pressures, graphs are generated where the behavior of temperatures during the operation of the refrigeration bank is analyzed, two tests are developed one with the empty compartment and the other with a thermal load in this case water at room temperature, also laboratory guides are developed and a brief introduction to SITRAD software is given.

Keywords: Thermal cycles, thermodynamics, freezer, refrigeration, enthalpy, pressure, temperature

Contenido

Resumen	VII
Lista de figuras	XII
Lista de tablas	XIV
Lista de Símbolos y abreviaturas	XV
Introducción.....	1
1 Antecedentes.....	5
1.1 Objetivos	6
1.1.1 Objetivo general.....	6
1.1.2 Objetivos específicos	6
1.2 Alcance	7
1.3 Metodología	7
1.3.1 Planeación:.....	8
1.3.2 Construcción:.....	9
1.3.3 Puesta en marcha:.....	11
2 Marco teórico.....	13
2.1 Estudio del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.....	13
2.2 Balance de energía en ciclos termodinámicos.....	15
2.3 Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor	16
2.3.1 Ciclo De Carnot Invertido	16
2.3.2 Ciclo Ideal De Refrigeración Por Compresión De Vapor	18
2.3.3 Ecuaciones	20
2.3.4 Descripcion del ciclo en un refrigerador comercial.	21
2.4 Análisis equipos comerciales.....	21
2.4.1 ET 915 Sistema de prácticas HSI marca GUNT	22
2.4.2 Cámara de enfriamiento marca DIKOIN.....	23
2.4.3 Banco de refrigeración - INSUR.....	24
2.4.4 Comparativo de equipos comerciales.	25
2.4.5 Conclusiones Sobre Equipos Comerciales	27

X	Construcción de un banco de practica para el estudio del ciclo de refrigeración por compresión de vapor para la sede sur de la Universidad Antonio Nariño.	
<hr/>		
2.5	Elección del refrigerante	27
2.6	Criterios Para Construcción Del Banco	34
3	Desarrollo.....	35
3.1	Cálculos y dimensionamiento de los componentes.	35
3.1.1	Cálculo para potencia de refrigeración de 500 w.	35
3.1.2	Calculo para potencia de refrigeración de 800 w.	36
3.1.3	Análisis cálculos.	38
3.2	Componentes del sistema.....	38
3.2.1	Compresor:	38
3.2.2	Evaporador:.....	41
3.2.3	Condensador:.....	42
3.2.4	Método de expansión:	44
3.3	Elección del sistema de adquisición de datos	48
3.4	Estructura y dimensionamiento asistido mediante CAD.	51
3.5	Desarrollo guías de práctica.....	56
3.5.1	Guía de practica No 1 Elaboración del diagrama de Mollier T-s y P-h del ciclo simple de refrigeración.....	56
3.5.2	Guía de practica No 2 Determinación del coeficiente de operación del ciclo de refrigeración.....	56
3.5.3	Guía de practica No 3 Estudio y corrección de fallas modificando válvula de expansión.	56
4	Montaje y puesta en funcionamiento del conjunto.....	58
5	Análisis de resultados.	66
5.1	Prueba 1:.....	66
5.1.1	Análisis del ciclo:.....	66
5.2	Prueba 2.....	68
5.2.1	Análisis del ciclo:.....	68
6	Conclusiones y recomendaciones	71
6.1	Conclusiones	71
6.2	Recomendaciones	73
7	Bibliografía.....	75

A. Anexo: Guías de práctica	77
B. Anexo: Instructivo de operación y mantenimiento	79
C. Anexo: Planos.	80

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1:	Ciclo de potencia, ciclo de refrigeración por compresión de vapor. 14
Figura 2-2:	Ciclo de refrigeración, ciclo de refrigeración por compresión de vapor. ... 15
Figura 2-3:	Ciclo invertido de Carnot. 17
Figura 2-4:	Diagrama (T-S) ciclo invertido de Carnot..... 17
Figura 2-5:	Diagrama (T-S) ideal ciclo de refrigeración por compresión de vapor..... 18
Figura 2-6:	Ciclo 4 Evaporación. 19
Figura 2-7:	Diagrama general refrigerador de escarcha. 21
Figura 2-8:	ET 915 Sistema de prácticas HSI marca GUNT. 22
Figura 2-9:	Diagrama funcionamiento HSI marca GUNT. 22
Figura 2-10:	RF 01.1 -Cámara De Enfriamiento marca DIKOIN. 23
Figura 2-11:	Banco de refrigeración – INSUR. 24
Figura 2-12:	Propiedades físicas del refrigerante R600a 29
Figura 2-13:	Thermophysical Properties of Refrigerants CAP 30..... 31
Figura 2-14:	Thermophysical Properties of Refrigerants CAP 30..... 32
Figura 2-15:	Thermophysical Properties of Refrigerants CAP 30..... 33
Figura 3-1:	Compresor Tecumseh 1/5 hp refTA1360 R600. 39
Figura 3-2:	Ficha técnica compresor TECUMSEH compresor implementado. 40
Figura 3-3:	Evaporador serpentín 1/5 marca THERMOCOIL..... 41
Figura 3-4:	Condensador 1/5 tubular marca Thermo-coil..... 42
Figura 3-5:	Control y válvula expansión electrónica ref. xv1025e. 44
Figura 3-6:	Válvula expansión termostática marca DANFOSS ref. TGX R22/R407. 45
Figura 3-7:	Método de expansión por reducción de área en tubería. (Capilar)..... 47
Figura 3-8:	Filtro de línea eliminador de humedad..... 47
Figura 3-9:	Control full gauge TC-900E log. 49
Figura 3-10:	Conexión de comunicación SITRAD elementos e interfaz. 50

Figura 3-11:	Boceto banco de refrigeración.....	51
Figura 3-12:	Componentes del banco de refrigeración.....	52
Figura 3-13:	Compresor realizado en SOLIDWORKS.....	53
Figura 3-14:	Condensador generado mediante SolidWorks.....	53
Figura 3-15:	Evaporador generado mediante SOLIDWORKS.....	54
Figura 3-16:	Estructura mediante SOLIDWORKS.....	54
Figura 3-17:	Recinto nevera generado mediante SOLIDWORKS.....	55
Figura 3-18:	Tablero eléctrico mediante SOLIDWORKS.....	55
Figura 4-1:	Estructura del proyecto.....	58
Figura 4-2:	Presentación de equipos.....	59
Figura 4-3:	Soldadura tubería de cobre.....	60
Figura 4-4:	Soldadura tubería de Condensador.....	60
Figura 4-5:	Presurización con nitrógeno.....	61
Figura 4-6:	Circuito presurizado a 100 Psi con nitrógeno.....	62
Figura 4-7:	Proceso de vacío a circuito.....	62
Figura 4-8:	Vacuómetro. (Mic).....	63
Figura 4-9:	Banco de refrigeración ensamble final de componentes.....	64
Figura 4-10:	Delta de temperaturas al final del proceso.....	65
Figura 4-11:	Registro de temperatura SITRAD.....	65
Figura 5-1:	Prueba 1 Banco de refrigeración sin registro de datos.....	67
Figura 5-2:	Prueba de banco de refrigeración con habitáculo vacío.....	68
Figura 5-3:	Prueba carga recipiente 1, 5 L de agua a 17° C.....	69
Figura 5-4:	Registro general pruebas en banco de refrigeración.....	69
Figura 5-5:	Grafico de resultados Prueba 2. Temperatura (°C) vs Tiempo (s).....	70
Figura 5-6:	Prueba 2 Carga térmica recipiente con agua a temperatura ambiente...70	

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Análisis bancos de refrigeración comerciales.....	25
Tabla 2-2: Tabla temperatura- presión, del refrigerante R600a.....	30
Tabla 3-1: Calculo ciclo ideal para 500 Watt de refrigeración.....	35
Tabla 3-2: Calculo ciclo ideal para 800 Watt de refrigeración.....	36

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI
L	Litro	L
\dot{Q}_L	Cantidad de calor extraído	kW
\dot{Q}_H	Cantidad de calor rechazado	kW
\dot{m}	Flujo másico	kg/s
$\dot{w}_{entrada}$	Trabajo del sistema	kW
h	Entalpia	kJ/kg
S	Entropia	$kJ/kg \cdot K$
T	Temperatura	K
P	Presion	N/m^2
s	Segundo	s

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Definición
Δ	Delta (mayúscula)	Variación
Σ	Sigma (mayúscula)	Sumatoria

Superíndices

Superíndice	Término
n	Exponente, potencia

Abreviaturas

Abreviatura	Término
COP_R	Coeficiente de desempeño

Introducción

El estudio de fenómenos físicos siempre ha sido pasión de científicos e ingenieros, así como el afán del ser humano por conocer y dominar su entorno, además del fuego los comportamientos en la naturaleza como es el ciclo del agua despiertan aún curiosidad, a sabiendas que muchos ya se conocen, No obstante hay mucho por descubrir, con el pasar de los años surgen nuevas necesidades a la par con la evolución de las civilizaciones, la sostenibilidad de la sociedad es de las más urgentes, las básicas como el alimento y su preservación por el mayor tiempo posible, son prioridad hablando de volumen y disponibilidad, se adhieren las demás necesidades básicas como la salud, en este ámbito la preservación de medicamentos es muy importante, en laboratorios y centros de estudio, en planos secundarios se encuentra el confort térmico, los anteriores casos mencionados tienen como común denominador los procesos de refrigeración, por lo cual este proyecto se enfoca en el estudio de la refrigeración por compresión de vapor que permita realizar algunas prácticas y mejorar el aprendizaje por parte del estudiante al abordar este tema.

Existe otra necesidad en el mundo actual y es la preservación del medio ambiente, aunque se debe entender, la palabra debería ser recuperación. Si bien, el día a día pasa de manera que no permite realizar una revisión a nuestro entorno, existen personas, entidades y naciones que han realizado un alto en el camino y han dejado un precedente con respecto al cuidado del medio, una muestra de ello es el protocolo de Kioto el cual desde el año 1997 fue aprobado, pero hasta el año 2005 entro en vigencia con algunos países a favor y otros no tanto, igual son iniciativas que proponen ayuda a la humanidad, otro protocolo un poco más antiguo es el de Montreal, su adopción desde el año 1987 y con intermitencias, ausencias y retomas ha sido de gran beneficio para el planeta, todo ello suma para que cada día las tecnologías y la cultura del cuidado del entorno mejore y avance en buen camino. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible., 2020).

El proyecto se enfoca con unas bases sólidas que permitan cumplir a cabalidad con los objetivos planteados, pero sin dejar atrás la responsabilidad como ingenieros, como ciudadanos y como habitantes del planeta, interactuando entre el conocimiento adquirido, la aplicación de tecnologías, el compromiso social y el cuidado del medio ambiente.

Persiste un compromiso grande con la academia a favor de mejorar y añadir nuevos conocimientos, más en un mundo que no descansa, la adaptación y apoyo de nuevas tecnologías permite tener pinceladas en el margen de la cuarta revolución industrial, el ser humano ha aprendido a usar el poder y la masificación del vapor, el uso de la energía eléctrica y luego con el surgimiento del internet, ahora el mundo está en la obligación de ser más productivo, más selectivo, trabajar con mayor calidad y como ingenieros la obligación de medir y cuantificar los proyectos, el internet de las cosas ofrece una versatilidad que jamás se pensó, el deber de adaptación ha de ser en tiempo real, por eso se incluye en el proyecto tecnología con capacidad suficiente para contribuir en los procesos de aprendizaje en las aulas.

La cuarta revolución industrial surge para cambiar el planeta tanto en la industria como en la vida de las personas, esta revolución industrial crece de forma exponencial por la velocidad, el alcance y el impacto en los sistemas, esta tiene el objetivo de aumentar los procesos globales y mejorar la calidad de vida de las personas. La cuarta revolución industrial llegó para quedarse y un objetivo del proyecto es aplicar estos cambios industriales e inducir al estudiante al cambio que se está dando. Mediante la automatización que se tiene el banco de refrigeración, utilizando elementos del ciclo que cambian sus parámetros mediante impulsos eléctricos, que son enviados por medio de un software especializado. (SCHWAB, 2020).

Este proyecto se enfocará en darle al estudiante un recurso para que desarrolle un aprendizaje enfocado, no solo dedicado en el conocimiento teórico, sino acompañado de experiencia con la realidad y desarrolle una práctica en un banco adecuado que posibilite una mejor formación para la vida laboral.

El estudiante tiene un acompañamiento sencillo y claro del sistema de refrigeración por compresión de vapor, dándole a conocer los componentes que hacen parte de este sistema, cual es el funcionamiento y el propósito que cumplen en el ciclo. Se desarrollan

unas guías prácticas para que el estudiante haga uso del banco de refrigeración, al igual que se elaboró un manual guía de mantenimiento, para que los docentes que van a guiar las practicas utilicen el equipo de manera óptima y responsable contribuyendo con la vida útil del equipo.

1 Antecedentes

La universidad Antonio Nariño enfrenta retos, uno de ellos es brindar una visual al estudiante sobre la aplicación de fenómenos vistos en el aula, es el caso del laboratorio del área térmica en la sede sur en Bogotá, esta necesidad genera una oportunidad de aplicación directamente en el laboratorio de termo fluidos, no solo por la ausencia de un banco de refrigeración funcional, lo cual permite junto a los proyectos similares que puedan ser realizados en la universidad en años posteriores, dar continuidad a estas aplicaciones y que sean objeto de estudio en materias como mecánica de fluidos y termodinámica aplicada, estos del lado académico, ilustrando también uno de los más grandes ámbitos en la industria como son los sistemas de control térmicos a cualquier nivel, sea en el residencial con un pequeño refrigerador hasta un sistema de refrigeración de precisión en grandes servidores o mega industrias.

En el caso de la universidad Antonio Nariño se han desarrollado varios proyectos con bancos de refrigeración o de aire acondicionado uno de ellos es un trabajo titulado “Diseño, construcción y puesta en marcha de un banco didáctico de refrigeración por compresión mecánica para el aprendizaje de un ciclo termodinámico en fase de conservación y congelación” en el 2012 por Héctor Andrade Perdomo y Fabio Nelson Gutiérrez este proyecto está situado en la sede de buganvillas en Neiva. En la sede sur de Bogotá existe un trabajo de grado titulado “optimización banco de refrigeración de la facultad de ingeniería mecánica de la universidad Antonio Nariño” en el 2017 por Milton Alfonso y Gilmar Quijano, este banco de refrigeración ya obsoleto que fue en su tiempo un trabajo de grado, pero por su estado de deterioro no se encuentra en funcionamiento por fugas que se presentan con el refrigerante. Otros dos proyectos similares es “optimización y actualización del equipo de aire acondicionado tipo Split ubicado en el laboratorio de mecánica automotriz de la universidad Antonio Nariño” en el 2019 elaborado por Fabián Guzmán - Julián Rivera e “implementación del control de temperatura automático para el banco de prueba de ciclos de refrigeración new era

ubicado en el laboratorio de termo fluidos “en el 2015 y elaborado por John Alfonso. (Cardona, 2017), (Nariño, Alonso, & Quijano , Optimizacion de banco de refrigeracion de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Antonio Nariño., 2017), (Nariño, Alonso, & Quijano , Optimizacion de banco de refrigeracion de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Antonio Nariño., 2017).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Construir un banco del ciclo de refrigeración por compresión de vapor, para la realización de prácticas de laboratorio en el área térmica de la Sede Sur de la Universidad Antonio Nariño

1.1.2 Objetivos específicos

- Implementar un banco de refrigeración por compresión de vapor que permita visualizar cada uno de los elementos que componen el ciclo térmico evaporador, compresor, condensador y método de expansión.
- Convertir un equipo de refrigeración doméstico en una unidad didáctica
- Modelar un diseño mediante programas de AutoCAD o SOLIDWORKS donde se especifique las dimensiones y el posicionamiento de cada elemento que se requiere para el funcionamiento del banco de refrigeración.
- Implementar en el banco instrumentos de medida como mínimo datos de presión y/o temperatura, a través de sensores de temperatura (termómetro) y presión (manómetro).
- Elaborar dos (2) guías de práctica con fallas causadas intencionalmente y su corrección.
- Elaborar una (1) guía de práctica de laboratorio donde se estudie el tema del ciclo de refrigeración por compresión de vapor y el comportamiento del refrigerante R600.

- Elaborar un procedimiento de funcionamiento con sus respectivos diagramas eléctricos, manipulación y mantenimiento del banco de refrigeración.
- Aplicar el software SITRAD de la marca full gauge en el banco de refrigeración.

1.2 Alcance

El desarrollo de este proyecto contempla la concepción y puesta en funcionamiento un banco de refrigeración, para ser empleado principalmente en las asignaturas relacionadas con el estudio del área térmica, donde se estudia el ciclo termodinámico de refrigeración. En adición, se realiza entrega de guías de trabajo prácticas para que los estudiantes de estas asignaturas obtengan un aprendizaje en conjunto con la teoría revisada sobre los ciclos de refrigeración.

Del mismo modo se incluirán manuales de uso y mantenimiento, garantizando así su preservación y óptimo funcionamiento.

El banco reposara en talleres de práctica de la sede sur, en espacio con énfasis en sistemas térmicos.

Implementa tecnología de toma captura y registro de datos de temperatura, ambiente y en la parte del ciclo que compete la evaporación, lo cual permitirá realizar monitoreo en tiempo real, acorde con las necesidades actuales de medición y control de procesos.

1.3 Metodología

Gracias al conocimiento adquirido durante la carrera de Ingeniería electromecánica, se tiene una base muy sólida y fundamentada para la construcción del banco propuesto, en principio se ha de organizar el grupo de trabajo conformado por dos personas, allí se plantean ideas que permitan llegar a un procedimiento óptimo y cumplimiento de los objetivos. La estrategia para la implementación del banco se compone de tres grandes pasos fundamentales que son la planeación, la construcción, y la puesta en marcha.

1.3.1 Planeación:

Está integrada con la investigación de aspectos teóricos, antecedentes, historia, explicación y análisis de los fenómenos que en este caso la refrigeración nos compete, fenómenos termodinámicos, análisis de sistemas comerciales que se adapten al proyecto tamaño y capacidad, de esto el equipo base para la construcción del banco, es un refrigerador comercial tipo mini bar, adaptando cada uno de los componentes para su funcionamiento en una estructura que permita su visualización y comportamiento.

- Boceto estructura física:

En este proceso se desarrollará un croquis generado por computadora, utilizando el software SOLIDWORKS donde se genera un archivo CAD, especificando las dimensiones y la posición de cada uno de los elementos requeridos para el funcionamiento del banco de refrigeración.

- Adquisición de materiales:

En este periodo se hace el estudio de mercado y la adquisición de materiales que son primordiales para el proyecto, primero se solicitan cotizaciones donde se analizan los costos en varios proveedores que manejan los productos de refrigeración, sobre todo en la zona comercial del barrio santa fe y chapinero en Bogotá, comercialmente se encuentra congeladores de 45 a 300 L de capacidad en volumen de almacenamiento, como tal solo se necesitó la carcasa o depósito de la nevera que está hecha en poliuretano y recubierta por lamina de acero con una puerta de cristal. Se hace una limpieza y mantenimiento de carcasa, lo segundo a revisar es el tipo de refrigerante que cumpla con características físicas del fenómeno a mostrar que funcione para congelación, que sea de uso comercial y que cumpla ambientalmente, se escoge el R600a que en el momento está compitiendo con el R-134^a y cumple con las características anteriores, este sistema de base es compacto y adecuado para el banco a construir, lo tercero es la adquisición de los componentes como el compresor que es de marca TECUMSEH modelo TA1360M de 1/5 de HP, que está diseñado para trabajar con el refrigerante R600a, en el condensador y el evaporador son marca THERMOCOIL tipo serpentín con aletas para 1/5 de HP, el capilar es de 0,036” de diámetro. Para la

circulación del aire se adquieren dos motores que trabajan a 110 V y de 1550 RPM, de 10W cada uno y tubería de cobre con un diámetro de 1/4 y 5/16 de pulgada. La estructura del banco contará con el espacio necesario que permita instalar los elementos de visualización presión, temperatura pilotos y muletillas de control en lo posible se dejará el sistema condensador y sus respectivos disipadores, así como el compresor del congelador, esta estructura está hecha con tubo cuadrado y lamina en hierro con unas dimensiones de 1 metro cuadrado y dos compartimientos donde se ubicaran los elementos del ciclo de refrigeración.

1.3.2 Construcción:

En ella las labores son en un mayor porcentaje operativas, consecución y elección de materiales, la estructura es en hierro y lámina para el dimensionamiento del banco, revisión en la compatibilidad de componentes, adquisición de la herramienta, adecuación del espacio de trabajo. Luego teniendo los materiales requeridos, mano de obra y lugar o taller de trabajo se procede con la construcción del banco, ensamble de piezas mecánicas como adecuación de tuberías, elementos motrices como compresor y ventiladores, instalación de elementos de medida, sistemas de control y sistema eléctrico, por último la carga de refrigerante.

Para esta construcción se aplica conocimientos de elementos de medición, técnicas y herramientas de corte, aplicación de técnicas de soldadura en este caso por capilaridad, a través de la unión de dos elementos de características similares como cobre y bronce haciendo coalescencia con un material en punto de fusión, el más usado aleaciones el estaño con porcentajes de plata y fosforo, aspectos documentales para las instalaciones eléctricas basados en normatividad como el RETIE y la NTC 2050, conocimientos en metrología aplicada a los elementos de medición a ser instalados, aplicación de sistemas de control, manipulación de software y programación. Ya que todo ese conjunto llevara a buen término la construcción del banco didáctico. (Ministerio de Minas y Energia , 2017)

En el momento de la construcción se presentaron los elementos en la estructura instalando compresor, condensador con su motor-ventilador y soportes en la bandeja inferior del banco, en la bandeja superior se instala la carcasa de la nevera y dentro, el evaporador y motor-ventilador, al momento de hacer el ensamble de tubería se utiliza

Mapp gas (antorcha de gas butano) con soldadura Harris (aleación de plata, fosforo y cobre) y para la soldadura del compresor se requirió equipo de soldadura oxiacetilénica, se dejó dos días presurizado con nitrógeno a una presión de 100 psi para detectar si hay fugas en el sistema y a continuación se le hizo extracción de aire o vacío al circuito midiendo con un vacuómetro, después de estos procesos se hace la inyección del refrigerante.

- Elaboración de guías de trabajo: en el proceso de generar las guías de práctica de laboratorio se consideran los datos que deben ser registrados de manera manual o automática a partir de la medición en los sensores, para plasmarlos en este documento y tener muy clara la información para conseguir los objetivos a los que se quieren llegar, se tendrán en cuenta las tablas termodinámicas del refrigerante y la información pertinente, acompañados de los datos que se obtengan a partir de los sensores e información encontrada en las tablas pertinentes, para poder realizar los diagramas de que se requieran en este caso temperatura vs entropía.
- Corrección de fallas: al poner en funcionamiento el banco de refrigeración se presentó problemas en la recolección de datos de temperatura y presión, en cuanto a la conexión de los sensores y la interfaz de comunicación del control TC900log con el computador, operativamente la instalación de los componentes y el manejo del refrigerante que a pesar de que es comercial, no existe mucho conocimiento del manejo y operación, esto genera dificultad en el criterio de los asesores técnicos de ventas para adquirir accesorios y componentes.
- Elaboración del documento de operación y mantenimiento: en esta fase se tiene en cuenta la vida útil de cada equipo que se implementó en el banco, a través de pruebas se tiene un procedimiento de cómo se debe manipular adecuadamente el banco, para que tenga un buen funcionamiento y en caso de que genere errores tanto en la parte física como en el software, desarrollar los procesos que se deben seguir para corregir las fallas que se presenten.
- Implementación del software: el sistema de control que se aplicará es de la marca full gauge, expertos en sistemas de control y con el cual se tiene experiencia laboral, ofrece precios razonables y gran funcionalidad comparado con sus competidores como DANFOSS, se usará un control de temperatura referencias

tc-900log acoplado a un módulo de comunicación, referencia INTERFACE CONV32 y este enviará traducida la información a un pc o laptop el cual deberá portar el software de la marca full gauge SITRAD, así como los driver del control y el módulo de comunicación.

- Redacción del informe: esta parte del proyecto demandó una dedicación importante la cual requirió adicionalmente revisar la normativa, referencias bibliográficas, análisis, conclusiones y todo lo referente al estudio de la termodinámica, especialmente el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, dar resultados obtenidos al implementar este proyecto y el cumplimiento de los requerimientos exigidos por el COTIGE en este tipo de proyectos y documentos. Esta redacción se realizó durante todas las etapas del proyecto.

1.3.3 Puesta en marcha:

Actividad enfocada en la realización de las pruebas de funcionamiento, parametrización, análisis de fenómenos, componentes, toma de datos, documentación, análisis científico y físico, digitalización de resultados, generación de informes de resultados, verificación de cada uno de los sistemas sometiendo el equipo a condiciones límite en alta y baja demanda, de todo esto saldrán como resultados pautas de funcionamiento rangos de trabajo, bases de datos que se podrán interpretar y traducir a gráficos, adicionalmente un manual de operación y mantenimiento.

2 Marco teórico.

2.1 Estudio del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Para entender qué principios físicos se aplican en la construcción y puesta en marcha del banco de refrigeración por compresión de vapor se debe comprender el concepto de la termodinámica.

La ciencia de la termodinámica es la que se encarga de estudiar el calor y la transformación de ésta en energía mecánica, la palabra termodinámica proviene del griego y significa movimiento del calor, esta ciencia se encarga de los detalles macroscópicos de las moléculas y átomos en un sistema. Los aspectos principales que se estudian en estos sistemas son la temperatura, la presión, el trabajo mecánico, entre otros. (Hewitt, 1999).

La temperatura de un cuerpo se eleva cuando los átomos se encuentran en movimiento y no parece tener un límite, pero cuando las moléculas disminuyen su movimiento, se cambia esta situación y la temperatura va a tender a un límite inferior que está definido, a esto se le llama el cero absoluto, este límite de temperatura es de 0 kelvin (K) o en la escala de Celsius es de -273 °C. (Hewitt, 1999).

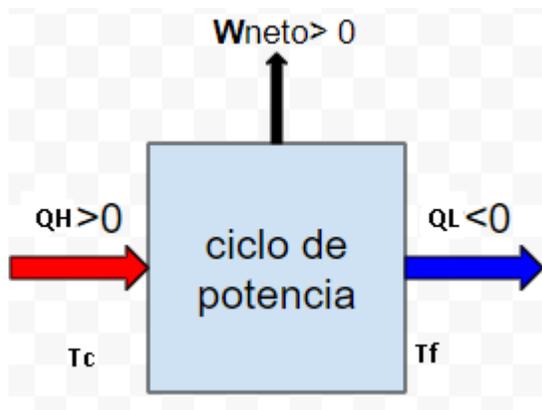
La materia está presente en tres estados líquido, sólido y gaseoso dependiendo de la temperatura y presión que se le aplica. Para el ciclo de refrigeración se debe tener en cuenta que el refrigerante va a pasar por dos estados; líquido y gaseoso, pero primero se debe entender que es un ciclo. Se sabe que una sucesión de procesos es cíclica, cuando el último estado coincide con el primero. En el caso de la refrigeración, se deben cumplir ciertos procesos y repetirlos indefinidamente. (Hewitt, 1999)

Un ciclo termodinámico se considera un sistema cerrado que consume o genera una porción neta de trabajo intercambiando energía en forma de calor con varios focos

térmicos. Hay varias aplicaciones prácticas de gran importancia como: la producción de energía eléctrica en centrales de generación, refrigeración o calefacción de edificios o espacios o la propulsión de vehículos por medio de la combustión interna, los ciclos se pueden clasificar en dos grandes grupos según el uso que se le dé.

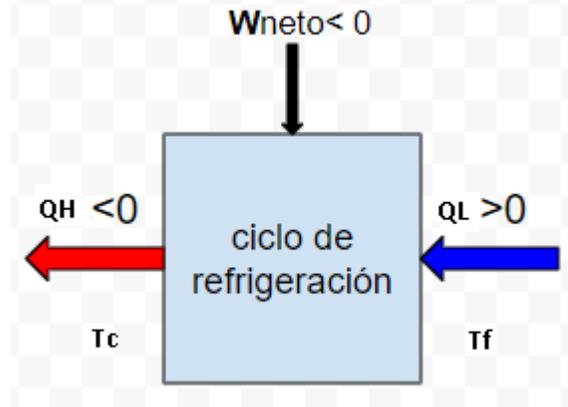
Ciclos de potencia: Como lo muestra la Figura 2-1, un sistema que genera una porción de trabajo neto (W_{neto}) a partir del calor captado (Q_H) de un foco caliente a temperatura constante (T_c) y cediendo calor (Q_L) a un foco frío a una temperatura final (T_f). En la práctica, (Q_H) se obtiene a partir de una reacción nuclear, la combustión de un combustible fósil, o de la radiación solar, mientras el calor expulsado, tiende a liberarse en los entornos ya sea aire, ríos, lagos etc. Existen ciclos de vapor y agua dependiendo el estado del fluido que atraviesa el ciclo.

Figura 2-1: Ciclo de potencia, ciclo de refrigeración por compresión de vapor.



Fuente: Generación propia.

Ciclos de refrigeración: Es un sistema que aspira calor (Q_L) desde un foco frío (T_f) en este caso consumiendo una porción de trabajo neto (W_{neto}) y transfiriendo calor (Q_H) a un foco caliente a temperatura (T_c). En la práctica (Q_L) se transfiere del espacio que se quiere enfriar, mientras (Q_H) se transfiere al aire del ambiente empleando una unidad condensadora o torre de enfriamiento, Se expresa gráficamente en la Figura 2-2.

Figura 2-2: Ciclo de refrigeración, ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Fuente: Generación propia.

2.2 Balance de energía en ciclos termodinámicos.

El balance de energía establece que el cambio de energía del sistema para el caso de un proceso o ciclo (Δ_E sistema) es igual a la diferencia entre la energía neta cedida al ciclo mediante calor (Q_{neto}) y la energía neta cedida mediante trabajo (W_{neto}). (Ecuación 2-1).

$$\Delta_E \text{ sistema} = Q_{neto} - W_{neto} \quad \text{Ecuación 2-1}$$

Como es un ciclo y el estado final tiene que concurrir con el estado inicial el cambio de la energía tiene que ser anulado, por lo que la cantidad neta de energía cedida mediante trabajo (W_{neto}) tiene que coincidir con la cantidad neta de energía cedida mediante calor (Q_{neto}). (Ecuación 2-2, 2-3).

$$W_{neto} = Q_{neto} \rightarrow W_{neto} = \sum_{neto} W \quad \text{Ecuación 2-2}$$

$$Q_{neto} = \sum_{neto} Q \quad \text{Ecuación 2-3}$$

Se conoce que en el ciclo termodinámico de potencia se admite calor (Q_c) de un foco caliente y se expulsa calor (Q_f) a un foco frío produciendo trabajo neto (W_{neto}). (Ecuación 2-4).

Continuando con la ley de los signos, el calor captado (Q_c) y el trabajo neto (W_{neto}) son positivos en cambio el calor cedido (Q_f) será negativo, al usar la ecuación de balance de energía en ciclos termodinámicos el trabajo neto (W_{neto}) debe ser igual al calor neto (Q_{neto}) por lo cual ambos serán positivos. (Ecuación 2-4).

$$W_{\text{neto}} = Q_{\text{neto}} = (Q_c + |Q_f|) \text{ donde } Q_c > Q_f \quad \text{Ecuación 2-4}$$

En el ciclo de refrigeración se admite calor (Q_f) y se expulsa calor (Q_c) siendo necesario adherir un trabajo neto (W_{neto}) al ciclo y aplicando la ley de signos Q_c y W_{neto} serán negativos en cambio Q_f será positivo, al usar la ecuación de balance de energía en ciclos termodinámicos W_{neto} y Q_{neto} deben coincidir siendo ambos negativos. (Ecuación 2-5).

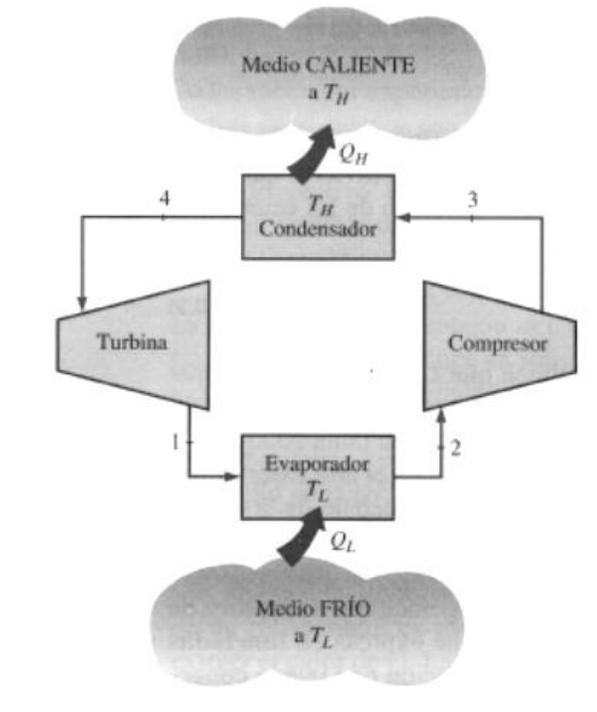
$$|W_{\text{neto}}| = |Q_{\text{neto}}| = (|Q_c| + Q_f) \quad \text{Ecuación 2-5}$$

2.3 Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor

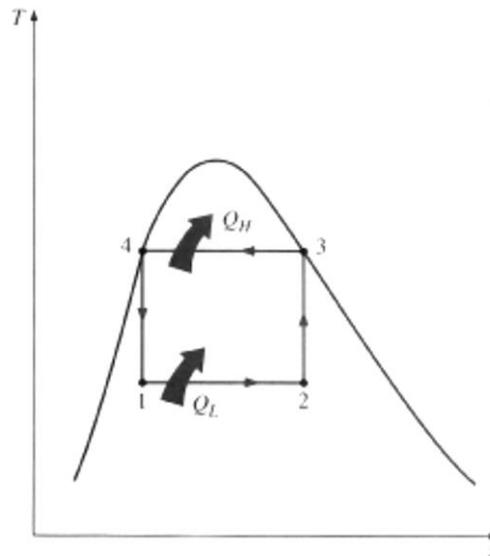
2.3.1 Ciclo De Carnot Invertido

Se expresa gráficamente en figura 2-3 y 2-4, y se compone así:

- El ciclo de Carnot invertido establece el mayor rendimiento (desempeño) de un ciclo de refrigeración comprende cuatro procesos así:
- Proceso 1-2: El refrigerante toma o absorbe calor isotérmicamente de un medio emisor a baja temperatura TL en la cantidad QL.
- Proceso 2-3: Se comprime de manera isentrópica hasta el estado 3 (la temperatura aumenta hasta TH).
- Proceso 3-4: Emisión de calor isotérmicamente en un sumidero de alta temperatura a TH en la cantidad QH.
- Proceso 4-1: Se expande isoentrópicamente hasta el estado 1 (la temperatura desciende hasta TL).

Figura 2-3: Ciclo invertido de Carnot.

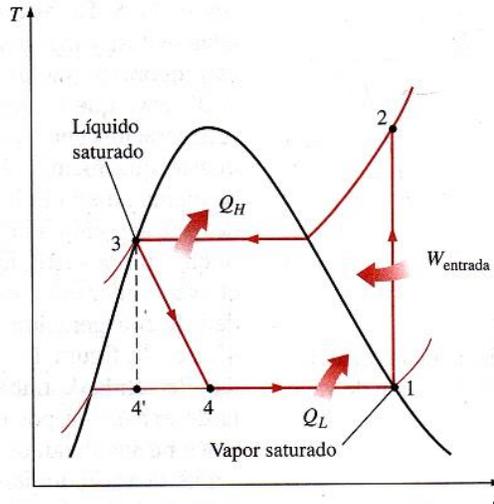
Fuente: (Çengel & Boles, 2011)

Figura 2-4: Diagrama (T-S) ciclo invertido de Carnot.

Fuente: (Çengel & Boles, 2011)

2.3.2 Ciclo Ideal De Refrigeración Por Compresión De Vapor

Figura 2-5: Diagrama (T-S) ideal ciclo de refrigeración por compresión de vapor.



Fuente: (Çengel & Boles, 2011)

El ciclo de refrigeración por compresión de vapor es el aplicado en los equipos de aire acondicionado, congeladores y bombas de calor, este ciclo está constituido por cuatro procesos que están representados en el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, Figura 2-5, temperaturas (T) vs entropía (S).

Estas fases son:

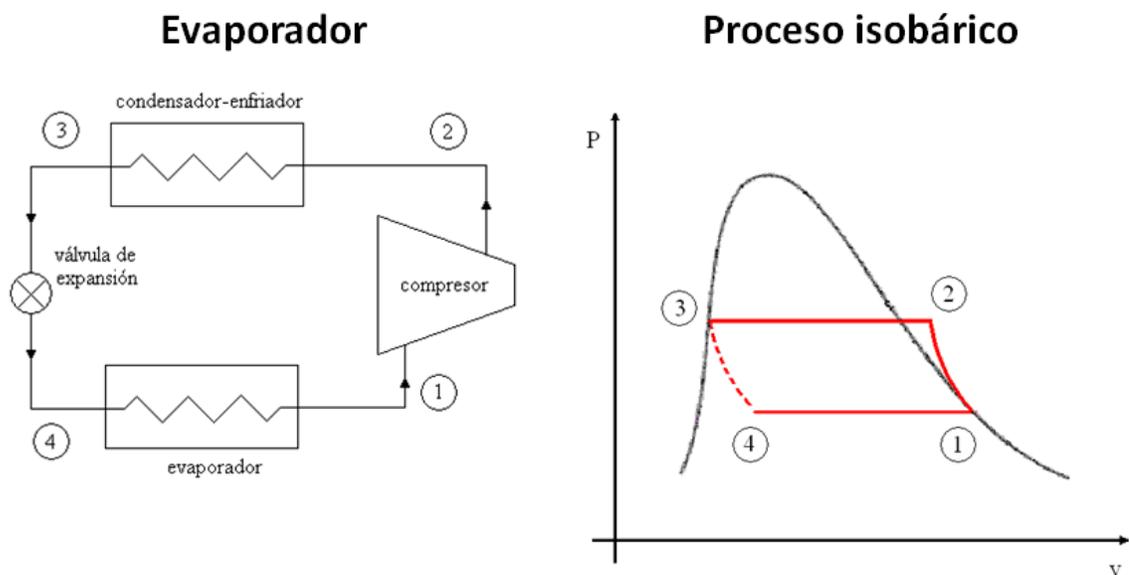
- 1-2 Compresión isentrópica en un compresor.
- 2-3 Rechazo de calor a presión constante en un condensador.
- 3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión.
- 4-1 Absorción de calor a presión constante en un evaporador.

En la fase 1 el refrigerante se introduce en el compresor en un estado de vapor saturado y se comprime isentrópicamente (entropía constante) alcanzando una temperatura elevada que es mayor a la temperatura de su alrededor.

Fase 2 el refrigerante entra al condensador en un estado de vapor sobrecalentado y sale como líquido saturado para entrar a la válvula de expansión.

En la fase 3, este líquido se estrangula para que alcance la presión del evaporador en este proceso la temperatura del refrigerante disminuye por debajo de la temperatura del espacio refrigerado.

Figura 2-6: Ciclo 4 Evaporación.



Fuente: (Çengel & Boles, 2011)

En la fase 4, el refrigerante entra como un vapor húmedo al evaporador y este se evapora por completo atrayendo el calor del espacio refrigerado y retornando el ciclo a la fase 1.

2.3.3 Ecuaciones

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad \text{Ecuación 2-6}$$

$$\dot{Q}_H = \dot{m}(h_2 - h_3) \quad \text{Ecuación 2-7}$$

$$\dot{w}_{\text{entrada}} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad \text{Ecuación 2-8}$$

$$\dot{Q}_H = \dot{Q}_H + \dot{w}_{\text{entrada}} \quad \text{Ecuación 2-9}$$

$$COP_R = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{w}_{\text{entrada}}} \quad \text{Ecuación 2-10}$$

$$COP_R = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{w}_{\text{entrada}}} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_4)}{\dot{m}(h_2 - h_1)} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \quad \text{Ecuación 2-11}$$

h_x : Entalpia del refrigerante en el estado x del ciclo, en kJ/kg.

\dot{Q}_L : Cantidad de calor extraído del espacio refrigerado, en kW. (Ecuación 2-1).

\dot{m} : Flujo másico, en kg/s

\dot{Q}_H : Cantidad de calor rechazado hacia el espacio caliente, en kW. (Ecuación 2-2).

\dot{W}_{entrada} : Trabajo del compresor, en kW. (Ecuación 2-3).

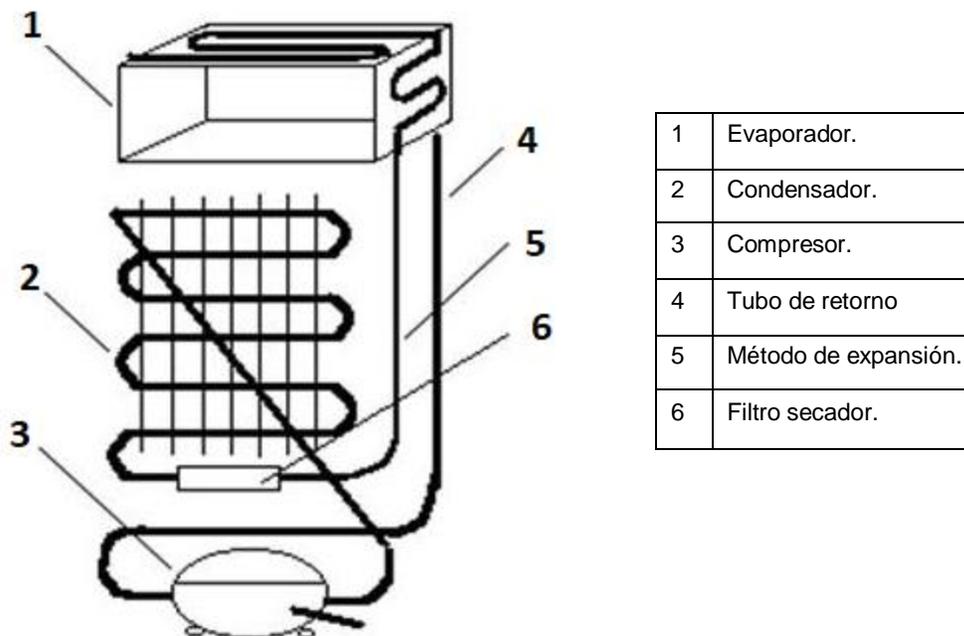
COP_R : Coeficiente de desempeño, adimensional. (Ecuación 2-5, 2-6).

2.3.4 Descripción del ciclo en un refrigerador comercial.

El objetivo de un refrigerador es absorber el calor del interior del compartimiento para luego expulsarlo, donde la mayoría de refrigeradores utilizan el ciclo de refrigeración por compresión. Figura 2-7. Este se basa en dos principios:

1. Evaporación del refrigerante.
2. Ley cero de la termodinámica: cuando dos superficies a distinta temperatura entran en contacto, la superficie que está a mayor temperatura se enfría y la superficie a menor temperatura se calienta.

Figura 2-7: Diagrama general refrigerador de escarcha.



Fuente: Adaptada de R&H Refrigeración. (S. f.).

2.4 Análisis equipos comerciales

En el mundo existen varios fabricantes de bancos de refrigeración, se toma para comparación algunos, se realizará un análisis para acompañar la decisión en la implementación del sistema construido, se tienen empresas extranjeras como la

española “DE LORENZO”, “INSUR” de argentina y la de fabricación alemana “DIKOIN HAMBURG”, “ARMFELD” de INGLATERRA, entre otras.

2.4.1 ET 915 Sistema de prácticas HSI marca GUNT

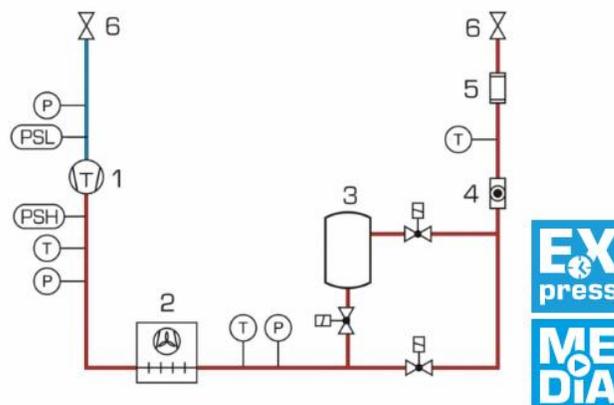
Equipo de firma alemana, compacto dotado de compresor evaporador y recipiente de acumulación, trabaja con refrigerante R513a, Figura 2-8. Permite interconectar una cámara frigorífica mediante mangueras y acoples, permite conectar un equipo de aire acondicionado sencillo, gracias a sus componentes permite realizar mediciones en tiempo real de temperatura, presión. Su instalación en Figura 2-9.

Figura 2-8: ET 915 Sistema de prácticas HSI marca GUNT.



Fuente: Extraída de (GUNT HAMBURG, 2020).

Figura 2-9: Diagrama funcionamiento HSI marca GUNT.



Fuente: Extraída de (GUNT HAMBURG, 2020).

Componentes:

1 compresor, 2 condensador, 3 recipiente, 4 mirilla, 5 filtro/secador, 6 manguera de refrigerante para los modelos;

PSH, PSL Presóstatos; T temperatura, P presión;

Azul: baja presión, rojo: alta presión

2.4.2 Cámara de enfriamiento marca DIKOIN

Figura 2-10: RF 01.1 -Cámara De Enfriamiento marca DIKOIN.



Fuente: De (DOKOIN, 2020).

Descripción:

El Banco de ensayo de fabricación española está compuesto por una cámara de refrigeración con evaporador de aire forzado, alimentado por válvula de expansión termostática, unidad condensadora de 250 W. Circuito de refrigeración con mirilla de caudal dotado de intercambiador de calor para el sub enfriamiento del líquido y válvula solenoide. Sistema de descongelamiento o deshielo eléctrico y control mediante PLC programable y temporización de funciones. Dispone de filtro deshidratador y depósito de almacenamiento de líquido. Figura 2-10.

El uso de interruptores de mando independientes para el control del equipo, permite simular diferentes fallas en el funcionamiento. El sobrecalentamiento del vapor se puede regular mediante los ajustes en termostato.

2.4.3 Banco de refrigeración - INSUR

Este banco de refrigeración de fabricación argentina, posee los componentes básicos de refrigeración, en este se permite realizar una introducción básica a los sistemas de refrigeración, identificación de componentes, la captura de datos de presión y temperatura y operación mediante termostatos de ambiente.

Figura 2-11: Banco de refrigeración – INSUR.



Fuente: Tomada de (INSUR ARGENTINA, 2020).

Este equipo didáctico incluye los dispositivos básicos de un sistema de refrigeración, Evaporador, Forzadores de aire, Válvula de expansión termostática, capilar, válvulas de apertura y cierre de circuitos, Presóstatos, compresor, condensador, termostato, termómetro digital, manómetros, filtros, instrumental de medición eléctrico, disyuntor diferencial, interruptor termo magnético y accesorios.

2.4.4 Comparativo de equipos comerciales.

Tabla 2-1: Análisis bancos de refrigeración comerciales.

EQUIPO	ET 915 Sistema de prácticas HSI marca GUNT	CÁMARA DE ENFRIAMIENTO marca DIKOIN	Banco de refrigeración - INSUR
DESCRIPCION	Revisar numeral 2.1, Figuras 2-8 y 2-9.	Revisar numeral 2.2 Figura 2-10.	Revisar numeral 2.3 Figura 2-11.
CARACTERISTICAS	<ul style="list-style-type: none"> Prácticas básicas acerca del funcionamiento de instalaciones de refrigeración Sistema de prácticas compuesto por compresor, condensador y recipiente Conexión entre grupo refrigerador y modelo por medio de mangueras de refrigerante Manómetro para refrigerante y medición de temperatura El caudal másico del refrigerante calculado con precisión mediante el software GUNT Refrigerante R513A software de la marca para el aprendizaje, adquisición de datos, manejo de la instalación 	<p>El equipo permite simular diferentes fallas en el funcionamiento. Compone.</p> <ul style="list-style-type: none"> Cámara frigorífica: Cuenta con aislamiento en poliuretano. Evaporador: cuenta con ventilación con moto ventilador Condensador: normal de tubos Compresor: Tipo hermético Desescarche: sistema eléctrico para deshielo Válvulas de expansión: cuenta con dos válvulas una mecánica y una electrónica Presóstatos: Dos Presóstatos independientes para alta y baja presión. Visor de líquido: Mirilla para inspección 	<p>Este equipo didáctico incluye los dispositivos reales y básicos de un sistema de refrigeración, tales como:</p> <p>Ventiladores para forzar el aire</p> <ul style="list-style-type: none"> Válvula de expansión: Tipo termostática regulable Compresor: semi-hermético Condensador: de tubos con moto ventilador Evaporador: de tubos con moto ventilador. Capilar, válvulas de apertura y cierre de circuitos Presóstatos y manómetros: Dos, uno de alta baja presión. Termostato: tipo mecánico bimetálico. Termómetro digital Filtros. Para aceite y refrigerante. Instrumental de medición eléctrico
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> Simplicidad Diseño compacto Versatilidad Interconexión con accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción robusta Cámara de refrigeración Controles automatizados Compacto 	<ul style="list-style-type: none"> Equipo robusto y versátil Funcionamiento simplificado. Arquitectura sencilla y fácil de comprender e intervenir.

EQUIPO	ET 915 Sistema de prácticas HSI marca GUNT	CÁMARA DE ENFRIAMIENTO marca DIKOIN	Banco de refrigeración - INSUR
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene software solo suministrado por el fabricante • Necesita conexión a tensión bifásica. • Refrigerante poco comercial. • Componentes exclusivos de la marca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema complejo de difícil mantenimiento. • Varios componentes son de accionamiento manual lo que permite fallos en el sistema • Carece de sistema de toma de datos. • El acceso a la programación, está directamente ligada al PLC. 	<ul style="list-style-type: none"> • No posee sistema de toma de datos • Requiere gran espacio para instalación • El sistema de evaporación y condensación quedan al mismo nivel.
OPORTUNIDADES DE MEJORA	<ul style="list-style-type: none"> • Dentro de la versatilidad que maneja, debería tener un software abierto para mejorar la manipulación de todo el sistema. • Los niveles de tensión deberían ser multi voltaje dependiendo del recurso del usuario final. • El refrigerante usado debería estar ligado a los más comerciales para facilitar recambio y mantenimiento • Los componentes eléctricos, mecánicos y electrónicos deberían ser compatibles con otras marcas esto facilitaría la consecución de repuestos y el mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • La complejidad del sistema dificulta su mantenimiento, así mismo impide que sea accesible a cualquier tipo de operario. • El acceso al funcionamiento, al depender netamente al manejo del PLC obliga al operario a tener unas competencias especiales lo que reduce su practicidad. • La ausencia del mecanismo de recolección de datos, reduce la versatilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Las líneas de operación o tuberías carecen de aislamiento térmico esto reduce la eficiencia al intercambiar energías con el medio. • Ya que el evaporador y el condensador quedan el mismo nivel disminuye la eficiencia del sistema y no permite un correcto intercambio de calor la toma de aire se comparte. • Es bueno que estos sistemas tengan un mecanismo de toma de datos para poder visualizar para análisis por el operario

Fuente: Generación propia.

2.4.5 Conclusiones Sobre Equipos Comerciales

Se concluye sobre los equipos lo siguiente: Es notoria la estrategia del fabricante por generar necesidad a la hora de la consecución de repuestos y manejo de software, la construcción de los equipos tiende a extremos en cuanto a complejidad como en la simplicidad, sobresale la ausencia de sistema de recolección de datos como desventaja para los tres equipos comparados, puntos como los niveles de tensión para la conexión de los equipos, los tipos de refrigerantes, la calidad de los materiales, el volumen o espacio ocupado son realmente importantes a la hora de operar los equipos así como el mantenimiento de los mismos.

2.5 Elección del refrigerante

En los sistemas de refrigeración el efecto refrigerante se obtiene al evaporar un líquido esto quiere decir que cualquier fluido que pueda cambiar de estado líquido a gaseoso es probable que pueda servir como líquido refrigerante, dependiendo la aplicación se puede elegir el tipo de refrigerante que se requiera, estos son algunos de los factores que inciden en la elección del refrigerante.

Calor específico: Es ideal que el calor específico del refrigerante sea bajo, ya que cuando pasa este por el método de expansión es enfriado por cierta parte de este mismo al evaporarse, como es directamente proporcional el enfriamiento de un líquido y la disminución del calor específico, resulta que se requiere menos gas de evaporación súbita, este factor influye en la reducción de flujo total del refrigerante que se requiere para obtener la capacidad de enfriamiento requerido.

Calor latente de vaporización: Para obtener equipos de menor capacidad y hacer uso de tuberías de menor diámetro es importante que el calor latente sea alto ya que (el efecto de refrigeración es la cantidad de enfriamiento obtenida por unidad de masa de refrigerante evaporado. Es menor que el calor latente de vaporización, pero es proporcional al mismo) por lo tanto a mayor efecto de refrigeración menor flujo de masa de líquido refrigerante para obtener una capacidad de enfriamiento requerida.

Volumen específico: Este factor debe ser mínimo para obtener un bajo desplazamiento en el compresor y el diámetro de la tubería, o en su defecto una densidad alta del vapor.

Características de temperatura y presión: El punto de saturación o ebullición de un líquido cambia con la presión y esto es diferente en cada sustancia, pero hay que tener en cuenta estos parámetros:

- Relación de compresión baja
- Presión en condición de evaporación superior a la atmósfera
- Temperatura de evaporación no debe ser inferior a la temperatura de congelación del refrigerante.
- Temperatura de descarga del compresor no debe ser excesiva
- Presión de descarga del compresor no puede superar la presión crítica del refrigerante
- Temperatura de evaporación no debe ser inferior a la temperatura de congelación del refrigerante.
- No exceder la presión de descarga del compresor
- Toxicidad: Esto hace referencia al nivel de peligro por envenenamiento, hay líquidos refrigerantes que no son tóxicos como los HFC (hidrofluorcarburo) y HCFC (hidroclorofluorcarburo), pero hay que tener en cuenta que cualquier líquido refrigerante es asfixiante así que es importante estar capacitado en su manipulación.
- Inflamabilidad y explosividad: Esto se refiere al grado al que una sustancia puede consumirse con llama y si influye en un factor de riesgo de incendio, el estándar que maneja este factor de seguridad para refrigeración mecánica es el American National Standards Institute o mejor conocido como (ANSI) en el código de seguridad para refrigeración mecánica clasifica los refrigerantes en tres grupos según su toxicidad e inflamabilidad donde el grupo 1 es de menor peligro y el grupo 3 el que conlleva mayor riesgo de peligrosidad. (Danfoss., 2001).

Refrigerante R600A

El refrigerante a usar en el proyecto es el R600A.

El isobutano o R-600a, es un hidrocarburo que se utiliza en algunos equipos de refrigeración, como neveras domésticas o pequeños aparatos de frío comercial. El R-600a tiene una capacidad volumétrica inferior en un 50% al R-12 o al R-134a, por lo que no se puede considerar un sustituto de éstos.

Es muy importante cuando se trabaja con refrigerantes del tipo hidrocarburos que estos sean de alta pureza, ya que cualquier proporción con otras impurezas, como sulfuros, agua, entre otros, pueden contribuir a la degradación de los aceites lubricantes de la instalación, rotura de compresores, etc.

También ocurre a veces, que, si el hidrocarburo no es de alta pureza, pueden mezclarse con él otros hidrocarburos, pudiendo variar drásticamente las propiedades físicas y termodinámicas del hidrocarburo original. El isobutano que se utiliza en aplicaciones de refrigeración, no está olorizado como los de uso doméstico (el hidrocarburo doméstico se oloriza para que sea rápidamente detectable en el caso de fuga), no siendo fácilmente detectable en caso de fugas. (Danfoss., 2001)

Propiedades físicas del R600a

Figura 2-12: Propiedades físicas del refrigerante R600a

PESO MOLECULAR (g/mol)	TEMP. DE EBULLICIÓN (°C)	TEMP. CRÍTICA (°C)	PRESIÓN CRÍTICA (BAR)	GLIDE DE TEMP (°C)	CALOR LATENTE 25°C(KJ/KG)
58,1	-11,7	135	36,45	0	332

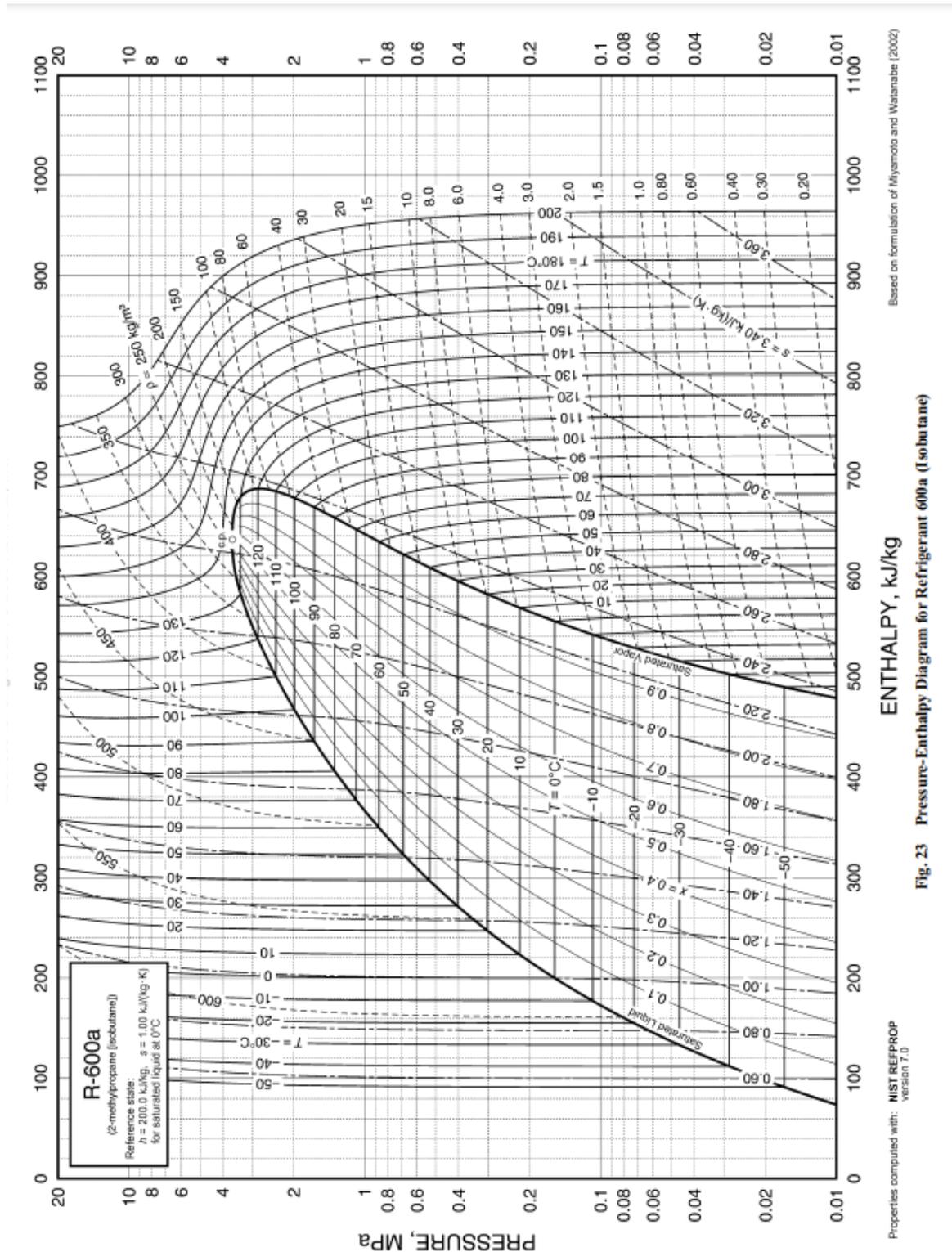
Fuente: Tomado de (Simagas Gaservel)

Tabla 2-2: Tabla temperatura- presión, del refrigerante R600a.

TEMP. (°C)	PRESIÓN A ABSOLUTA (bar)	DENSIDAD (Kg/m ³)		ENTALPÍA (kJ/Kg)		ENTROPÍA (kJ/Kg.K)	
		BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO
-40	0,29	624,12	0,88	112,51	501,35	0,65	2,32
-35	0,37	618,89	1,10	123,04	507,85	0,70	2,32
-30	0,47	613,61	1,37	133,68	514,40	0,74	2,31
-25	0,58	608,27	1,69	144,43	520,99	0,79	2,30
-20	0,72	602,88	2,07	155,30	527,61	0,83	2,30
-15	0,89	597,41	2,51	166,29	534,26	0,87	2,30
-10	1,08	591,88	3,01	177,40	540,93	0,92	2,30
-5	1,31	586,27	3,59	188,63	547,63	0,96	2,30
0	1,57	580,58	4,26	200,00	554,34	1,00	2,30
5	1,87	574,80	5,01	211,50	561,06	1,04	2,30
10	2,21	568,92	5,87	223,15	567,78	1,08	2,30
15	2,59	562,95	6,83	234,94	574,50	1,12	2,30
20	3,02	556,86	7,91	246,88	581,21	1,16	2,31
25	3,51	550,65	9,13	258,98	587,90	1,21	2,31
30	4,05	544,31	10,48	271,24	594,57	1,25	2,31
35	4,65	537,83	11,99	283,67	601,21	1,29	2,32
40	5,31	531,19	13,67	296,28	607,80	1,33	2,32
45	6,04	524,37	15,53	309,07	614,34	1,37	2,33
50	6,85	517,37	17,60	322,06	620,82	1,41	2,33

Fuente: (Danfoss., 2001)

Figura 2-13: Thermophysical Properties of Refrigerants CAP 30



Fuente: Tomado de (ASHRAE, 2009)

Figura 2-14: Thermophysical Properties of Refrigerants CAP 30

Thermophysical Properties of Refrigerants

30.49

Refrigerant 600a (Isobutane) Properties of Saturated Liquid and Saturated Vapor

Temp., °C	Pres- sure, MPa	Density, kg/m ³ , Liquid	Volume, m ³ /kg Vapor	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/(kg·K)		Specific Heat c_p , kJ/(kg·K)			Velocity of Sound, m/s		Viscosity, μPa·s		Thermal Cond., mW/(m·K)		Surface Tension, mN/m	Temp., °C
				Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		
-100	0.00038	683.9	65.234	-6.40	428.19	0.0671	2.5770	1.878	1.131	1.145	1558	168.3	936.5	4.40	140.0	6.03	25.52	-100
-95	0.00062	679.1	41.078	3.04	433.86	0.1208	2.5391	1.894	1.151	1.143	1526	170.5	837.2	4.53	138.0	6.39	24.88	-95
-90	0.00098	674.2	26.648	12.55	439.62	0.1734	2.5052	1.911	1.171	1.140	1494	172.6	753.2	4.65	136.0	6.76	24.24	-90
-85	0.00151	669.4	17.764	22.14	445.46	0.2251	2.4750	1.927	1.191	1.138	1462	174.7	681.3	4.78	134.0	7.13	23.59	-85
-80	0.00227	664.5	12.140	31.82	451.39	0.2759	2.4481	1.944	1.212	1.136	1431	176.7	619.2	4.91	131.9	7.50	22.96	-80
-75	0.00333	659.5	8.4874	41.59	457.40	0.3258	2.4242	1.961	1.233	1.134	1400	178.7	565.3	5.03	129.8	7.88	22.32	-75
-70	0.00478	654.6	6.0592	51.44	463.48	0.3749	2.4031	1.979	1.254	1.132	1370	180.6	518.1	5.16	127.7	8.27	21.68	-70
-65	0.00671	649.6	4.4096	61.38	469.63	0.4232	2.3845	1.997	1.276	1.130	1340	182.4	476.6	5.28	125.6	8.67	21.05	-65
-60	0.00927	644.6	3.2662	71.41	475.86	0.4708	2.3683	2.015	1.298	1.129	1309	184.2	439.8	5.41	123.5	9.06	20.41	-60
-55	0.01258	639.5	2.4590	81.54	482.14	0.5177	2.3541	2.034	1.321	1.128	1280	185.9	407.0	5.53	121.3	9.47	19.78	-55
-50	0.01680	634.4	1.8792	91.76	488.49	0.5640	2.3419	2.054	1.344	1.126	1250	187.5	377.6	5.65	119.2	9.88	19.16	-50
-45	0.02211	629.3	1.4561	102.09	494.89	0.6098	2.3315	2.074	1.368	1.126	1220	189.0	351.2	5.78	117.1	10.29	18.53	-45
-40	0.02870	624.1	1.1427	112.51	501.35	0.6549	2.3227	2.094	1.393	1.125	1191	190.4	327.4	5.90	115.0	10.71	17.91	-40
-35	0.03680	618.9	0.90737	123.04	507.85	0.6995	2.3154	2.115	1.418	1.125	1162	191.8	305.8	6.02	112.9	11.14	17.29	-35
-30	0.04662	613.6	0.72839	133.68	514.40	0.7437	2.3095	2.137	1.444	1.125	1133	193.0	286.2	6.14	110.8	11.57	16.67	-30
-25	0.05843	608.3	0.59062	144.43	520.99	0.7874	2.3048	2.159	1.471	1.125	1104	194.1	268.3	6.26	108.7	12.01	16.05	-25
-20	0.07248	602.9	0.48339	155.30	527.61	0.8306	2.3013	2.182	1.499	1.125	1075	195.1	251.9	6.38	106.6	12.45	15.44	-20
-15	0.08905	597.4	0.39904	166.29	534.26	0.8735	2.2989	2.206	1.527	1.126	1047	196.0	236.9	6.50	104.6	12.90	14.83	-15
-11.75 ^b	0.10133	593.8	0.35378	173.49	538.60	0.9012	2.2979	2.222	1.547	1.126	1028	196.5	227.8	6.58	103.3	13.20	14.44	-11.75
-10	0.10845	591.9	0.33204	177.40	540.93	0.9160	2.2975	2.231	1.557	1.127	1018	196.8	223.1	6.62	102.6	13.36	14.23	-10
-5	0.13098	586.3	0.27833	188.63	547.63	0.9582	2.2969	2.256	1.587	1.128	990	197.4	210.3	6.74	100.6	13.83	13.63	-5
0	0.15696	580.6	0.23491	200.00	554.34	1.0000	2.2972	2.283	1.619	1.130	961	197.9	198.6	6.86	98.6	14.30	13.03	0
2	0.16839	578.3	0.21989	204.59	557.02	1.0167	2.2975	2.293	1.632	1.131	950	198.0	194.1	6.91	97.9	14.49	12.79	2
4	0.18045	576.0	0.20604	209.19	559.71	1.0333	2.2980	2.304	1.645	1.132	939	198.2	189.8	6.96	97.1	14.68	12.55	4
6	0.19316	573.6	0.19324	213.82	562.40	1.0498	2.2985	2.316	1.658	1.132	928	198.3	185.6	7.01	96.3	14.88	12.32	6
8	0.20654	571.3	0.18140	218.47	565.09	1.0663	2.2992	2.327	1.672	1.133	916	198.3	181.5	7.06	95.5	15.07	12.08	8
10	0.22061	568.9	0.17044	223.15	567.78	1.0828	2.3000	2.338	1.686	1.135	905	198.4	177.5	7.11	94.8	15.27	11.84	10
12	0.23541	566.5	0.16028	227.85	570.47	1.0993	2.3008	2.350	1.699	1.136	894	198.4	173.7	7.16	94.0	15.47	11.61	12
14	0.25094	564.2	0.15086	232.57	573.15	1.1157	2.3018	2.362	1.714	1.137	883	198.4	170.0	7.21	93.3	15.67	11.38	14
16	0.26724	561.7	0.14210	237.32	575.84	1.1320	2.3028	2.374	1.728	1.138	871	198.4	166.3	7.26	92.5	15.88	11.14	16
18	0.28432	559.3	0.13395	242.09	578.52	1.1484	2.3039	2.386	1.743	1.140	860	198.3	162.8	7.31	91.8	16.08	10.91	18
20	0.30222	556.9	0.12637	246.88	581.21	1.1647	2.3051	2.398	1.757	1.141	849	198.2	159.3	7.37	91.1	16.29	10.68	20
22	0.32095	554.4	0.11930	251.70	583.89	1.1810	2.3064	2.411	1.772	1.143	838	198.1	156.0	7.42	90.3	16.50	10.45	22
24	0.34054	551.9	0.11271	256.55	586.56	1.1972	2.3078	2.424	1.788	1.144	826	198.0	152.7	7.47	89.6	16.72	10.22	24
26	0.36102	549.4	0.10655	261.42	589.24	1.2134	2.3093	2.437	1.803	1.146	815	197.8	149.5	7.52	88.9	16.93	9.99	26
28	0.38240	546.9	0.10080	266.32	591.91	1.2296	2.3108	2.450	1.819	1.148	804	197.6	146.5	7.58	88.2	17.15	9.76	28
30	0.40472	544.3	0.09542	271.24	594.57	1.2458	2.3123	2.463	1.835	1.150	793	197.4	143.4	7.63	87.5	17.37	9.53	30
32	0.42800	541.7	0.09038	276.19	597.23	1.2619	2.3140	2.477	1.852	1.152	781	197.1	140.5	7.69	86.8	17.59	9.31	32

Fuente: Tomado de (ASHRAE, 2009)

Figura 2-15: Thermophysical Properties of Refrigerants CAP 30

Thermophysical Properties of Refrigerants

30.49

Refrigerant 600a (Isobutane) Properties of Saturated Liquid and Saturated Vapor

Temp., ^a °C	Pres- sure, MPa	Density, Volume,		Enthalpy,		Entropy,		Specific Heat c_p ,			Velocity of Sound,		Viscosity,		Thermal Cond.,		Surface Tension, mN/m	Temp., °C
		kg/m ³ Liquid	m ³ /kg Vapor	kJ/kg Liquid	kJ/kg Vapor	kJ/(kg·K) Liquid	kJ/(kg·K) Vapor	kJ/(kg·K) Liquid	kJ/(kg·K) Vapor	c_p/c_v Vapor	m/s Liquid	m/s Vapor	μPa·s Liquid	μPa·s Vapor	mW/(m·K) Liquid	mW/(m·K) Vapor		
34	0.45226	539.1	0.08566	281.17	599.88	1.2780	2.3157	2.491	1.869	1.154	770	196.8	137.6	7.74	86.1	17.82	9.08	34
36	0.47753	536.5	0.08124	286.18	602.53	1.2941	2.3174	2.505	1.886	1.157	759	196.5	134.8	7.80	85.4	18.05	8.86	36
38	0.50384	533.9	0.07708	291.22	605.17	1.3102	2.3192	2.520	1.903	1.159	747	196.2	132.1	7.85	84.7	18.29	8.63	38
40	0.53121	531.2	0.07317	296.28	607.80	1.3263	2.3211	2.535	1.921	1.162	736	195.8	129.4	7.91	84.1	18.52	8.41	40
42	0.55966	528.5	0.06950	301.37	610.43	1.3423	2.3230	2.550	1.939	1.165	725	195.3	126.8	7.97	83.4	18.77	8.19	42
44	0.58923	525.8	0.06605	306.50	613.04	1.3583	2.3249	2.566	1.958	1.168	714	194.9	124.2	8.03	82.7	19.01	7.97	44
46	0.61995	523.0	0.06279	311.65	615.65	1.3744	2.3269	2.582	1.977	1.171	702	194.4	121.7	8.09	82.1	19.26	7.75	46
48	0.65182	520.2	0.05973	316.84	618.24	1.3904	2.3289	2.598	1.997	1.174	691	193.9	119.3	8.15	81.4	19.52	7.53	48
50	0.68490	517.4	0.05683	322.06	620.82	1.4064	2.3309	2.615	2.017	1.178	680	193.3	116.9	8.22	80.8	19.78	7.31	50
55	0.77299	510.2	0.05029	335.25	627.22	1.4464	2.3361	2.659	2.069	1.188	651	191.7	111.1	8.38	79.2	20.45	6.78	55
60	0.86916	502.7	0.04459	348.66	633.53	1.4863	2.3414	2.706	2.125	1.199	622	189.9	105.6	8.56	77.6	21.16	6.24	60
65	0.97386	495.0	0.03962	362.29	639.72	1.5263	2.3467	2.757	2.186	1.213	593	187.8	100.3	8.74	76.1	21.92	5.72	65
70	1.0875	487.0	0.03525	376.17	645.77	1.5664	2.3520	2.812	2.252	1.229	564	185.4	95.2	8.94	74.6	22.72	5.21	70
75	1.2107	478.6	0.03140	390.31	651.64	1.6065	2.3572	2.874	2.326	1.248	535	182.7	90.4	9.16	73.2	23.59	4.71	75
80	1.3438	469.9	0.02799	404.73	657.31	1.6469	2.3621	2.942	2.409	1.272	505	179.7	85.6	9.39	71.8	24.53	4.21	80
85	1.4874	460.7	0.02496	419.46	662.73	1.6874	2.3667	3.020	2.507	1.301	475	176.3	81.0	9.65	70.4	25.56	3.73	85
90	1.6420	451.1	0.02226	434.54	667.86	1.7283	2.3708	3.110	2.625	1.338	444	172.6	76.6	9.95	69.1	26.70	3.26	90
95	1.8081	440.7	0.01983	450.00	672.62	1.7696	2.3743	3.217	2.769	1.385	413	168.4	72.1	10.27	67.8	27.98	2.80	95
100	1.9865	429.6	0.01764	465.90	676.94	1.8114	2.3769	3.347	2.951	1.447	381	163.8	67.8	10.65	66.6	29.44	2.36	100
105	2.1778	417.6	0.01565	482.33	680.70	1.8539	2.3785	3.513	3.189	1.531	348	158.7	63.4	11.09	65.4	31.14	1.93	105
110	2.3826	404.3	0.01383	499.39	683.74	1.8974	2.3785	3.736	3.517	1.650	313	153.1	59.0	11.62	64.2	33.18	1.53	110
115	2.6019	389.4	0.01214	517.26	685.81	1.9423	2.3765	4.059	4.002	1.831	278	146.9	54.5	12.27	63.1	35.72	1.14	115
120	2.8366	372.0	0.01056	536.26	686.46	1.9893	2.3714	4.585	4.806	2.139	240	139.9	49.8	13.09	62.2	39.05	0.78	120
125	3.0880	350.6	0.00902	557.01	684.81	2.0400	2.3610	5.629	6.428	2.770	200	132.1	44.6	14.22	61.8	43.91	0.46	125
130	3.3578	321.0	0.00742	581.26	678.44	2.0985	2.3396	8.91	11.56	4.77	156	123.0	38.5	15.99	63.3	52.88	0.18	130
134.66 ^c	3.6290	225.5	0.00443	633.94	633.94	2.2259	2.2259	∞	∞	∞	0	0.0	—	—	∞	∞	0.00	134.66

^aTemperatures on ITS-90 scale

^bNormal boiling point

^cCritical point

Fuente: Tomado de (ASHRAE, 2009)

2.6 Criterios Para Construcción Del Banco

De lo concluido, se decide tener parámetros claros para la implementación, basados en las deficiencias expuestas en la tabla 3 lo cual origina las siguientes características:

- Practicidad y diseño sencillo.
- Sistema completo del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.
- Posibilidad de medición y visualización de presión y temperatura o al menos temperatura en diferentes partes del ciclo.
- Sistema de almacenamiento y monitoreo de datos.
- Uso de elementos comerciales compatibles con características de la región.
- Software de lenguaje abierto y de fácil consecución.
- Uso de refrigerante con baja afección contaminante.

3 Desarrollo.

El siguiente capítulo sigue la metodología expuesta en el numeral 1.3, es consecuente al proceso de construcción del banco de refrigeración, se explica la elección de cada uno de los componentes, basados en el cálculo del sistema ideal de refrigeración por compresión de vapor y el estándar de los componentes a nivel comercial. Así como el diseño del croquis o los bocetos asistidos mediante la herramienta SOLIDWORKS.

3.1 Cálculos y dimensionamiento de los componentes.

3.1.1 Cálculo para potencia de refrigeración de 500 w.

Cálculo base del sistema de refrigeración por compresión de vapor, para una potencia de refrigeración de 500 W, usando r600a como fluido de refrigeración, TL 4 °C y TH 25 °C; (Tabla 2-2).

Tabla 3-1: Calculo ciclo ideal para 500 Watt de refrigeración.

TL	277,15	TH	298,15	K
POT REF 500 W.				
COMPRESION DE VAPOR R600a				
ESTADO	P (BAR)	T (°C)	h (kJ/kg)	S (kJ/kg)*K
1	1,57	0	554	2,39
2	3,6	30	605	2,39
3	3,6	25	260	1,29
4	1,57	0	260	1,31

Fuente: Generación propia.

$$\dot{m} = \left(\frac{\dot{Q}_f}{h_1 - h_4} \right) = \left(\frac{0.5 \text{ kW}}{294 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \right) = 0,001701 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_1 - h_4) = 0,001701 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * \left(554 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 0,5 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_H = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

$$\dot{Q}_H = \dot{m}(h_2 - h_3) = 0,001701 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * \left(605 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 0,58 \text{ kW}$$

$$\dot{w}_{\text{entrada}} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

$$\dot{w}_{\text{entrada}} = \dot{m}(h_2 - h_1) = 0,001701 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * \left(605 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 554 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 0,08673 \text{ kW}$$

$$0,08673 \text{ kW} * 1000 = \mathbf{86,73 \text{ W}}$$

$$COP = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{w}_{\text{entrada}}} = (0.5 \text{ kW}) / (0.08673 \text{ kW}) = 5,76$$

3.1.2 Calculo para potencia de refrigeración de 800 w.

Calculo base del sistema de refrigeración por compresión de vapor, para una potencia de refrigeración de 800 W, usando r600a como fluido de refrigeración, TL -5 °C y TH 25 °C. (Tabla 2-2).

Tabla 3-2: Calculo ciclo ideal para 800 Watt de refrigeración.

TL	268,15	TH	298,15	K
POT REF 800 W.				
COMPRESION DE VAPOR R600a				
ESTADO	P (BAR)	T (°C)	h (kJ/Kg)	S (kJ/Kg)*K
1	1,31	-5	547	2,3
2	3,51	30	594	2,3
3	3,51	25	258,9	1,21
4	1,31	-5	258,9	1,21

Fuente: Generación propia.

$$\dot{m} = \left(\frac{Q_f}{h_1 - h_4} \right) = \left(\frac{0.8 \text{ kW}}{288 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \right) = 0,00277 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_1 - h_4) = 0,00277 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * \left(547 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 258,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 0,79 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_H = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

$$\dot{Q}_H = \dot{m}(h_2 - h_3) = 0,00277 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * \left(594 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 258,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 0,93 \text{ kW}$$

$$\dot{w}_{\text{entrada}} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

$$\dot{w}_{\text{entrada}} = \dot{m}(h_2 - h_1) = 0,00277 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * \left(605 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 554 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 0,1416 \text{ kW}$$

$$0,14 \text{ kW} * 1000 = 141,66 \text{ W}$$

$$COP = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{w}_{\text{entrada}}} = \frac{(0.79 \text{ kW})}{0.1416 \text{ kW}} = 5,57$$

3.1.3 Análisis cálculos.

A partir de las fórmulas del ciclo invertido de Carnot o el ideal de refrigeración, se obtiene la potencia del compresor, partiendo de esta potencia orienta a escoger el condensador y el evaporador, en el primer cálculo se quiere una potencia de refrigeración de 500 W como se ve en la Tabla 3 -1, la potencia del compresor corresponde a 86,6 W, es decir 0,12 HP o 1/8 HP, sin embargo, se realiza otro calculo aumentando la potencia es decir los 800 W al revisar en (tabla 3-2) 0,17 HP o 1/6 de HP.

Teniendo en cuenta que es un sistema que se quiere forzar, y del cual se requiere una eficiencia térmica alta, así como una rápida transferencia de calor, se aumenta la capacidad del compresor escogido a 1/5 HP, esto acorde con los estándares que se encuentran comercialmente, teniendo como premisa una capacidad de refrigeración ultima escogida de 1000 W o 3412,14 Btu/h.

3.2 Componentes del sistema

3.2.1 Compresor:

Un compresor es un equipo diseñado para transformar la energía mecánica en presión, la característica principal de este equipo en los ciclos de refrigeración es elevar la presión de evaporación hasta obtener las condiciones ideales para que el gas pueda ser condensado, cabe aclarar que otras de las funciones del compresor es suministrar la potencia necesaria para que el fluido refrigerante atraviesa el circuito. Figura 3-3, muestra un compresor rotativo de refrigeración para equipos residenciales de baja potencia.

Existen varios tipos de compresores, estos se dividen en dos grupos, pero los más utilizados en sistemas de refrigeración son:

- desplazamiento positivo que son de tipo helicoidales, reciprocantes y rotatorios, dinámicos que son de tipo centrífugo.

Figura 3-1: Compresor Tecumseh 1/5 hp refTA1360 R600.



Fuente: Tomada de (Tecumseh Products Company LLC, 2021).

Elección Del Compresor.

Como se analizó anteriormente, y basados en el cálculo de la sección 3.1 tomando los 140 W del compresor calculado, ampliando la selección a nivel comercial se escoge el compresor de 1/5 HP de la marca TECUMSEH referencia TA1360M-FZ1A de fabricación brasileña para latinoamerica, existen diversas marcas en el mercado pero esta es la mas comercial y la que mas compatibilidad de componentes tiene, sin subestimar marcas como AMBARCO o LG, a continuacion características del compresor elegido, imagen de referencia, Figura 3-1 y Figura 3-2.

Figura 3-2: Ficha técnica compresor TECUMSEH compresor implementado.

Fluido Refrigerante	Referencia Comercial (HP)	Modelo
R600a	1/7	TA1345M-FZ1A
	1/5	TA1360M-FZ1A
	1/4	TA1380M-FZ3C
	1/3	TSB1390MJS

Cap. Frigorífica - Temperatura de Evaporación						Eficiencia			
-23,3°C			-6,7°C			-23,3°C		-6,7°C	
Btu/h	Kcal/h	Watt	Btu/h	Kcal/h	Watt	EER (Btu/Wh)	COP (W/W)	EER (Btu/Wh)	COP (W/W)
390	98	114	-	-	-	5,17	1,51	-	-
465	117	136	-	-	-	5,31	1,56	-	-
670	169	196	-	-	-	6,01	1,76	-	-
790	199	232	-	-	-	5,72	1,68	-	-

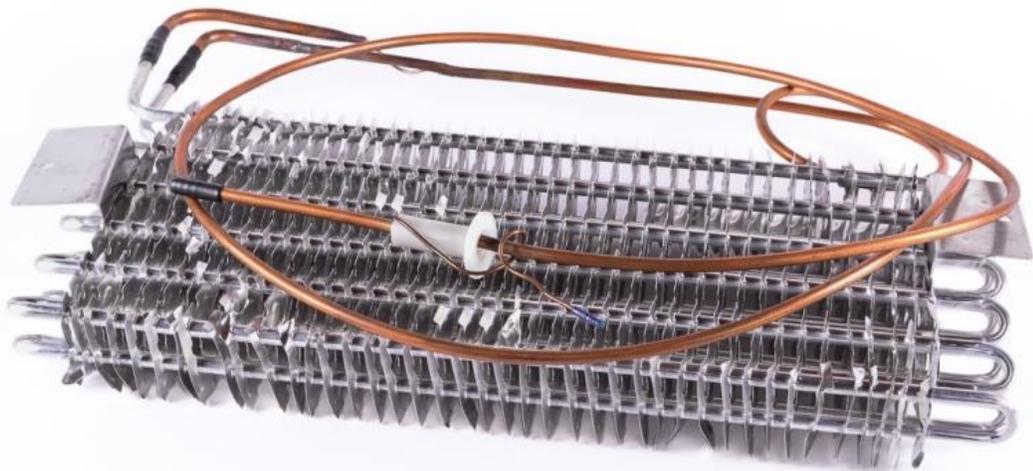
Desplaz. (cm ³ /rev)	Corriente (A)	Tensión (V)	Conexión	Carga de Aceite (ml)	Tipo de Aceite	Viscosidad (cSt)	Ventilación
6,93	0,48	220	PTCSIR	145	Mineral	7	Natural
8,36	0,57	220	PTCSIR	170	Mineral	7	Natural
11,69	0,52	220	PTCSCR	170	Mineral	15	Natural
13,41	0,64	220	PTCSCR	160	Mineral	7	Natural

Fuente: Adaptado de (TECUMSEH SOUTH AMERICA. , 2020).

3.2.2 Evaporador:

La función principal del evaporador en los sistemas de refrigeración es hacer una transferencia de calor en este caso extraer el calor requerido, el evaporador consiste en la mayoría de casos en un tipo de tubo tipo serpiente donde fluye el refrigerante y en el exterior del tubo circula el aire que se desea enfriar. Figura 3-3.

Figura 3-3: Evaporador serpiente 1/5 marca THERMOCOIL.



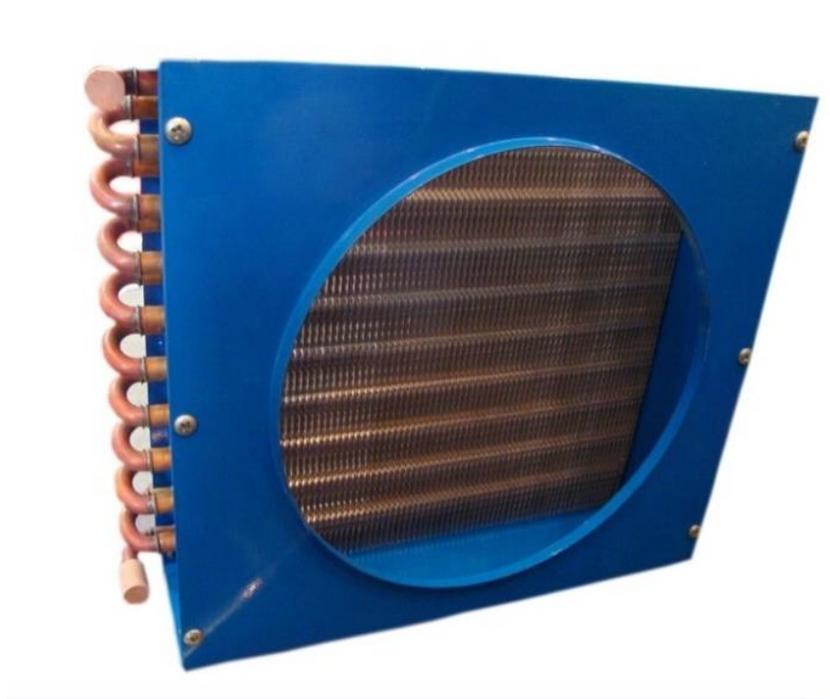
Fuente: De (Thermo-Coil , 2018).

3.2.3 Condensador:

La función que cumple el condensador es quitar el calor del refrigerante que sale del compresor para que este se condense y cambie a estado líquido. Figura 3-4, muestra un intercambiador de tubos con el recinto para instalación de ventilador, este cumpliría función de forzar el flujo de aire en el condensador. Cumple casi la misma función del evaporador a diferencia que el condensador no quita sino transfiere calor del refrigerante a un medio de enfriamiento, existen varios tipos de condensadores como:

- Enfriados por agua o aire
- De doble tubo
- Evaporativos
- De casco o serpentín

Figura 3-4: Condensador 1/5 tubular marca Thermo-coil.



Fuente: Tomada de (Thermo-Coil , 2018).

Elección del evaporador y condensador

En cuanto a la elección del condensador como del evaporador y los cálculos realizados en el numeral anterior, el dimensionamiento del ciclo, se tiene muy poca información de las dimensiones de estos elementos, de la marca THERMOCOIL se encuentra información de equipos de 1 HP en adelante es decir 12.000 Btu/h lo que dificulta el dimensionamiento para anticipar la elección, al hacer el estudio de mercado se encuentra que con el cálculo de la potencia del compresor se ofrece el evaporador y condensador para esa capacidad como un conjunto, el evaporador tipo serpentín o llamado de aleta, mientras que el evaporador es de tipo placa, este último es el recinto de congelación en refrigeradores con este compartimiento, según lo expuesto se eligen la oferta comercial los elementos para esta capacidad es decir de 1/5 HP, 136 W o 508 Btu/h intercambiadores de tubo en cobre y aleta en aluminio, el condensador incluye un moto ventilador de 10 W de potencia con aspa de 9" pulgadas de diámetro.

3.2.4 Método de expansión:

El método de expansión está ubicado antes del evaporador y tiene dos funciones principales:

- Generar una caída de presión para que el refrigerante se evapore o se expanda y así llegar a la temperatura deseada en el evaporador.
- Controlar el flujo de refrigerante según la demanda.

Cuando la carga térmica del evaporador aumenta, el método de expansión debe suministrarle mayor flujo de refrigerante al evaporador. En caso contrario cuando la carga térmica del evaporador disminuye el método de expansión debe suministrarle menor flujo de refrigerante al evaporador. Por eso tiene la función de controlar el flujo de refrigerante al sistema, esto no quiere decir que el método de expansión sea un controlador de presión, (Figura 3-5), un sistema automático de monitoreo y ajuste de presión esto de forma electrónica, (Figura 3-6), muestra un sistema de expansión termostática, este funciona mediante bimetálicos haciendo que la válvula haga apertura o cierre dependiendo el delta de temperatura censado.

Figura 3-5: Control y válvula expansión electrónica ref. xv1025e.



Fuente: (Full Gauge Controls, 2020-2021).

Figura 3-6: Válvula expansión termostática marca DANFOSS ref. TGX R22/R407.



Fuente: (Danfoss, 2020-2021).

Elección del elemento de expansión.

En el mercado se encuentran varios tipos de elementos, en este caso válvulas de expansión, varían de acuerdo a su funcionamiento y se escogen en base a la capacidad del compresor y al volumen del refrigerante, existen válvulas con accionamiento tipo mecánica, termostática, electrónica, su funcionamiento se resume de la siguiente manera:

Las válvulas mecánicas tienen ajuste mecánico el cual se realiza con herramienta y realmente no se tiene una medida de esta proporción en el ajuste a menos de tener elementos de medida antes y después de la válvula, la experticia del personal que la manipula y se evalúa según el comportamiento del sistema, debido a su ajuste análogo no es precisa.

Las válvulas termostáticas poseen un bimetálico o mecanismo térmico el cual por conducción de calor está calculado con el de accionamiento en su apertura o cierre, las válvulas electrónicas son las más precisas siendo acompañadas de un control electrónico programable el cual se acciona dependiendo el trabajo del compresor y las temperaturas y presiones censadas en el sistema principalmente del evaporador, estas válvulas trabajan bajo señal de 4 a 20 mA (miliamperios) que también pueden ser reguladas en modo manual desde el controlador, esta última es el elemento óptimo para trabajar en el banco siendo de mayor ventaja en su operación y contribuye a la versatilidad del banco de refrigeración. Figura 3-5, sin embargo el costo es elevado lo cual es una desventaja en la implementación.

Otro método utilizado para la expansión en el ciclo de refrigeración es la reducción en el diámetro de la tubería después del evaporador, es el método más práctico y el generalmente usado en los sistemas de baja potencia. Los controles automáticos y mecánicos con ajuste están diseñados para potencias superiores a una tonelada de refrigeración, es decir las 12000 Btu/h en el caso de sistema construido la capacidad máxima de refrigeración construida es cerca de las 3500 Btu/h, otra variable que va en contra es la presión que puede alcanzar el sistema en la parte del ciclo de baja presión es decir a la salida del evaporador ronda 1 psi de presión debido al comportamiento del r600a Figura 3-8, lo cual no permite pensar la presión de manera tradicional al no encontrarse manómetros en este rango de presión, existen sistemas electrónicos para estas lecturas, pero de costo elevado.

Se implementa el último tipo de expansión mencionado Figura 3-7, la reducción en la sección de tubería luego de la salida del evaporador, comercialmente se llama capilar por el diámetro reducido, lo sugerido desde el área comercial para el equipo de 1/5 de HP calculado en el compresor, los 3500 Btu/h de capacidad de refrigeración y el tipo de refrigerante es decir el r600a, se adquiere capilar de 0,036 pulgadas de diámetro es decir 0.79 mm por una longitud de 3 metros, adicional un filtro tipo bulbo o llamado hércules, filtro estático de secado para desalojar humedad del fluido de refrigeración, el medio filtrante es sílica el de menos contenido de silica es de 25 g, y es el instalado, Figura 3-8, lo que garantiza lo anterior es la reducción en la presión del fluido y por ende una evaporación parcial del refrigerante que genera el cambio de estado de líquido a gas hasta que la presión baja siguiendo lo más similar el ciclo ideal, y evitando daños en el equipo de compresión , minimizando el riesgo de llegar refrigerante en estado líquido a este.

Figura 3-7: Método de expansión por reducción de área en tubería. (Capilar).



Fuente: (Thermo-Coil , 2018).

Figura 3-8: Filtro de línea eliminador de humedad.



Fuente. (Thermo-Coil , 2018)

3.3 Elección del sistema de adquisición de datos

En el mercado del sector comercial existen varias marcas de controladores electrónicos para refrigeración dentro de las cuales se encuentran Samsung, LG, Full Gauge, Danfoss, Johnson Controls entre otros, lo diferencian el tipo de tecnología, tamaños precios y capacidad.

Dentro del ámbito comercial los más populares y que se encuentran fácilmente son las marcas Danfoss, y full gauge, el primero la referencia ERC 21X posee un software cerrado el cual es de pago así como el costo de estos elementos es más elevado que la marca full gauge, como se expuso anteriormente, sobre las conclusiones de los equipos tipo banco comerciales, también se puede optar por la construcción del control utilizando Arduino, sin embargo es más dispendioso su implementación y se deben comprar todos los elementos. Por todo lo anterior se escoge la marca Full Gauge, teniendo en cuenta la versatilidad, la facilidad de la instalación, es de manejo intuitivo, el software es abierto y de fácil instalación, no requiere altas especificaciones del equipo de cómputo en el cual se instale, así mismo el costo de los elementos es de bajo costo.

Al consultar la marca se encuentra en el listado de equipos para refrigeración varias referencias, se elige la referencia TC-900log (Figura 3-11).

Control full gauge TC-900Elog:

El control cuenta con las siguientes características.

- Control automático de deshielo
- Sistema de ahorro de energía
- Posee dos sensores para temperatura ambiente y de evaporador.
- Posee dos entradas digitales, y entrada para conexión de un tercer sensor de temperatura
- Salida a relé de 16 amperios lo que le permite manejar directamente un compresor de hasta 1 HP.
- Posee horómetro y reloj interno lo que permite exactitud en el tiempo de trabajo de los elementos, así como en ciclo de deshielo.
- Posee comunicación serial para uso de software SITRAD.

Figura 3-9: Control full gauge TC-900E log.

Fuente: (Full Gauge Controls, 2020-2021).

Software SITRAD

El software de la marca está diseñado para la administración del sistema de manera local o a distancia, en todas las ramas de acción de Full Gauge, que además de refrigeración, también cuenta con calefacción, climatización y calefacción solar a nivel comercial e industrial y realmente en todos los sectores que deseen administrar los sistemas mencionados. Figura 3-10.

La marca apuesta a la versatilidad, la evaluación de proceso, el almacenamiento de registros y datos de manera continua y el monitoreo en tiempo real desde cualquier dispositivo a través del internet, el software en el momento se encuentra en la versión 4.13.

Para la conexión de sistema se requiere:

Especificaciones de la interfaz o computador local:

1 puerta USB o Serial (COM1 o COM2)

Procesador, Pentium II 400 MHz o superior

Memoria RAM 128 MB de RAM (recomendable 512 MB)

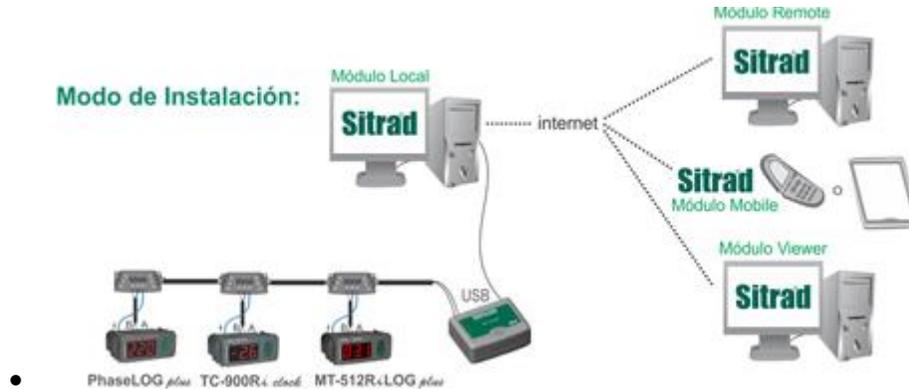
Memoria en disco 30 MB de HD

Sistema operativo: Windows NT/XP/2000/2003/2008/Vista/7/8

Interfaz de conexión para comunicación con los controladores módulo CONV32.

Controlador, en este caso TC-900E log.

Figura 3-10: Conexión de comunicación SITRAD elementos e interfaz.



•

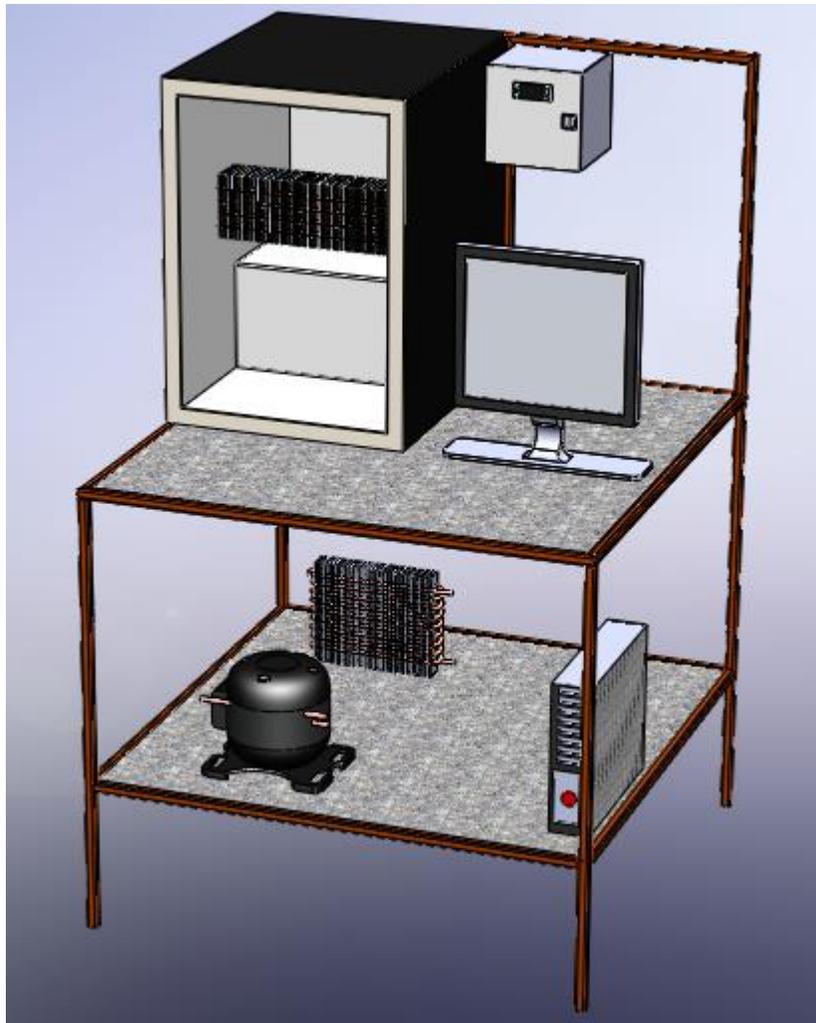
Fuente: (Full Gauge Controls, 2020-2021).

3.4 Estructura y dimensionamiento asistido mediante CAD.

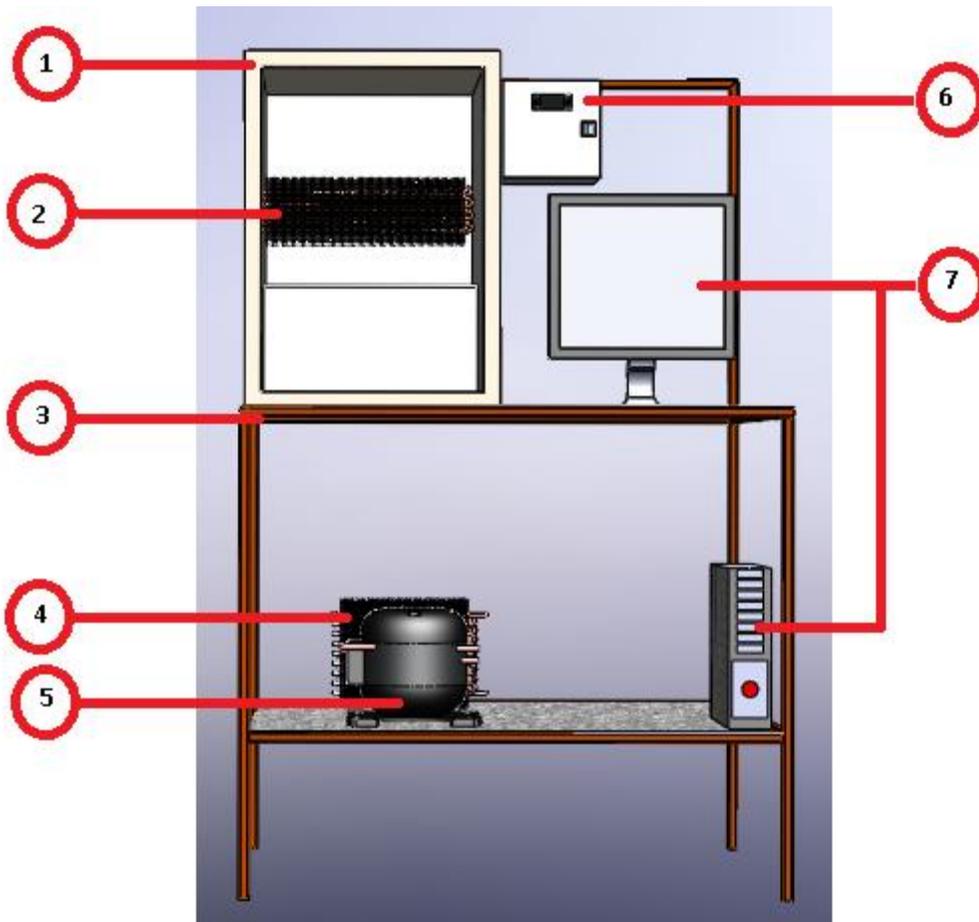
Se genera mediante CAD SolidWorks, la estructura y los elementos que componen el banco, en tamaño exacto a los escogidos, para más detalles se incluyen planos Anexos al final del documento.

Se ilustran cada uno de los componentes como lo son: compresor, evaporador, condensador, recamara, estructura y la interfaz o pc, (Figura 3-11, hasta figura 3-18)

Figura 3-11: Boceto banco de refrigeración.



Fuente: Adaptación software SolidWorks.

Figura 3-12: Componentes del banco de refrigeración.

Fuente: Generación propia.

1. Recamara
2. Evaporador
3. Estructura
4. Condensador
5. Compresor
6. Tablero eléctrico
7. Pc-interfaz usuario

Compresor:

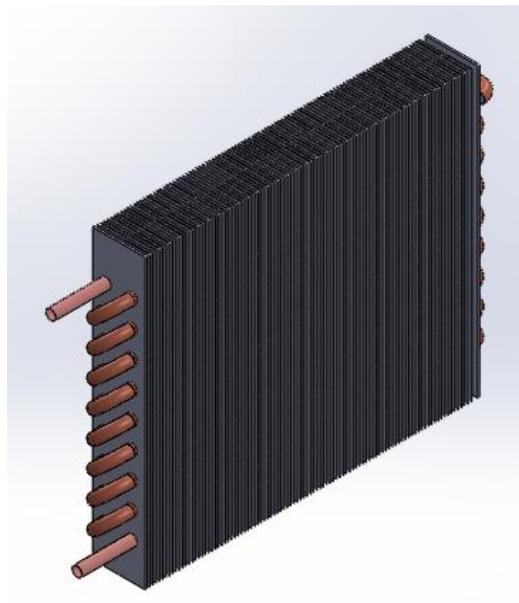
Figura 3-13: Compresor realizado en SOLIDWORKS.



Fuente: Generación propia.

Condensador:

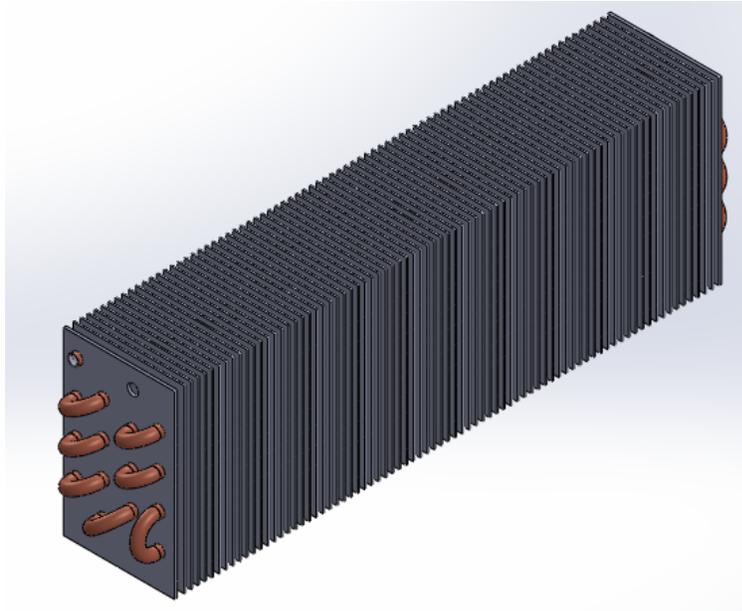
Figura 3-14: Condensador generado mediante SolidWorks



Fuente: Generación propia.

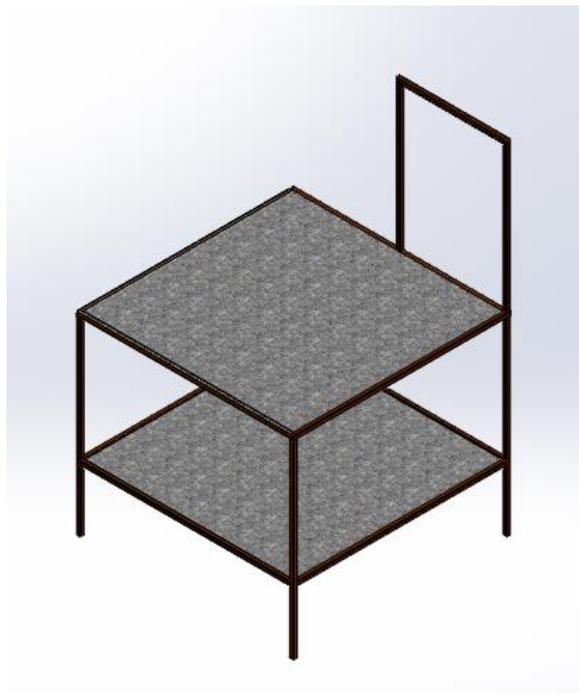
Evaporador:

Figura 3-15: Evaporador generado mediante SOLIDWORKS.



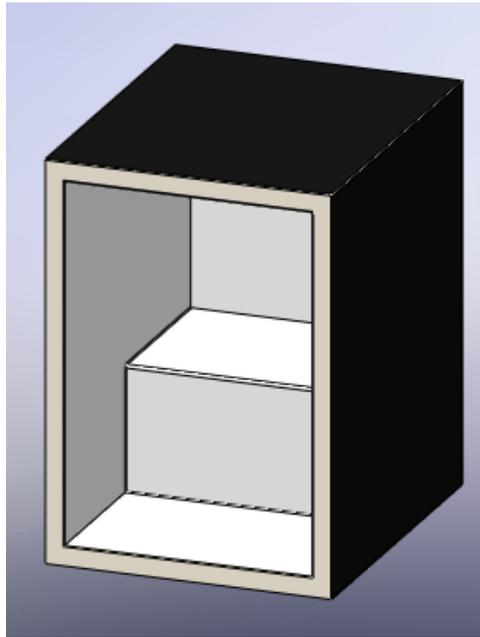
Fuente: Generación propia.

Figura 3-16: Estructura mediante SOLIDWORKS.



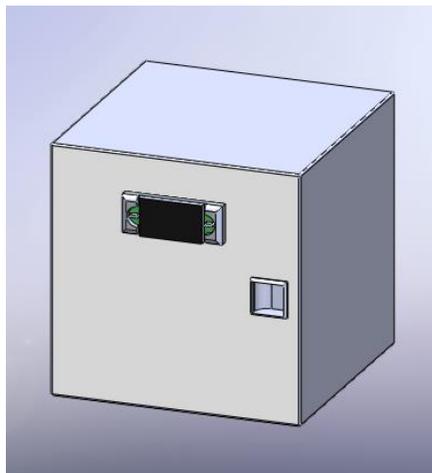
Fuente: Generación propia.

Figura 3-17: Recinto nevera generado mediante SOLIDWORKS.



Fuente: Generación propia.

Figura 3-18: Tablero eléctrico mediante SOLIDWORKS.



Fuente: Generación propia.

3.5 Desarrollo guías de práctica.

A continuación se menciona un resumen de cada uno de los documentos desarrollados para realización de prácticas de laboratorio con el banco de refrigeración, las Guías completas se encuentran al final del documento como anexo.

3.5.1 Guía de practica No 1 Elaboración del diagrama de Mollier T-s y P-h del ciclo simple de refrigeración

Se desarrolla una guía de práctica para el estudio de los diagramas de Mollier haciendo énfasis en la toma de datos como temperatura y presión para compararlos con la tabla del refrigerante R600a y así adquirir las propiedades de entalpía y entropía para proceder a insertar los datos al software de SITRAD y generar los diagramas de presión vs entalpía y temperatura vs entropía así mismo se espera que el estudiante con esta guía haga comparativos, análisis y genere conclusiones con respecto a la experiencia de la práctica.

3.5.2 Guía de practica No 2 Determinación del coeficiente de operación del ciclo de refrigeración

En esta guía se enfoca en los fallos que puede presentar el ciclo de refrigeración, se quiere enfatizar al estudiante hacer una práctica para analizar el comportamiento del ciclo si se efectúan una falla intencionada en el sistema sin hacerle daño al equipo, también se introduce a una parte teórica de la eficiencia del ciclo de refrigeración y se hace unas preguntas previas antes de hacer la practica en el banco para que el estudiante se haga una idea de lo que se va practicar y estudiar.

3.5.3 Guía de practica No 3 Estudio y corrección de fallas modificando válvula de expansión.

En esta guía de práctica se expone el funcionamiento de la válvula de expansión, se toman datos de presión y temperatura para comprender el funcionamiento de la válvula, aunque el banco estaba pensado inicialmente en incluir una válvula de expansión este se

desarrolló con capilar sin embargo la guía queda para que más adelante se le invierta en mejorar el banco.

4 Montaje y puesta en funcionamiento del conjunto.

Para la construcción del banco de refrigeración inicialmente se hace el estudio de mercado donde se cotiza los elementos requeridos que se van a implementar en el banco de refrigeración, se ensambla la estructura en tubería estructural cuadrada de 20 x 20 en mm, y lamina CR (cold rolled) calibre 16 (Figura 4-1).

Figura 4-1: Estructura del proyecto



Fuente: Generación propia.

Ya teniendo la estructura y los componentes se hace la presentación de los equipos que previamente se había establecido en el diseño CAD generado en SolidWorks, se anclan los equipos en la posición previamente determinada con tornillos auto perforantes. (Figura 4-2).

Figura 4-2: Presentación de equipos.

Fuente: Generación propia.

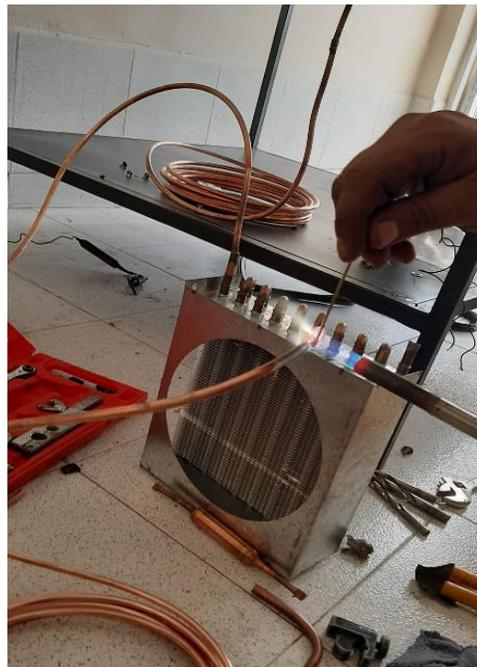
Ya teniendo los equipos en su posición se extiende la tubería y se hace la conexión de donde va a circular el refrigerante esto es con tubería de cobre de 1/4 de pulgada y 5/16 de pulgada estas tuberías se adhieren al sistema con soldadura Harris y utilizando Mapp gas. (Figuras 4-3, 4-4).

Figura 4-3: Soldadura tubería de cobre.



Fuente: Generación propia

Figura 4-4: Soldadura tubería de Condensador.



Fuente: Generación propia

En el caso del compresor la tubería que sale de este que corresponde a líneas de alta y de baja se soldó con equipo de oxiacorte y fundente ya que al soldar Harry y acero no es compatible.

Con el circuito cerrado se acomodan los componentes que no se habían anclado por la dificultad de soldar en el punto de anclaje en este caso el evaporador y compresor, tenido todos los componentes en los puntos que se habían fijado se comienza hacer pruebas de presurización con nitrógeno ejerciendo una presión de 100 Psi, duro 2 días son esta presión sin presentar cambio en la presión.(Figura 4-5 y 4-6).

Figura 4-5: Presurización con nitrógeno.



Fuente: Generación propia

Figura 4-6: Circuito presurizado a 100 Psi con nitrógeno.



Fuente: Generación propia

A continuación de este proceso se le hace el vacío al circuito preparándolo para inyectarle el refrigerante, con una bomba de vacío se ejercen este proceso por 1 hora a una presión inferior a 500 (Mic). (Figura 4-7, 4-8).

Figura 4-7: Proceso de vacío a circuito.



Fuente: Generación propia

Figura 4-8: Vacuómetro. (Mic).

Fuente: Generación propia.

Teniendo este proceso completo el banco de refrigeración está preparado para recibir el refrigerante este se inyecta con una válvula de suministro a presiones muy bajas llegando a 2 psi como tal el refrigerante tiene que inyectarse midiendo el gramaje que se le suministra que en este caso es de 100 g de refrigerante, este se inyecta haciendo funcionar el compresor para que arrastre el refrigerante en el circuito. (Figura 4-9).

Figura 4-9: Banco de refrigeración ensamble final de componentes.



Fuente: generación propia.

En caso del controlador se utilizó un full gauge TC900eLog que nos detecta las temperaturas del evaporador y del cuarto que se le va hacer la transferencia de calor los bulbos de este control se ubican dentro de la nevera uno en la parte superior y el otro en la parte de atrás del evaporador, recolectando los datos el software nos muestra el delta de temperaturas ΔT . (Figuras 4 -10, 4 -11).

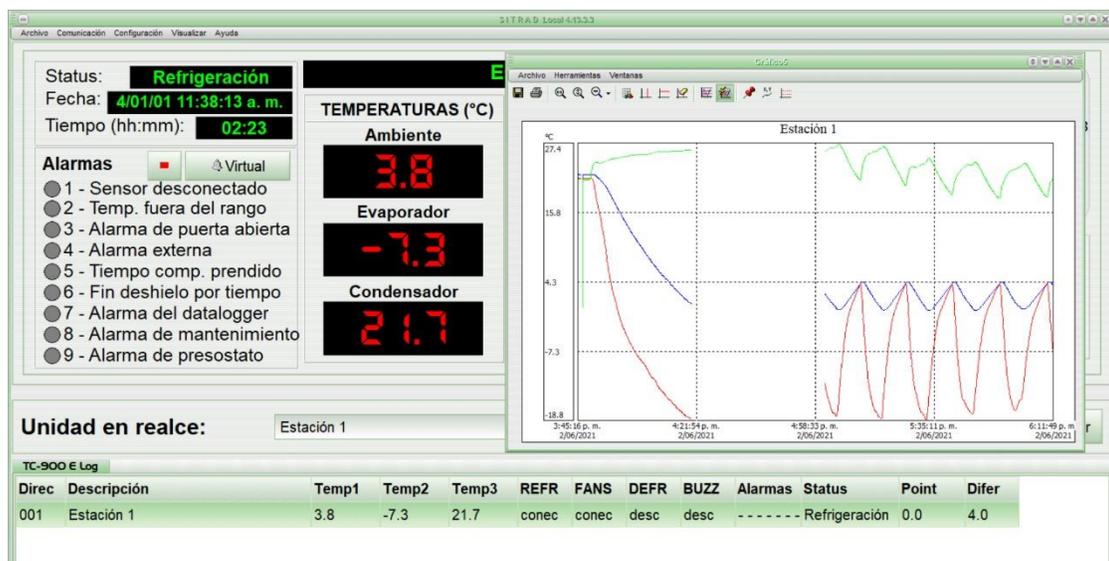
Figura 4-10: Delta de temperaturas al final del proceso.



Fuente: Adaptada (Sitrad instalado)

Se deja programado que a los 4°C se apague el sistema y se mantenga en esa temperatura, se toman datos y se hacen pruebas con el software de SITRAD.

Figura 4-11: Registro de temperatura SITRAD.



Fuente Adaptada de SITRAD.

5 Análisis de resultados.

Se presentan resultados de pruebas realizadas en el banco de refrigeración, se realizan dos etapas de registro con diferentes condiciones y diferente carga térmica así:

5.1 Prueba 1:

Habitáculo vacío, revisión del comportamiento durante un tiempo de cuatro horas, partiendo desde 17°C en el ambiente, configuración del control con apagado a temperatura de 0°C

Se realiza encendido del equipo el cual registra temperatura en tres puntos, temperatura del recinto o ambiente del refrigerador, temperatura del evaporador y temperatura del condensador, representadas en color azul, rojo y verde, respectivamente ver (Figura 5-1). Adicional lectura de presiones en manómetros instalados en red de alta presión a la salida del compresor y baja presión al ingreso del mismo.

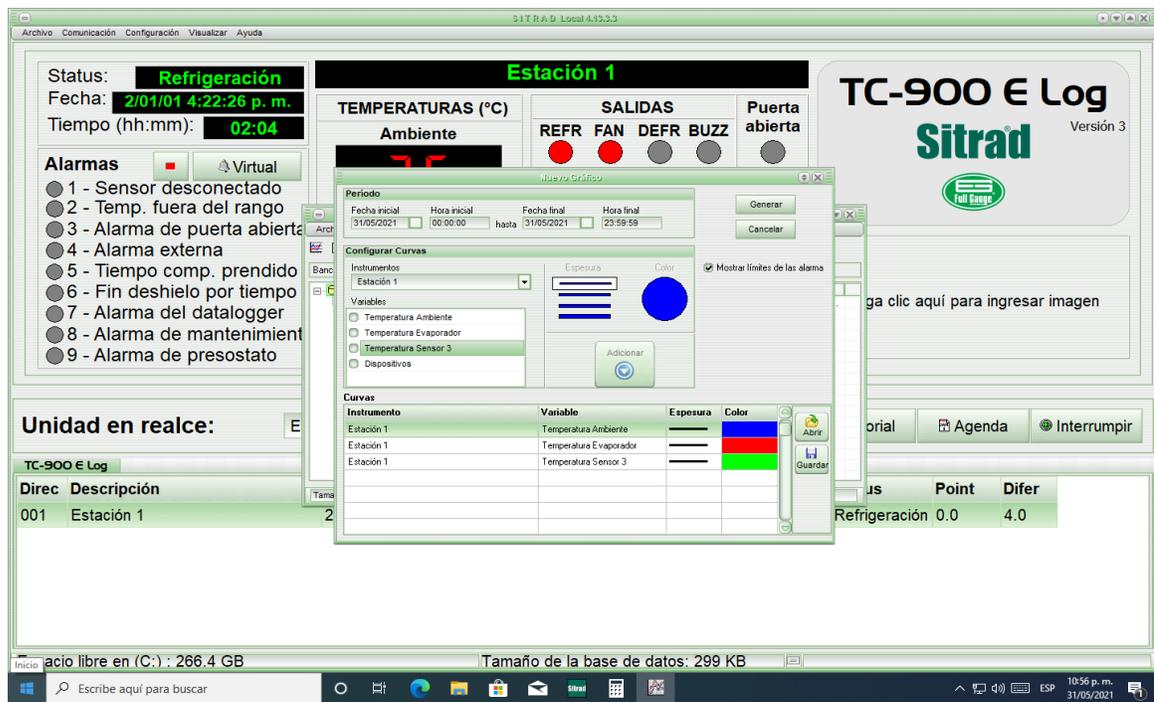
5.1.1 Análisis del ciclo:

Es marcado el ciclo durante el tiempo teniendo unos mínimos de temperatura en puntos de medición, en el evaporador llega cerca de los -19 °C, mientras la temperatura del ambiente tiende a 0°C, Y un máximo de temperatura en el condensador cercano a los 27°C, se encuentran ciclos de 13 min, en los cuales la temperatura del ambiente cicla entre los 0 °C y los 4°C.

El primer ciclo es de aproximadamente 40 min, mientras el recinto llega por primera vez a los 0°C, la gráfica con tendencia exponencial decreciente, en la temperatura del evaporador y la temperatura del ambiente, mientras la temperatura del condensador su tendencia es ascendente.

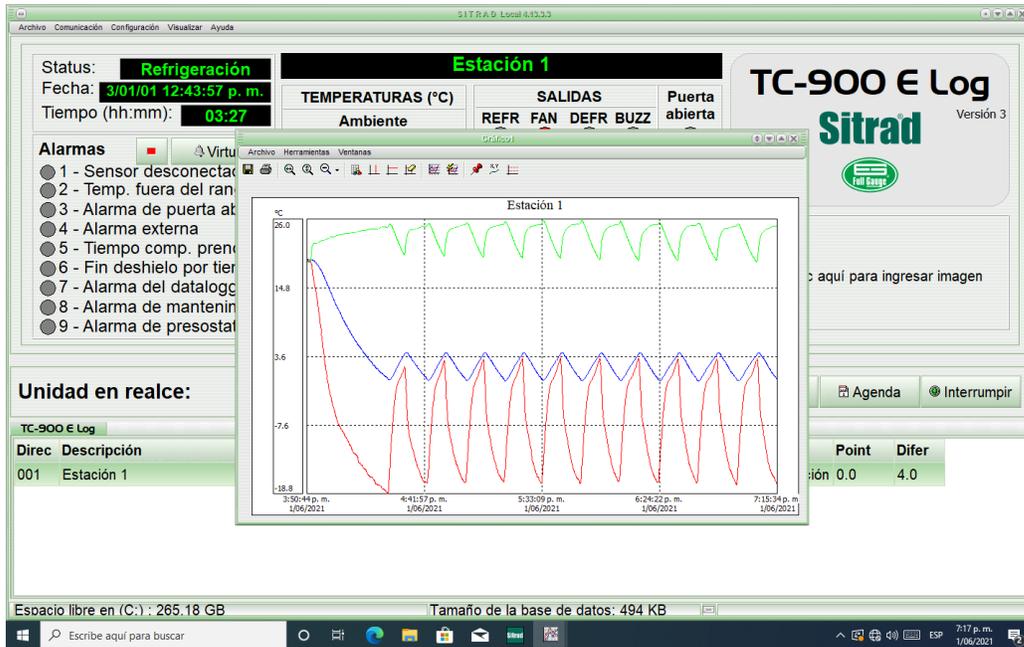
La variación de la presión en los puntos mencionados tiene un comportamiento en estado de reposo de equilibrio siendo las presiones cercanas a los 15 psi, al inicio del ciclo con el encendido del compresor existe un aumento importante siendo la presión de baja 23 psi y de alta 55 psi, en pocos segundos luego se estabiliza a 1,5 psi en el manómetro de baja presión y 47 psi en el otro manómetro, al final del ciclo en el momento que el compresor deja de funcionar, las presiones tienen tienden a bajar siendo más notorio el cambio en baja presión pasando de 1,6 psi a 0.9 psi, en alta presión baja 4 puntos pasando de 47 a 44 psi. (Figura 5-2).

Figura 5-1: Prueba 1 Banco de refrigeración sin registro de datos.



Fuente: Generación Propia.

Figura 5-2: Prueba de banco de refrigeración con habitáculo vacío.



Fuente: Generación propia

5.2 Prueba 2

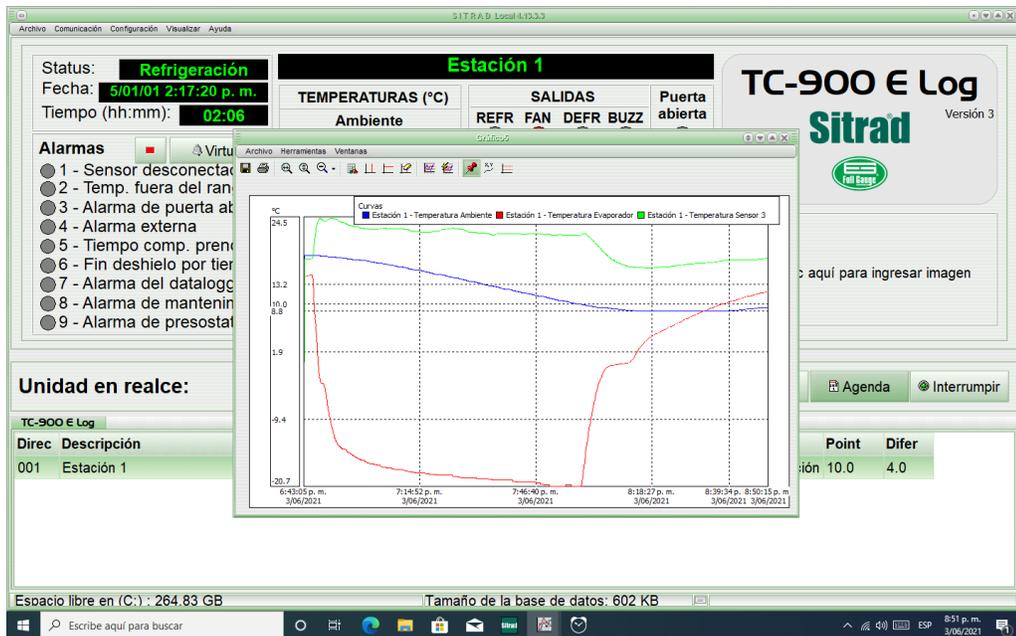
Se incluye un recipiente con 1,5 L de agua a 17°C, se programa control de temperatura con apagado en 10°C, se realiza medición de temperatura en el evaporador, la sonda de temperatura del ambiente se introduce dentro del recipiente, y se realiza registro de la temperatura del condensador. Ver Figuras (5-3 a 5-6).

5.2.1 Análisis del ciclo:

El volumen de agua incluido en la recámara del banco ejerce una carga térmica adicional comparado con la anterior prueba, esto genera una resistencia en el intercambio de calor, tarda el recipiente con agua en llegar por primera vez en llegar a la temperatura de 10°C alrededor de 68 min, el comportamiento es similar al de la prueba 1, cambia el periodo de los ciclos al tener una carga térmica adicional, la densidad del agua no es igual a la del aire.

En esta ocasión se realiza descarga del registro de los datos medidos en el software, re realiza grafica mediante la herramienta office Excel de cada uno de los parámetros ver (Figura 5-5) los tres sensores de temperatura, se obtiene las gráficas y se comparan con las generadas por el sistema, con ello se prueba el software lo que genera credibilidad.

Figura 5-3: Prueba carga recipiente 1, 5 L de agua a 17° C.



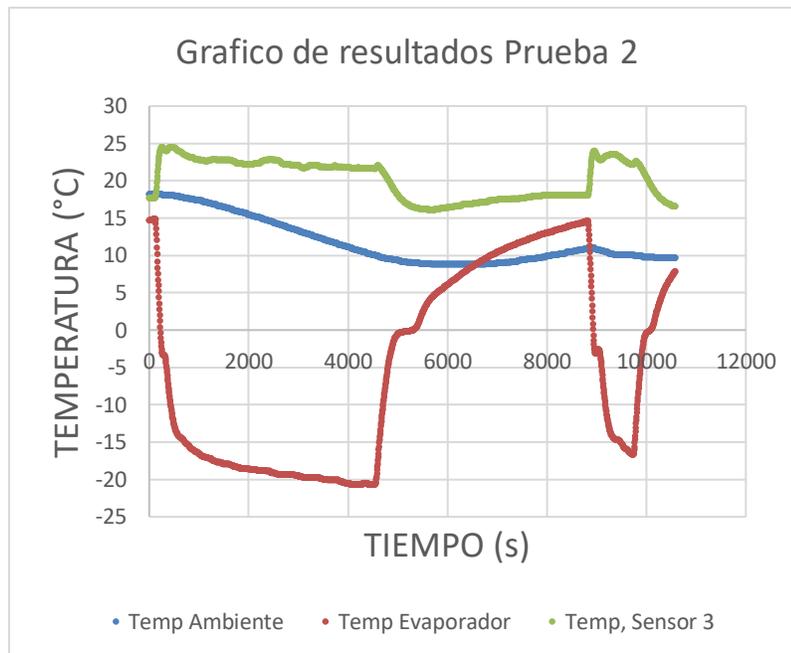
Fuente: Generación propia

Figura 5-4: Registro general pruebas en banco de refrigeración.

Fecha	Hora	Temp Ambiente	Temp Evaporador	Temp Sensor 3	REFR	FAN	DEFR	BUZZ	FAST
3/06/2021	9:37:55 p.m.	5.7	6.9	16.8	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:00 p.m.	5.7	7.0	16.8	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:05 p.m.	5.7	7.0	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:11 p.m.	5.7	7.1	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:16 p.m.	5.7	7.1	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:21 p.m.	5.7	7.2	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:26 p.m.	5.7	7.2	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:32 p.m.	5.7	7.3	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:37 p.m.	5.7	7.4	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:42 p.m.	5.7	7.4	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:48 p.m.	5.7	7.4	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:53 p.m.	5.7	7.5	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:38:58 p.m.	5.7	7.6	16.7	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:39:04 p.m.	5.7	7.6	16.6	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:39:09 p.m.	5.7	7.7	16.6	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:39:14 p.m.	5.7	7.7	16.6	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:39:19 p.m.	5.7	7.8	16.6	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:39:25 p.m.	5.7	7.8	16.6	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta
3/06/2021	9:39:30 p.m.	5.7	7.8	16.6	Desconecta	Conectado	Desconecta	Desconecta	Desconecta

Fuente: Generación propia

Figura 5-5: Grafico de resultados Prueba 2. Temperatura (°C) vs Tiempo (s).



Fuente: Generación propia

Figura 5-6: Prueba 2 Carga térmica recipiente con agua a temperatura ambiente.



Fuente: Generación propia.

6 Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Se construyó un equipo de práctica donde se puede visualizar los componentes de un refrigerador como son, el evaporador, condensador, compresor y método de expansión, en este caso tubo capilar, como el evaporador va dentro del refrigerador se optó por una puerta de cristal donde se visualizan el evaporador con moto ventilador, en la parte inferior del banco se ubica el condensador y compresor fácilmente visibles, se pudo optimizar el espacio del banco pero por las dimensiones del refrigerador quedo un poco robusto.

Al tomar un equipo de refrigeración usado de 110 litros de capacidad que se usaba generalmente como mini bar, se realizó mantenimiento correctivo en la carcasa y se le hizo pequeñas modificaciones, además los componentes de fábrica se cambiaron por nuevos, lo único que se reutilizo fue la recamara.

Para modelar el diseño del proyecto se modeló la estructura y cada uno de los componentes principales mediante el software SOLIDWORKS el software permite hacer una visualización en 3D y generar planos con sus respectivas dimensiones.

Mediante la implementación del controlador de full gauge TC900 log. Se puede visualizar las temperaturas del condensador, evaporador y recinto de enfriamiento, además se añadió un manómetro en la salida del compresor (alta presión), estos elementos permiten la toma de datos para el desarrollo de las guías de laboratorio.

Las guías de laboratorio están diseñadas para hacer modificaciones en una válvula de expansión, se hace introducción acerca de este elemento y se pide tomar resultados de temperatura y presión para ver el comportamiento del ciclo. No se adquiere la válvula de expansión electrónica así que se realiza una guía para futuras modificaciones en el banco.

Se elaboró una guía de laboratorio donde se aplican los conocimientos adquiridos por el estudiante que le permitan generar los diagramas de Mollier modificando temperaturas y haciendo cálculos de eficiencia del ciclo.

Para hacer uso del Banco de refrigeración se desarrolló un manual de operación y mantenimiento donde se puede verificar las características de los componentes, así como el tipo de refrigerante, este documento especifica el correcto uso del banco para prolongar la vida útil del mismo, así como los procedimientos que se deben desarrollar durante el mantenimiento.

Los datos de temperatura tanto del evaporador condensador y recinto de enfriamiento son leídos por el software SITRAD que permite hacer seguimiento de las temperaturas y modificaciones en determinado momento de tiempo, así como la entrada del compresor, El banco es versátil gracias a la aplicación de la tecnología de registro y control de parámetros escogido de la firma Full Gauge, en este caso el software Sitrad, por ahora centrado en el monitoreo de temperatura en los diferentes partes del ciclo, es un apoyo excepcional para el estudio de la refrigeración por compresión de vapor, en la gama de productos de la marca mencionada es posible implementar control y monitoreo de presión, gracias a los controles electrónicos y los mecanismos de lectura como lo son manómetros digitales, transductores de presión, válvulas de expansión electrónica entre otros el sistema queda abierto a cualquier cambio o mejora que se desee, soluciones que la marca usada puede brindar para beneficio de los estudiantes y por ende la institución.

6.2 Recomendaciones

- Tener en cuenta que para el registro de presiones se debe tener las tablas de los refrigerantes y elegir un refrigerante que se adecue a la necesidad, que sea de fácil acceso y los elementos sean compatibles, en este caso elegir un refrigerante que en la parte del ciclo de baja presión permita su lectura de forma fácil.
- Se puede adquirir un controlador que capture los datos de presión, estos se recolectan por medio de transductores instalados en la línea de refrigeración
- Se recomienda conseguir una válvula de expansión electrónica para que en el futuro se pueda hacer guías de práctica modificando esta variable del sistema y ver cómo se comporta el ciclo al hacer estos cambios.
- El software SITRAD está diseñado para recibir lecturas de presión, con los datos de temperatura y presión este software puede generar automáticamente los diagramas de estas variables.
- Teniendo en cuenta la pandemia y que se está introduciendo al estudiante en la cuarta revolución industrial este banco puede ser diseñado para que se trabaje desde un sitio remoto mediante red wifi o desde el celular.
- Se pueden desarrollar guías de transferencia de calor y aprovechar el banco para esta asignatura.
- Al encender el banco de refrigeración se recomienda dejarlo entre 15 a 20 minutos para que el recinto alcance la temperatura deseada.
- Verificar que todos los elementos del banco estén funcionando remitirse al manual de operación y mantenimiento.
- No realizar adaptaciones ni soldaduras en el equipo sin el conocimiento, tener en cuenta que el refrigerante R600a es inflamable.
- Actualizar el software SITRAD cuando este lo requiera, en dado caso que el computador sea formateado, tener en cuenta que este software es de licencia libre.
- Tener en cuenta que si el banco no prende cuenta con plano eléctrico para hacer seguimiento y así hacerle las debidas reparaciones o ajustes.

7 Bibliografía

- ASHRAE. (2009). *Thermophysical Properties of Refrigerants Handbook-fundamentals (SI) CAP 30*.
- Cardona, J. (2017). *Implementacion de control de temperatura automático para el banco de prueba ciclos de refrigeración "new era" laboratorio de fluidos Universidad Antonio Nariño*. Bogotá.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). *TERMODINÁMICA*. Mexico : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Danfoss. (2020-2021). *Valvulas de expansión termostaticas, DANFOSS*. Obtenido de Danfoss, España.: <https://www.danfoss.com/es-es/products/dcs/valves/thermostatic-expansion-valves/#tab-overview>
- Danfoss. (marzo de 2001). *Aplicación práctica del refrigerante R600a*. Obtenido de Danfoss compressors web site: https://www.construmatica.com/archivos/27579/4_catalogo_compresores_danfoss/informacion_tecnica.pdf
- DOKOIN. (06 de 2020). *RF 01.1 – CÁMARA FRIGORÍFICA, DOKOIN. ESPAÑA*. Obtenido de <https://dikoin.com/producto/cooling-chamber-rf01-1/?lang=es>
- Full Gauge Controls. (2020-2021). *Valvula de Expansión: Full Gauge* . Obtenido de Full Gauge web site : <https://fullgauge.com/product-vx-1025e-plus>
- GUNT HAMBURG. (10 de 2020). *sistema de prtacticas hsi GUNT HAMBURG*. Obtenido de Gunt Hamburg web site.: www.gunt.de/es/productos/refrigeracion/fundamentos-de-la-refrigeracion/sistema-de-practicas-hsi-refrigeracion-e-ingenieria-climatica-unidad-basica/061.91500/et915/glct-1:pa-150:ca-714:pr-302
- Hewitt, P. G. (1999). *Fisica Conceptual* . San Francisco CAL.: PEARSON EDUCATION.
- INSUR ARGENTINA. (2020). *Equipos de refrigeración: INSUR*. Obtenido de INSUR web site : <http://www.insur.com.ar/equipos/area-refrigeracion/ref-11-bm00/153>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *www.minambiente.gov.co*.
Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/convencion-marco-de-naciones-unidas-para-el-cambio-climatico-cmnucc/protocolo-de-kioto>
- Ministerio de Minas y Energía . (2017). *Código eléctrico Colombiano NTC 2050, RETIE, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas*.
- Nariño, U. A., Alonso, M., & Quijano , G. (2017). *Optimización de banco de refrigeración de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Antonio Nariño*. Bogotá.
- Nariño, U. A., Guzman Olarte, F., & Rivera Muñoz, J. D. (2019). *Optimización y actualización del equipo de aire acondicionado tipo split ubicado en el laboratorio de mecánica automotriz de la Universidad Antonio Nariño*. Bogotá.
- SCHWAB, K. (12 de 2020). *FUTURO HOY VOL. 1*. Obtenido de <http://futurohoy.ssh.org.pe/wp-content/uploads/2020/12/Schwab-Klaus-2020.-La-Cuarta-Revolucion-Industrial.-Futuro-Hoy.-Vol.1-Nro.1.pdf>
- Simagas Gaservel. (s.f.). *Isobutano (R600a)*. Obtenido de https://www.simagas.es/pdf/gases_refrigernates/Ficha-tecnica-R600A.pdf
- Tecumseh Products Company LLC. (2021).
www.tecumseh.com/es/sa/products/recip/ta1360m-ds1a?fromSearch=1. Obtenido de Tecumseh Products Company LLC web site:
[://www.tecumseh.com/es/sa/products/recip/ta1360m-ds1a?fromSearch=1](http://www.tecumseh.com/es/sa/products/recip/ta1360m-ds1a?fromSearch=1).
<https://www.tecumseh.com/es/sa/products/recip/ta1360m-ds1a?fromSearch=1>
- TECUMSEH SOUTH AMERICA. . (2020). *Catálogo compresores Tecunseh*. Obtenido de TECUMSEH SOUTH AMERICA. Web site:
www.tecumseh.com/globalsssets/media/sout-america
- Thermo-Coil . (2018). <https://thermocoil.com/>. Obtenido de Thermo-Coil web site:
<https://thermocoil.com/wp-content/uploads/2018/04/serpentes.pdf>

A. Anexo: Guías de práctica

Elaboración del diagrama de mollier T-s y P-h del ciclo simple de refrigeración

PROGRAMA	
ASIGNATURA	
NOMBRE DEL PROFESOR	
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	
FECHA	

INTRODUCCIÓN

El ciclo de refrigeración por compresión de vapor es el aplicado en los equipos de aire acondicionado, congeladores y bombas de calor, este ciclo se constituye por cuatro etapas que se ve representado en el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor (ver Figura 1).

Los elementos que hacen parte del ciclo de refrigeración por compresión de vapor son:

Refrigerante: fluido cuya composición química que está compuesta le permite absorber calor de un espacio y liberarlo en otro.

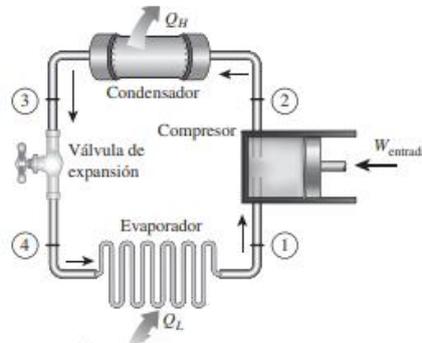
Compresor: se encarga de mover el refrigerante por todo el circuito para que se genere el cambio de estado y ayuda a succionar y comprimir este fluido.

Condensador: es el encargado de liberar el calor absorbido del evaporador al medio ambiente.

Válvula de expansión: cumple dos tareas en este ciclo: la primera es controlar el caudal del refrigerante que entra al evaporador y la segunda es proporcionar la desigualdad entre el lado de alta y de baja presión.

Evaporador: tiene la tarea de absorber calor en un espacio determinado, esto se da cuando el refrigerante se encuentra en estado gaseoso.

Figura 1 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor



Fuente: (Çengel & Boles, 2011)

Estas etapas son:

- 1-2 Compresión isentrópica en un compresor.
- 2-3 Rechazo de calor a presión constante en un condensador.
- 3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión.
- 4-1 Absorción de calor a presión constante en un evaporador.

El diagrama que se utiliza con mayor frecuencia es el de presión Vs entalpia (P-h) o diagrama de mollier en tipo este diagrama se pueden apreciar las propiedades de los refrigerantes.

Como se ve en la figura 2. La presión se muestra en el eje vertical y la entalpia en el eje horizontal, la curva gruesa con forma de aleta simboliza las condiciones del líquido y vapor saturado dependiendo el refrigerante estudiado. La región que encierra la línea gruesa indica la mezcla del líquido y el vapor, la parte izquierda de esta línea indica el líquido saturado y la parte derecha la del vapor saturado. La región izquierda fuera de la aleta representa el líquido sub-enfriado y la derecha del vapor sobrecalentado.

Cuando se habla de punto crítico se refiere a que el refrigerante esta en varios estados de la materia al mismo tiempo en este caso líquido y vapor, esto representa el límite de temperatura y presión por encima del cual se llega a presentar lo anteriormente dicho.



figura 1. línea de saturación y región de líquido y vapor

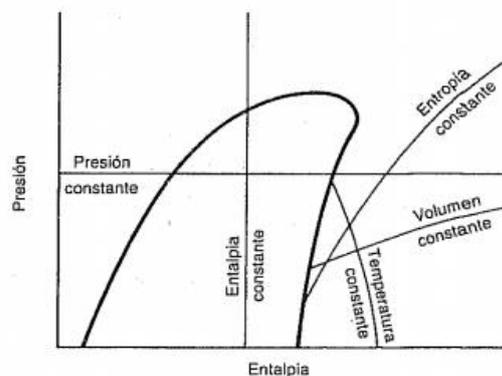


figura 3. líneas de propiedades en el diagrama P-h

las propiedades que se plasman en el diagrama de mollier son presión, entalpia, temperatura, entropía y volumen como se muestra en la figura 3.

Cuando la presión es constante o proceso isobárico se dibuja una línea horizontal, cuando la entalpia es constante o proceso isoentálpico se dibuja una línea vertical pero cuando se quiere plasmar la temperatura constante o proceso isotérmico en el diagrama P-h se observa que esta línea cambia de dirección en la región de vapor sobrecalentado, en la región de líquido y vapor esta línea es horizontal (cuando una sustancia cambia de estado entre líquido y vapor a presión constante, no cambia su temperatura). En el caso del volumen específico o proceso isocorico la línea tiende hacer una ligera pendiente creciente en la región de vapor sobrecalentado y en el caso de la entropía específica constante o proceso isentrópico las líneas presentan una fuerte pendiente en la zona de vapor sobrecalentado.

OBJETIVO

- Identificar y analizar los procesos que se desarrollan en sistemas de refrigeración por compresión de vapor. Así como comprender la elaboración de los diagramas de mollier

ACTIVIDADES PREVIAS AL LABORATORIO

1. Hacer un comparativo de las líneas de la propiedad de temperatura, presión, entalpia y entropía de los diagramas P-h y T-s del ciclo simple de refrigeración por compresión de vapor. seguir el ejemplo de la figura 4

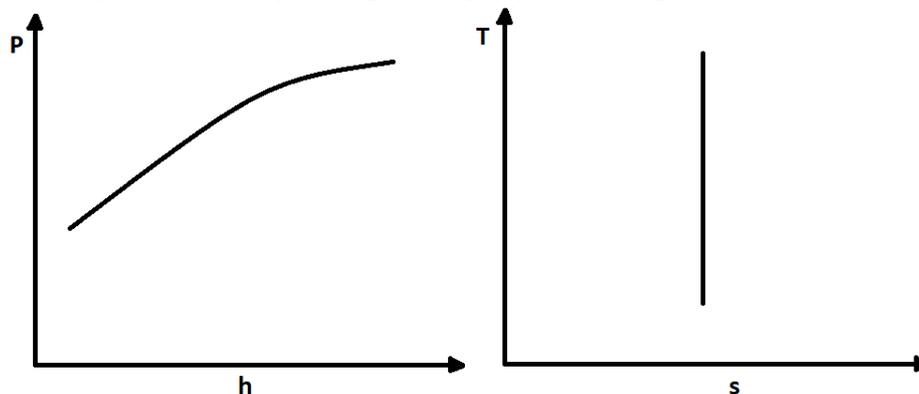


figura 4. proceso isentropico

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

ADVERTENCIA: Antes de manipular el banco de refrigeración tener en cuenta que el refrigerante R600a es altamente inflamable. Por favor no manipular elementos que sean inflamables cerca del banco y utilizar siempre los elementos de protección personal.

- Activar el breaker del banco para que entre en funcionamiento.
- Esperar de 10 a 20 min para que la nevera tome la temperatura deseada.
- Entrar al software de SITRAD.
- Tomar datos de temperatura en la unidad manejadora y condensadora.
- Tomar datos de unidad de presión (nota: manómetro azul baja presión, manómetro rojo alta presión).
- Según los datos de temperatura y presión tomar la tabla R600a y adjuntar datos de entalpia y entropía.
- Hacer una hoja de cálculo en Excel para generar los diagramas de mollier.
- Adjuntar datos y respuesta.
- Hacer un informe del desarrollo del laboratorio con formato IEEE.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Banco de refrigeración por compresión de vapor.
- Software SITRAT.
- Tabla refrigerante R 600a.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Gafas de seguridad.
- Guantes.
- Bata de laboratorio.

DATOS Y RESULTADOS

Mediante el uso adecuado del banco de refrigeración modifique y recolecte los datos de temperatura y presión que se genera y encontrar entalpia y entropías en la tabla del refrigerante R600a.

1. Ejercicio 1

TEMPERATURA (T) °C	PRESION (P) kpa	ENTALPIA (h) kJ/kg	ENTROPIA(S) kJ/kg.K

2. Ejercicio 2

TEMPERATURA (T) °C	PRESION (P) kpa	ENTALPIA (h) kJ/kg	ENTROPIA(S) kJ/kg.K

CUESTIONARIO

1. Dibuje el ciclo de refrigeración por compresión de vapor con sus respectivos componentes, procesos e identificar el lado de alta y de baja.

FALLAS EN EL SISTEMA, EFICIENCIA Y EL COMPORTAMIENTO DEL CICLO DE REFRIGERACION

PROGRAMA	
ASIGNATURA	
NOMBRE DEL PROFESOR	
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	
FECHA	

INTRODUCCIÓN

En esta guía de trabajo se analizará los diferentes fallos que se pueden presentar en un sistema de refrigeración y se calculará el COP en el sistema, se analizarán datos y se hace el cálculo de la eficiencia de este.

Principales fallos en el sistema de refrigeración:

El compresor es un equipo desechable en los sistemas de refrigeración doméstica tiene poco arreglo a no ser por el desgaste de los empaques para esto se debe abrir la unidad, revisar fugas y cambiar el empaque dañado. también puede presentar que se haya pegado el compresor en este caso se puede abrir para despegarlo, pero si la falla es en el motor eléctrico es mejor cambiarlo, la ausencia de presión se debe a que puede haber obstrucción en el circuito o que el compresor no esté trabajando debidamente.

Cuando el evaporador no enfría se debe a que puede haber una fuga en el sistema o que le hace falta refrigerante a este.

Cuando hay humedad en el sistema se debe a que el proceso de vacío no fue bien ejecutado y esto presenta cambios abruptos en el evaporador ya que al estar con agua el circuito se puede congelar y obstruir el método de expansión en este caso tubo capilar.

Cuando se presenta ausencia de frío en el refrigerador se debe a que hay una fuga en los empaques o que hay exceso de escarcha en el evaporador o la falta de refrigerante en el sistema.

Cuando se presenta demasiado frío en el refrigerador se debe a que el termostato o el bulbo del control está dañado o que el control este mal cuadrado, también puede deberse a exceso de refrigerante.

Calculo del coeficiente de desempeño del refrigerador (COP_R).

El coeficiente de desempeño se calcula para determinar si el sistema es eficiente ya que se siempre se desea obtener la mayor capacidad de refrigeración con el menor gasto de energía, para encontrar este valor es importante hallar Cantidad de calor extraído del espacio refrigerado (\dot{Q}_L) y el trabajo del compresor ($\dot{W}_{entrada}$), entonces:

$$COP_R = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{entrada}}$$

OBJETIVO

Analizar el rendimiento y la eficiencia del sistema de refrigeración, y analizar las fallas el comportamiento del sistema si se produce fallas en los elementos que lo componen.

ACTIVIDADES PREVIAS AL LABORATORIO

1. ¿Cuáles son las principales fallas en un compresor?
2. ¿Qué pasa si se sobrecarga de refrigerante?
3. ¿Cuáles son los tipos de refrigerante más usados?

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

ADVERTENCIA: Antes de manipular el banco de refrigeración tener en cuenta que el refrigerante R600a es altamente inflamable. Por favor no manipular elementos que sean inflamables cerca del banco y utilizar siempre los elementos de protección personal.

- Activar el breaker del banco para que entre en funcionamiento.
- Esperar de 10 a 20 min para que la nevera tome la temperatura deseada.
- Entrar al software de SITRAD.
- Apagar componentes que se indiquen.
- Tomar datos de temperatura en la unidad manejadora y condensadora.
- Tomar datos de unidad de presión.
- Según los datos de temperatura y presión tomar la tabla R600a y adjuntar datos de entalpia y entropía.
- Hacer una hoja de cálculo en Excel para generar los diagramas de mollier.
- Adjuntar datos y respuestas.
- Hacer un informe del desarrollo del laboratorio con formato IEEE.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Banco de refrigeración por compresión de vapor.
- Software SITRAT.
- Tabla refrigerante R 600a.

ESTUDIO Y CORRECCION DE FALLAS MODIFICANDO VALVULA DE EXPANSIÓN

PROGRAMA	
ASIGNATURA	
NOMBRE DEL PROFESOR	
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	
FECHA	

INTRODUCCIÓN

El método de expansión está ubicado antes del evaporador y tiene dos funciones principales:

1. Generar una caída de presión para que el refrigerante se evapore o se expanda y así llegar a la temperatura deseada en el evaporador.
2. Controlar el flujo de refrigerante según la demanda.

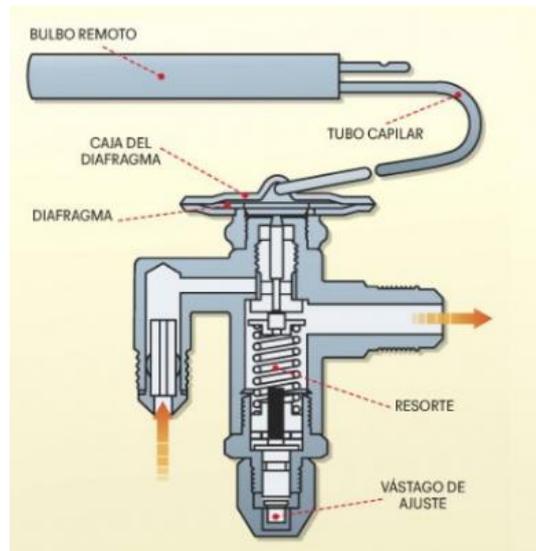
Cuando la carga térmica del evaporador aumenta, el método de expansión debe suministrarle mayor flujo de refrigerante a este. En caso contrario cuando la carga térmica del evaporador disminuye el método de expansión debe suministrarle menor flujo de refrigerante a la unidad evaporativa. Por eso tiene la función de controlar el flujo de refrigerante al sistema, esto no quiere decir que el método de expansión sea un controlador de presión.

Existen varios métodos de expansión, estos son los principales:

- Válvula de expansión manual.
- Válvula de expansión termostática.
- Válvula de expansión termoeléctrica.
- Válvula de expansión a presión constante.
- Válvula de flotador.
- Tubo capilar.

La mayormente utilizada es la válvula termostática; esta se constituye de un bulbo, un tubo capilar, un diafragma, un resorte y una aguja como se muestra en la (figura 1).

Figura 1 Elementos de la válvula de expansión

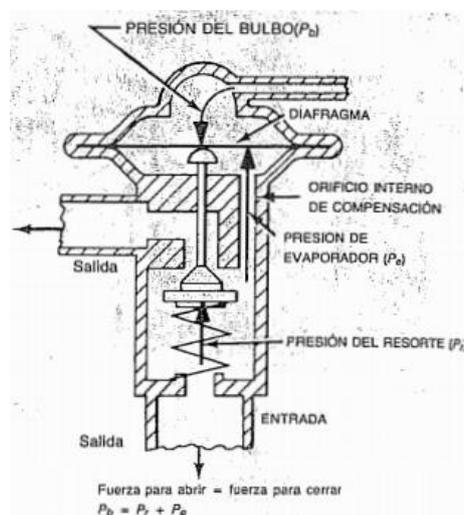


Fuente. Cero Grados Celsius

En esta válvula se ejercen tres presiones como se ve en la (figura 2): presión de bulbo (P_b), la presión del resorte (P_r) y la presión del evaporador (P_e). Cuando la aguja ni se abre ni se cierra se dice que está en equilibrio o que la fuerza para abrir es igual a la fuerza para cerrar, esto se detalla en la siguiente ecuación:

$$P_b = P_r + P_e$$

Figura 2 Presiones que actúan en la válvula de expansión.



Fuente. (Edwar G Pita, 1991)

Cuando P_b es mayor a la sumatoria de P_r y P_e , la válvula se moverá para tener una posición más abierta y así hacer fluir mas refrigerante.

OBJETIVO

- Identificar y analizar los procesos que se desarrollan en sistemas de refrigeración por compresión de vapor al modificar los parámetros de la válvula de expansión, comprender su funcionamiento y las fallas que puede generar en el sistema si esta presenta alteraciones.

ACTIVIDADES PREVIAS AL LABORATORIO

1. ¿Cómo es el funcionamiento de una válvula de expansión termoeléctrica?

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

ADVERTENCIA: Antes de manipular el banco de refrigeración tener en cuenta que el refrigerante R600a es altamente inflamable. Por favor no manipular elementos que sean inflamables cerca del banco y utilizar siempre los elementos de protección personal.

- Activar el breaker del banco para que entre en funcionamiento.
- Esperar de 10 a 20 min para que la nevera tome la temperatura deseada.
- Entrar al software de SITRAD.
- Modificar la válvula de expansión.
- Tomar datos de temperatura en la unidad manejadora y condensadora.
- Tomar datos de unidad de presión (nota: manómetro azul baja presión, manómetro rojo alta presión).
- Según los datos de temperatura y presión tomar la tabla R600a y adjuntar datos de entalpia y entropía.
- Hacer una hoja de cálculo en Excel para generar los diagramas de mollier
- Adjuntar datos y respuesta.
- Hacer un informe del desarrollo del laboratorio con formato IEEE.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Banco de refrigeración por compresión de vapor.
- Software SITRAT.
- Tabla refrigerante R 600a.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Gafas de seguridad.
- Guantes.
- Bata de laboratorio.

DATOS Y RESULTADOS

Mediante el uso adecuado del banco de refrigeración modifique y recolecte los datos de temperatura y presión que se genera al modificar la válvula de expansión y encontrar entalpia y entropías en la tabla del refrigerante R600a.

1. Primera modificación

TEMPERATURA (T)	PRESION (P)	ENTALPIA (h)	ENTROPIA(S)

2. Segunda modificación

TEMPERATURA (T)	PRESION (P)	ENTALPIA (h)	ENTROPIA(S)

CUESTIONARIO

1. ¿Qué parámetros cambian al modificar el paso de refrigerante por la válvula de expansión?
2. Dibuje el diagrama de mollier.
3. ¿Qué problemas causaría al sistema si no se hace la expansión?
4. ¿se debe realizar seguimiento al circuito eléctrico del sistema? Justifique.

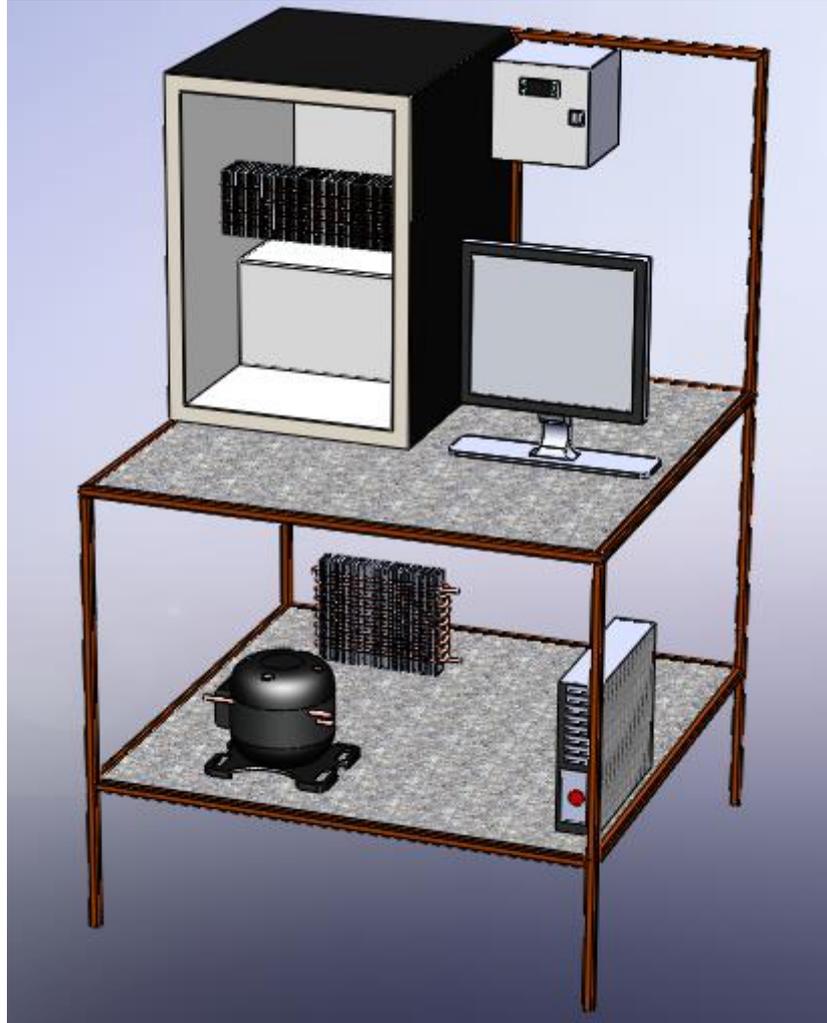
Conclusiones

1.		✎
2.		✎
3.		✎

REFERENCIAS

- Pita, E., 1991. *Principios y sistemas de refrigeración*. 1ª ed. México: Limusa, págs. 53-62.
- Çengel, Yunus A., y Michael A. Boles, 2011. *TERMODINAMICA* /. 1a. ed. MEXICO: MCGRAW-HILL, pags. 618-632.
- <https://0grados.com.mx/aplicacion-y-ajuste-de-las-valvulas-de-expansion-termostatica/>

B. Anexo: Instructivo de operación y mantenimiento



Contenido

1	OBJETIVO	3
2	ALCANCE	3
3	CAMPO DE APLICACIÓN	3
4	ESPECIFICACIONES	3
4.1	Horarios de Servicio.....	3
4.1.1	Recurso Humano.....	4
4.1.2	Recursos necesarios.....	4
4.1.3	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUCTIVO	4
5	OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO	5
5.1	COMPONENTES:	5
5.2	Puesta en funcionamiento:	6
5.3	Captura de datos, generación de registros y gráficos.	10
5.4	Diagrama electrico de conexión	15
6	LABORES DE MANTENIMIENTO	16
6.1	PRE INSPECCIONA.....	16
6.2	INSPECCIONA.....	16
6.2.1	Inspección Visual:	17
6.2.2	Inspección auditiva:	17
6.2.3	Inspecciones generales:	17
6.2.4	Verificación de sistema eléctrico de operación según especificaciones técnicas del equipo.....	18
6.2.5	Verificación Control	18
6.2.6	Verificación de presiones	18
6.2.7	Limpieza del equipo:	18
6.2.8	Recomendaciones De Seguridad Y Salud Laboral	20
6.2.9	Elementos de Protección Personal (EPP):	23

1 OBJETIVO

Establecer las medidas de operación, mantenimiento y seguridad que se deben tener en cuenta para la realización de trabajo en banco de refrigeración por compresión de vapor.

2 ALCANCE

Este instructivo aplica desde la planeación de actividades de puesta en funcionamiento, así como labores mantenimiento hasta la entrega final del equipo en condiciones óptimas por parte del usuario o técnicos de mantenimiento.

3 CAMPO DE APLICACIÓN

Las personas responsables de llevar a cabo el cumplimiento del preste Instructivo son en la parte de planeación de actividades

- Facultad de electromecánica.
- Persona encargada del laboratorio

Las responsabilidades de la realización de las diferentes actividades relacionadas con el Plan de mantenimiento están a cargo de:

- Técnicos de Mantenimiento
- Personal destinado para la labor

La responsabilidad en la verificación de la ejecución y cumplimiento del plan de mantenimiento está a cargo de:

- Persona encargada del laboratorio

La responsabilidad en el actuar está a cargo de la facultad de electromecánica mediante el seguimiento rutinario de la programación del plan de mantenimiento de equipos.

4 ESPECIFICACIONES

4.1 Horarios de Servicio

La facultad y el personal de laboratorio será el encargado de estipular los horarios de servicio del laboratorio donde se instale el banco de refrigeración.

4.1.1 Recurso Humano

Para llevar a cabo la ejecución de las diferentes labores pertenecientes al mantenimiento de los equipos la facultad dispondrá del personal adecuado y capacitado para esta tarea, está a disposición de la facultad en temas prácticos usar los espacios de mantenimiento para las clases dadas a los alumnos.

La facultad es libre de asignar personal externo experto en sistemas de refrigeración para realizar el mantenimiento del banco de trabajo de refrigeración por compresión de vapor.

4.1.2 Recursos necesarios

Serán determinados por el laboratorista o la facultad elementos como herramientas, materiales; previa entrega del área completamente despejada por parte del Líder y/o Responsable del proceso.

Las actividades del mantenimiento de infraestructura de la universidad son controladas por el ente o las personas que la universidad designe se realizará seguimiento en las condiciones que ella determine, que garantice el óptimo estado y funcionamiento de los equipos.

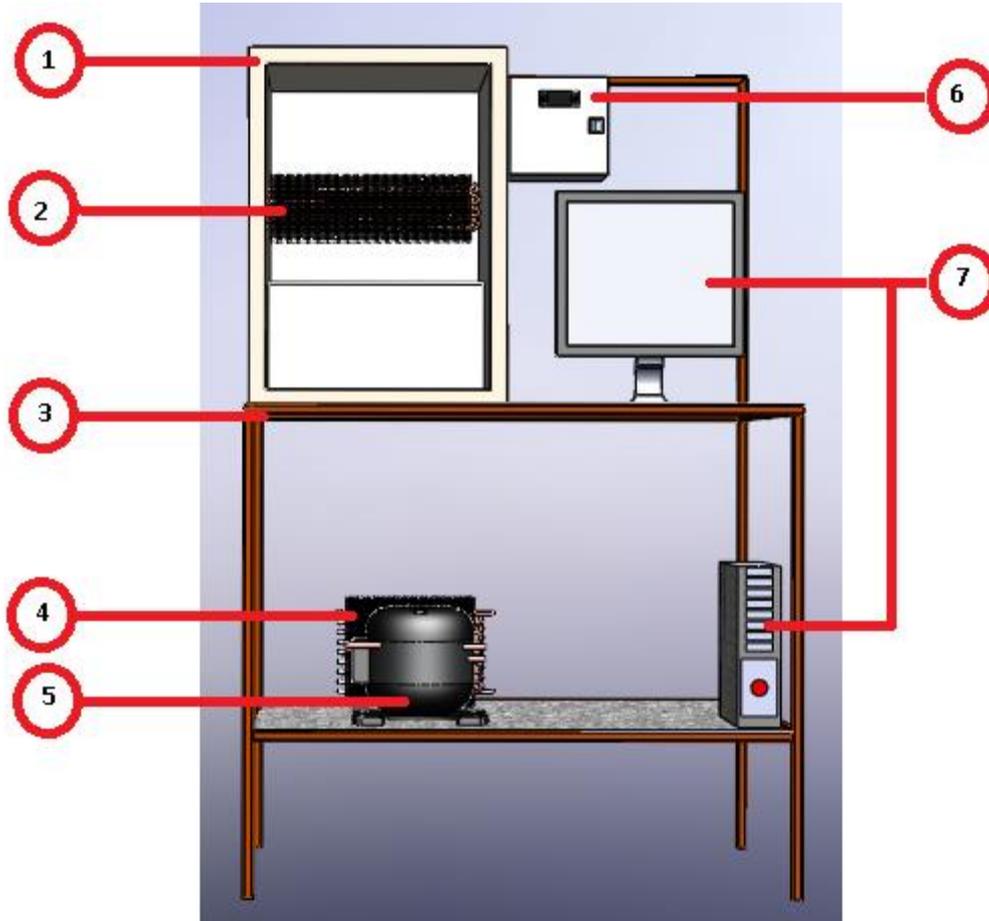
4.1.3 DESCRIPCIÓN DEL INSTRUCTIVO

En el presente instructivo se describen las actividades de operación, inspección pre operativa, inspecciones de mantenimiento, medidas de control y de seguridad que se deberán tener en cuenta con el fin de realizar los planes de mantenimiento preventivo de equipos de refrigeración.

5 OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Cada que se desee poner en funcionamiento el equipo, debe ser informado, con previa autorización el laboratorista o maestro, quien dirige una clase o sesión que implique el uso del banco de refrigeración por compresión de vapor.

5.1 COMPONENTES:



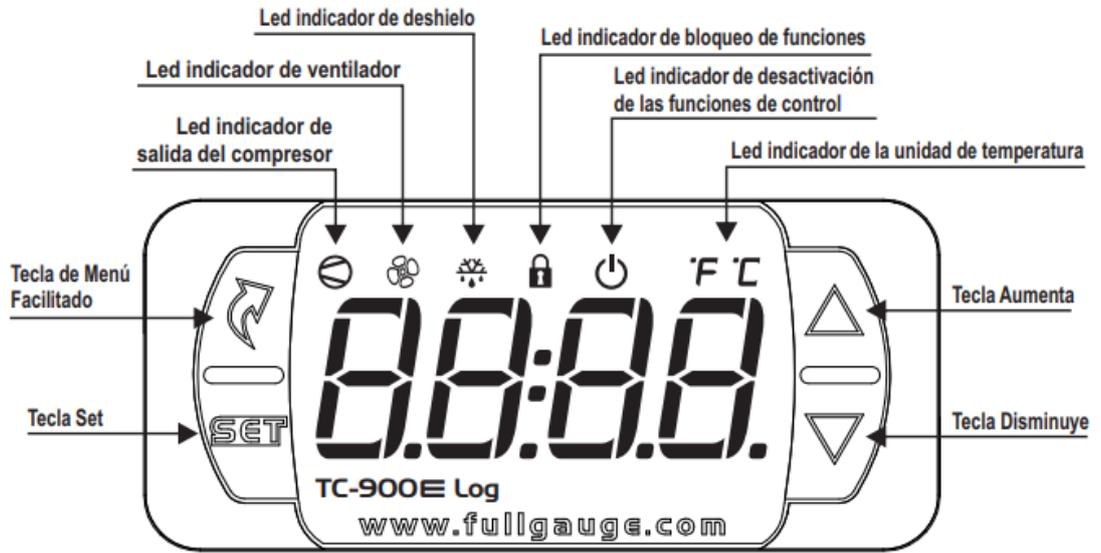
1. Recámara
2. Evaporador
3. Estructura
4. Condensador
5. Compresor
6. Tablero eléctrico
7. Pc-interfaz usuario

CARACTERISTICAS	
Recamara	Panel en poliuretano de 1.5" recubierto con acero calibre 16 puerta en vidrio.
Evaporador	serpentín tubería en cobre diámetro 5/16", con aletas en aluminio capacidad 1/5HP + moto ventilador 10 w 9"
Estructura	Hierro CR, tubería cuadrada 20 x 20 mm, lamina acero galvanizado calibre 16 acabado pintura anoloc.
Condensador	serpentín tubería en cobre diámetro 5/16", con aletas en aluminio capacidad 1/5HP + moto ventilador 10 w 9"
Compresor	TECUMSEH referencia TA1360M-FZ1A capacidad 1/5 HP
Pc-interfaz usuario	DELL OptiPlex 380, monitor 19" ram 4gb, DD 512, Core i3 2da gen.
Refrigerante	R600a  Peligro Atención
Tensión	110-120 Vac

5.2 Puesta en funcionamiento:

- Conectar el equipo con en red normal 110-120 Vac preferiblemente red con puesta a tierra.
- Encienda el computador o interfaz usuario, el sistema operativo actual es Windows, abra el aplicativo SITRAD 4.13.
- Luego de esto rearme breaker (interruptor termo magnético) del equipo ubicado en tablero eléctrico, el banco de refrigeración iniciara funcionamiento inmediatamente de acuerdo a programación guardada en el controlador de temperatura control Full gauge TC900log ubicado en el frontal del tablero eléctrico, el control indicará la temperatura del recinto o refrigerador en la que se encuentra adicionalmente indicara con testigos luminosos el estado de los demás componentes como compresor y ventilador del

evaporador cabe resaltar que la unidad condensadora cuenta con un moto ventilador el cual enciende en conjunto con el compresor



Navegación dentro del controlador TC900e Log.

Para ingresar o navegar en el menú facilitado utilice la tecla  (toque corto) mientras el controlador esté indicando la temperatura. A cada toque será exhibida la próxima función de la lista, para confirmar utilice la tecla  (toque corto).

FAST FREEZING (ON/OFF)



SETPOINT ECONÓMICO (ON/OFF)



DESHIELO (ON/OFF)



BLOQUEO DE FUNCIONES



FUNCIONES DE CONTROL (ON/OFF)



SETPOINT NORMAL



SETPOINT ECONÓMICO



REGISTRO DE TEMPERATURA MIN. Y MÁX.



SALIR DE LA FUNCIÓN



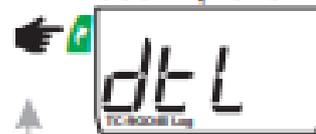
REARME DE LAS ALARMAS DE PRESIÓN ALTA Y BAJA



SELECCIÓN DE FUNCIÓN



CONECTA/DESCONECTA DATALOGGER (MODO MANUAL)



AJUSTE FECHA Y HORA



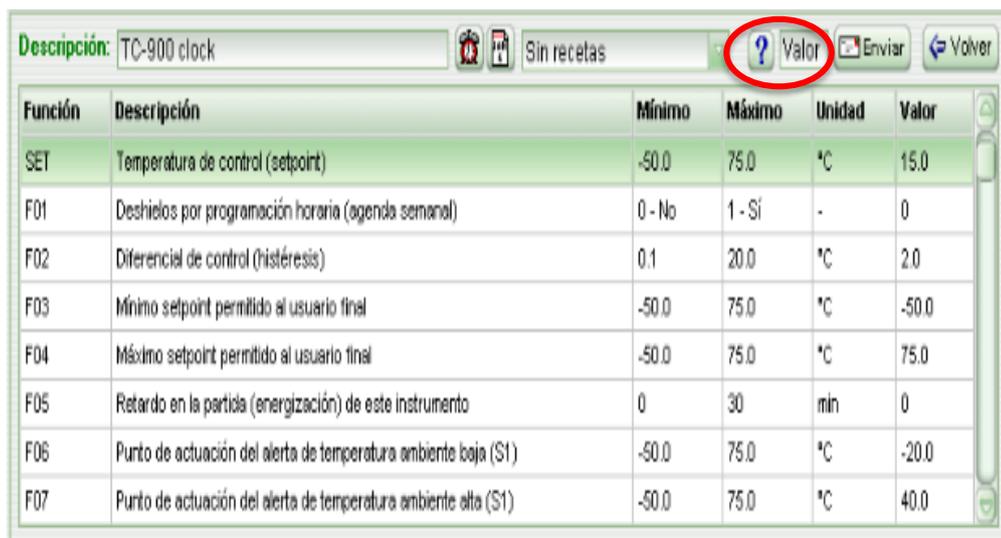
VISUALIZA CONTADOR DE HORAS (HORÓMETRO)



LIMPIAR VALORES MIN. Y MÁX.



- Para funciones específicas remitirse a manual de usuario TC900eLog en el escritorio del computador o en físico con el laboratorista.
- Verifique el funcionamiento del ventilador del evaporador ubicado en la recámara del refrigerador, al abrir la cámara de refrigeración debe apagar el ventilador, en la interfaz en el módulo SALIDAS se encontrara en rojo el piloto referenciado FAN
- Valide dentro del sistema Sitrad los 3 registros de temperatura que indica el controlador TC900eLog (Ambiente, evaporador, condensador)
- El funcionamiento el compresor estará indicado en el módulo SALIDAS, el piloto en color rojo referenciado REFR.
- Para manipulación del software SITRAD por favor remitirse al manual de usuario en la siguiente URL https://sitrad413.sitrad.com/es/user_guide/index.html.
- La interfaz del usuario es muy intuitiva, está dividida en bloques de comandos, con el nombre de la función que realiza, para la modificación de parámetros basta solo con pulsar virtualmente el botón comandos (clave para todo el sistema 123). Para variar cualquier parámetro basta con poner el cursor en la casilla con el nombre valor, pulsar enviar y queda ajustado el nuevo Valor, para corroborar a información pulsar la tecla con el signo de interrogación.



Descripción: TC-900 clock Sin recetas ? Valor Enviar Volver

Función	Descripción	Mínimo	Máximo	Unidad	Valor
SET	Temperatura de control (setpoint)	-50.0	75.0	°C	15.0
F01	Deshielos por programación horaria (agenda semanal)	0 - No	1 - Sí	-	0
F02	Diferencial de control (histéresis)	0.1	20.0	°C	2.0
F03	Mínimo setpoint permitido al usuario final	-50.0	75.0	°C	-50.0
F04	Máximo setpoint permitido al usuario final	-50.0	75.0	°C	75.0
F05	Retardo en la partida (energización) de este instrumento	0	30	min	0
F06	Punto de actuación del alerta de temperatura ambiente baja (S1)	-50.0	75.0	°C	-20.0
F07	Punto de actuación del alerta de temperatura ambiente alta (S1)	-50.0	75.0	°C	40.0

5.3 Captura de datos, generación de registros y gráficos.

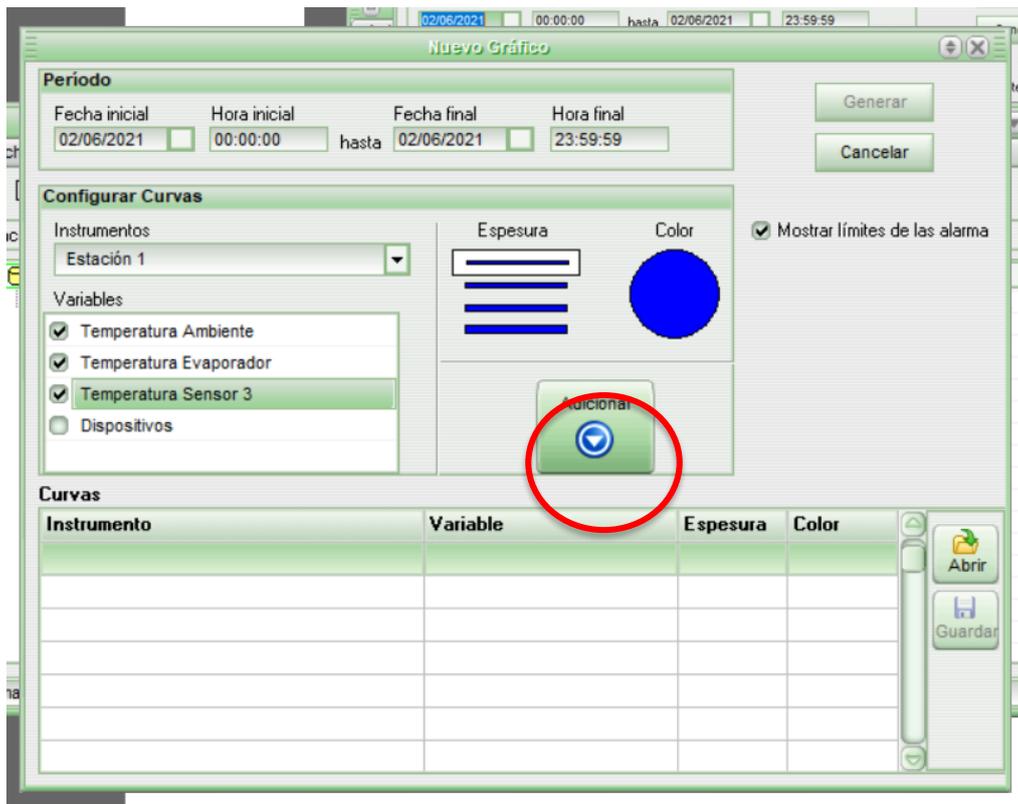
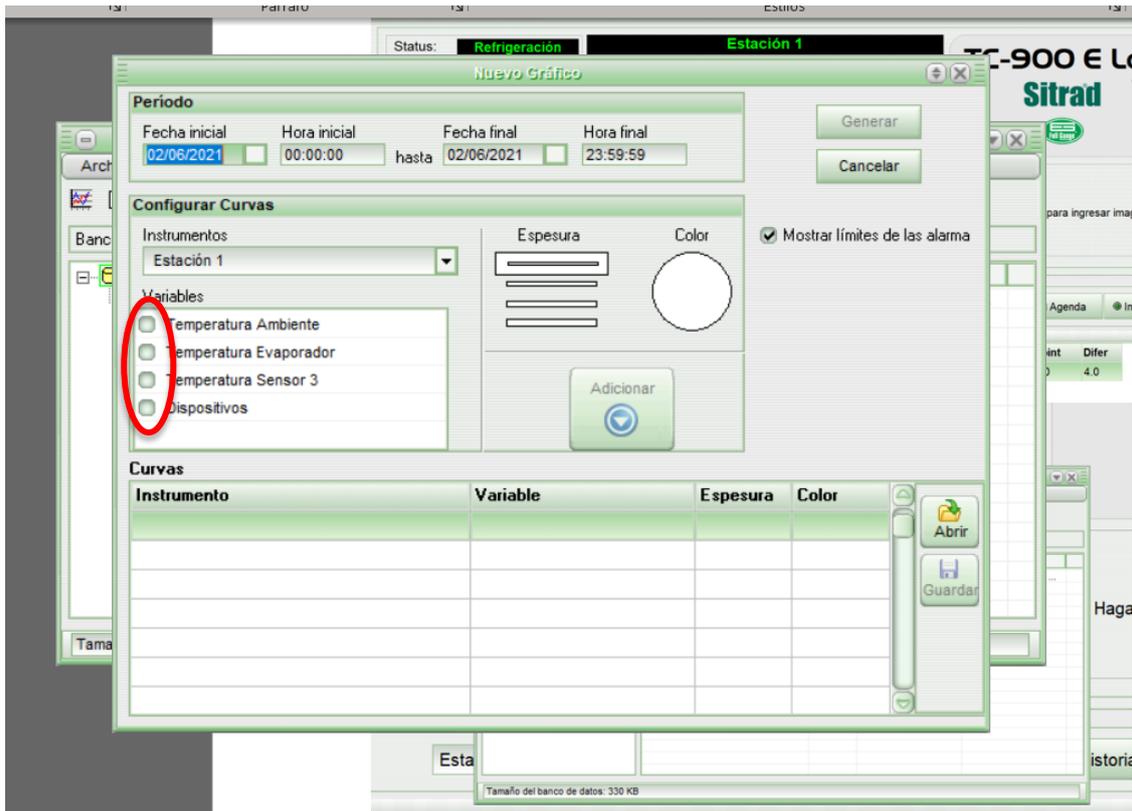
Al verificar que el funcionamiento de cada componente es correcto, pulse en la parte inferior derecha *historial*

Direc	Descripción	Temp1	Temp2	Temp3	REFR	FANS	DEFR	BUZZ	Alarmas	Status	Point	Difer
001	Estación 1	0.6	-15.3	22.1	conec	conec	desc	desc	-----	Refrigeración	0.0	4.0

Se despliega una pantalla de navegación en la cual se realiza doble click en el ítem *Estacion 1*, el cual es el controlador TC900eLog instalado.

Instrumento	Muestras	De	Hasta
Estación 1	2634	18/05/2021 5:42:17...	2/06/2021 6:48:24 ...

Abre otra ventana en la cual se podrá seleccionar el parámetro *Variables* que se quiere graficar o tomar registro en este caso se toman los tres parámetros de temperatura, posteriormente se selecciona *Adicionar*, luego *Generar*.



Nuevo Gráfico

Período

Fecha inicial: 02/06/2021 Hora inicial: 00:00:00 hasta Fecha final: 02/06/2021 Hora final: 23:59:59

Generar
Cancelar

Configurar Curvas

Instrumentos: Estación 1

Variables:

- Temperatura Ambiente
- Temperatura Evaporador
- Temperatura Sensor 3
- Dispositivos

Espesura: [3 líneas] Color: [Azul]

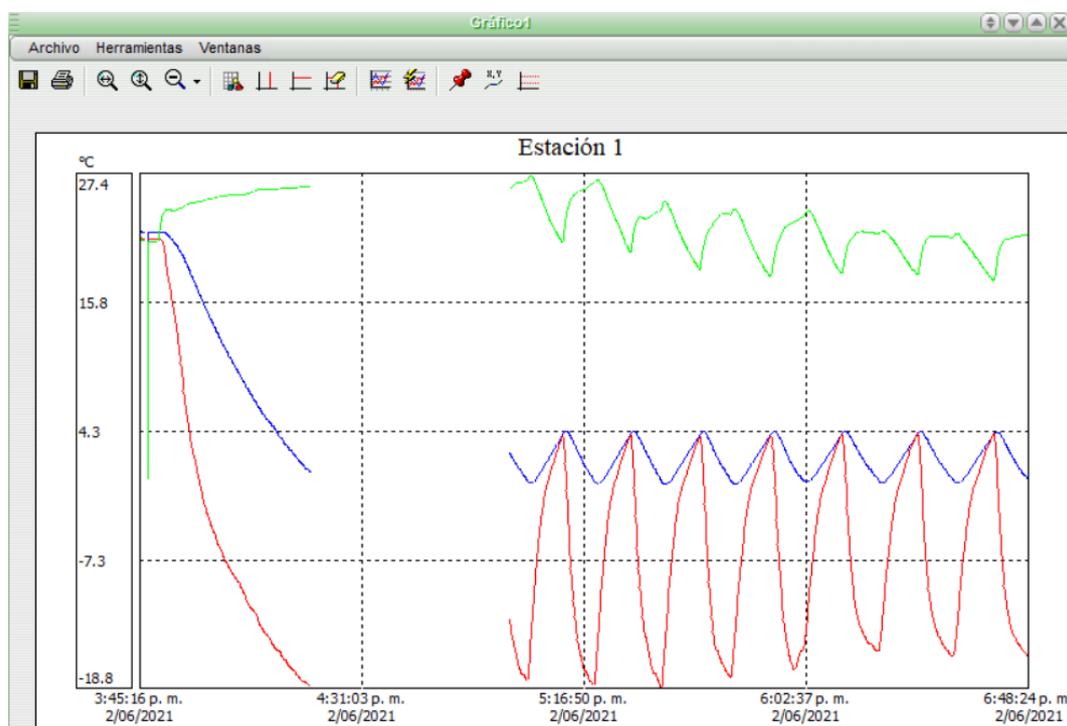
Mostrar límites de las alarma

Adicionar

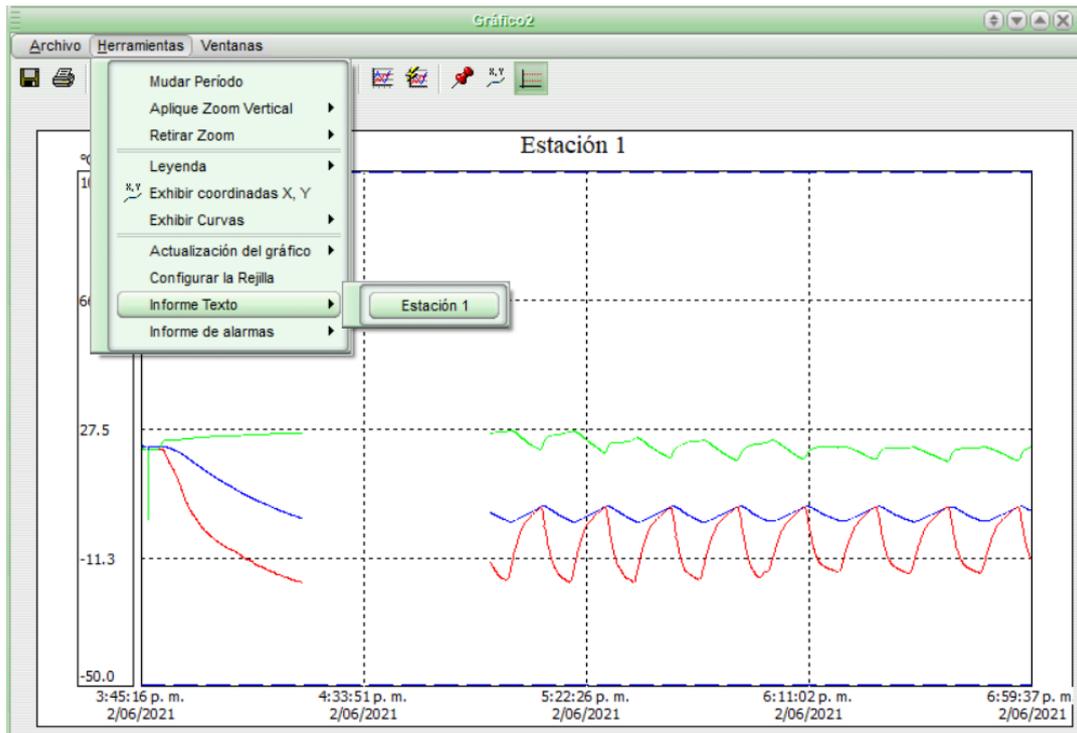
Curvas

Instrumento	Variable	Espesura	Color
Estación 1	Temperatura Ambiente	[3 líneas]	[Azul]
Estación 1	Temperatura Evaporador	[3 líneas]	[Rojo]
Estación 1	Temperatura Sensor 3	[3 líneas]	[Verde]

Abrir
Guardar



Para generar el informe de texto presionar *Herramientas* luego *informe de texto* siguiente selecciona *Estación 1*, al seleccionar la opción imprimir se puede exportar en formato PDF.



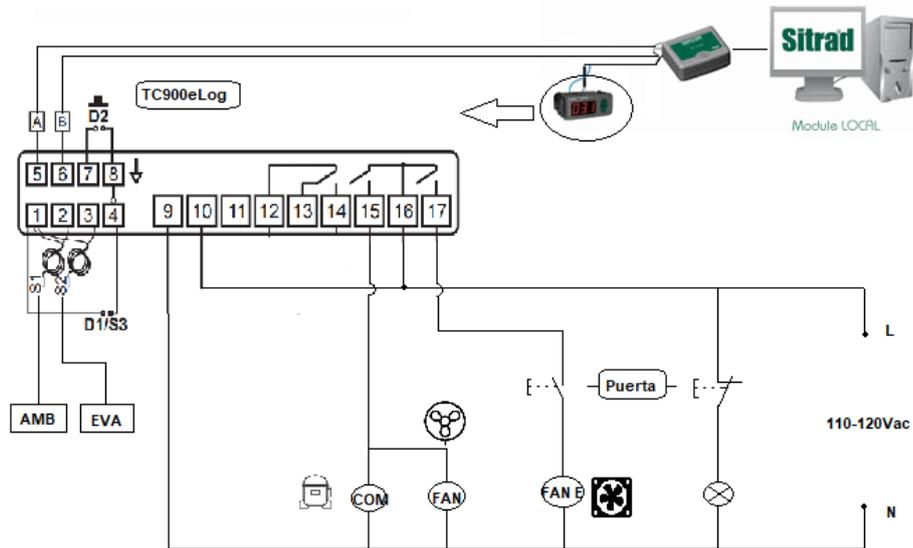
Texto1 - Estación 1

TC-900 Log - Estación 1

Fecha	Hora	Temp Ambiente	Temp Evaporador	Temp. Sensor 3	REFR	FAN	DEFR	BUZZ	FAST
2/06/2021	3:45:16 p. m	22.3	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:45:21 p. m	22.3	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:45:26 p. m	22.3	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:45:31 p. m	22.4	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:45:37 p. m	22.4	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:45:42 p. m	22.4	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:45:47 p. m	22.4	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:45:52 p. m	22.4	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:45:58 p. m	22.4	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:46:03 p. m	22.4	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:46:08 p. m	22.4	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:46:13 p. m	22.4	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:46:18 p. m	22.4	21.7	21.6	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:46:43 p. m	0.0		0.0	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:46:49 p. m	22.3	21.7	21.5	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:46:54 p. m	22.3	21.7	21.5	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:46:59 p. m	22.3	21.7	21.5	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:47:04 p. m	22.3	21.7	21.5	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta
2/06/2021	3:47:09 p. m	22.3	21.7	21.5	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta	Desconecta

5.4 Diagrama electrico de conexión

Se muestra la conexión del controlador TC900eLog, quien es el que directamente administra los componentes del sistema, los puntos de conexión de las sondas de temperatura s1, s2 y s3 la alimentación de tension 110v, en todo el sistema controla el compresor atado al ventilador del condensador, y una conexión independiente en el motoentilador del evaporador, adicional in interruptor para la iluminación de la cabina.



6 LABORES DE MANTENIMIENTO

6.1 PRE INSPECCIONA

Cuando se proceda a realizar mantenimiento correspondiente se debe informar de este procedimiento al laboratorista, o la persona encargada y al área afectada por la labor

6.2 INSPECCIONA

Antes de iniciar cualquier trabajo se debe desconectar todas las posibles alimentaciones a la línea, máquina o tablero eléctrico. Se verifica que el corte ha sido bueno cuando se pueda ver los contactos abiertos y con espacio suficiente como para asegurar el aislamiento (corte visible); como en los equipos modernos no es posible ver directamente los contactos, los fabricantes incorporan indicadores de la posición de los mismos (corte efectivo). Tener especial cuidado con la manipulación de mangueras o tubería recordar el fluido refrigerante r600a es altamente inflamable. Se debe hacer inspecciones con el fin de conocer las actividades de la tarea y los peligros asociados así:

6.2.1 Inspección Visual:

Se debe iniciar reconociendo el área de trabajo, todo técnico deberá realizar una verificación de tipo visual con el fin de reconocer el área de trabajo a intervenir; en esta se debe tener en cuenta:

- A. Se debe verificar dentro de motores que los tornillos de anclaje estén asegurados
- B. Revisar las aspas que no estén dobladas ni tengan fisuras
- C. Se deben verificar las conexiones eléctricas, las terminales y los cables, los cuales no deben estar abiertos ni sulfatados.

6.2.2 Inspección auditiva:

A modo complementario igual que las inspecciones visuales se debe realizar una inspección de sonido; Se revisan los Motores y compresor, en donde se debe tener atención en encontrar ruidos extraños a su funcionamiento normal.

6.2.3 Inspecciones generales:

- A. Se debe revisar el estado del compresor, asegurando que los tornillos de anclaje estén asegurados, además se debe examinar de manera visual el nivel de aceite si es posible su visualización.
- B. Se debe inspeccionar los serpentines, asegurando que no contenga partículas que obstruyan el paso de aire y que las aspas no presenten dobleces.
- C. Realizar una inspección de válvulas de servicio, donde se debe tener en cuenta que los prensaestopas y los vástagos estén haciendo el cierre respectivo de la misma.
- D. Se debe realizar la verificación general que el equipo y se debe asegurar que no genere manchas de aceite.
- E. Se debe hacer la verificación de los aislamientos en las tuberías para evitar condensaciones excesivas y goteos de agua.
- F. Validar el estado de los empaques, tornillería y puerta de la unidad o recinto de refrigeración, estructura de la misma.

6.2.4 Verificación de sistema eléctrico de operación según especificaciones técnicas del equipo.

Se debe verificar que el equipo esté operando dentro de los rangos establecidos en el funcionamiento normal, según la placa de especificaciones técnicas del motor, bomba o compresor.

Para tomar los datos eléctricos, se debe realizar la operación con aparatos de medida como los son el multímetro o pinza voltiamperimétrica, dichas mediciones se deben realizar antes y después del mantenimiento.

6.2.5 Verificación Control

Se debe revisar el funcionamiento normal de los accionamientos eléctricos o control del sistema (Control electrónico, encendido, apagado, alarmas en caso de tenerlas), así como las condiciones del computador o centro de mando del sistema.

6.2.6 Verificación de presiones

Estas verificaciones se deben hacer con una frecuencia que no altere el sistema evitando descargas de refrigerante, lo recomendable es hacer esta toma en caso de notar anomalías en el funcionamiento del equipo, tener en cuenta el tipo de refrigerante y las condiciones bajo las cuales este opera remitirse a las tablas del mismo.

6.2.7 Limpieza del equipo:

Se debe apagar el equipo para realizar esta operación, la cual se realiza en dos fases:

A. Fase 1: en condensadora del equipo

- Se debe desincrustar el serpentín de la condensadora para realizar un lavado general dependiendo el estado del mismo con brochas, cepillos o estopa en caso de gran acumulación de residuos use agua a presión, con químico desincrustante se refuerza la limpieza para quitar la grasa acumulada en el serpentín.
- Se debe realizar un lavado general con agua a presión de los demás componentes que hacen parte de la condensadora como lo son las aspas, compresor y base.
- Se debe lubricar los motores con aceite lubricante para evitar atascos en los mismos.

- Se debe realizar un ajuste de los contactos eléctricos.

B. Fase 2: en evaporadora del equipo

- Se realiza limpieza mecánica con elementos tipo cepillo o lavado a presión en el serpentín evaporador
- Seguidamente se hace un lavado general de aspas y bandejas de condensado
- Realizar la verificación de drenajes, garantizando que estos no estén obstruidos de mugre o cualquier otro tipo de partícula.
- Ajuste de contactos eléctricos en motores evaporadores y en tableros eléctricos.
- Verificación de sistema de control y mando, realizar sopleteado del equipo de cómputo limpieza con aire a presión y cepillo suave, revisión y ajuste de los conectores del sistema de comunicación y puertos de carga.

Al terminar la limpieza se debe poner en funcionamiento nuevamente el equipo con la puesta de energía conectando la fuente de energía correspondiente, para culminar con el proceso de medición de amperajes y voltajes para verificar correcto funcionamiento eléctrico.

Es de vital importancia que el personal que va a proceder a realizar este tipo de mantenimiento debe estar totalmente calificado con su correspondiente certificado y además de tener todos los elementos de protección personal.

Finalmente, El laboratorista o la persona verifica y determina las frecuencias de mantenimiento verificación y calibración, mediante el registro "Plan de Mantenimiento".

Para describir resumidamente el paso a paso a seguir después de las inspecciones visuales y auditivas, se muestra a continuación una descripción del flujo de trabajo, y así servir como guía operable en campo:

Actividad	Responsable	Soporte en documento
1. revisar el estado del compresor	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
2. inspeccionar el serpentín	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
3. realizar una inspección de válvulas de servicio	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
4. verificar los aislamientos en las tuberías	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
5. verificar amperajes y voltajes	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
6. hacer revisión del control automático del sistema	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
7. Realizar la verificación de presiones	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
8. Realizar limpieza general.	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
9. lubricar los motores y piezas móviles.	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
10. realizar ajuste de contactos eléctricos	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
11. poner en funcionamiento equipo con la puesta de energía	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución
12. seguir las recomendaciones específicas de seguridad y salud laboral explícitas en este protocolo - Numeral 6.9	Técnico de Mantenimiento/Persona asignada	Plan de Mantenimiento de la institución

6.2.8 Recomendaciones De Seguridad Y Salud Laboral

1. Generales:

- Especial cuidado en la manipulación, recordar el R600a es altamente inflamable.
- Inspeccionar las herramientas a utilizar antes de iniciar cualquier trabajo
- Mantener limpio y en óptimas condiciones el lugar de trabajo para evitar accidentes

- Utiliza las herramientas y equipos de trabajo adecuados al trabajo que vayas a realizar y para el cual han sido diseñadas. Si se detecta alguna anomalía en alguna máquina o herramienta se debe informar al superior inmediato o persona encargada y de ser necesario al responsable en materia de Seguridad y Salud Laboral.
- Al realizar los mantenimientos, como primera medida se debe encerrar las áreas de trabajo, haciendo los correspondientes bloqueos y señalizaciones de seguridad que sean necesarios
- Como medida de recomendación, los técnicos no deben usar anillos, relojes, pulseras o cualquier tipo de joya que pueda ocasionar atrapamientos en los equipos.
- Las salidas, zonas de paso, vías de evacuación y espacios de trabajo deberán mantenerse siempre despejados de objetos y líquidos o sustancias resbaladizas.
- No se debe remover cualquier dispositivo de control que otra persona haya colocado sin consultar la causa del mismo.
- Antes de iniciar labores verifique que todas las unidades móviles hayan parado.
- Mantenga los químicos que se consideren inflamables siempre alejados, en lugares ventilados y con sus envases bien cerrados
- Al terminar el trabajo asegurar que todas las herramientas, cables de conexión, cables de tierra y demás artículos hayan sido removidos y retirados del sitio.
- Se debe advertir a las personas que se encuentran en el área cercana que mantengan la distancia del equipo que va a entrar en funcionamiento, además de tomar medidas para que lo realicen.
- Revisar de forma periódica todo hábito de trabajo para detectar posibles actuaciones que puedan generar riesgos.
- Como complemento consulte la ficha técnica del equipo para solucionar cualquier duda que se presente en la operación de mantenimiento.
- Se recomienda Implicarse en la Prevención de Riesgos Laborales de la institución.

2. Específicas según el trabajo:

Manipulación de productos químicos
1. Al manipular un producto químico, solicitar y consultar su ficha de datos de seguridad. Leer la etiqueta y dar Manejo siguiendo las indicaciones contenidas en esta.
2. En las fichas de datos de seguridad aparecen las indicaciones relativas al uso, almacenamiento, transporte, protecciones individuales necesarias, primeros auxilios, actuaciones en caso de derrame, incendios, entre otros.
3. No mezclar productos cuya combinación no esté autorizada por el fabricante.
4. No usar envases de otros productos para trasvasar y en ningún caso emplear envases de bebidas o comida.
5. Asegurar de que todos los productos están correctamente identificados y con su etiqueta.
6. No superponer etiquetas, ni escribir o rotular sobre el etiquetado de envases potencialmente peligrosos.
7. Respetar las medidas de higiene personal.

Vapores y gases
1. De salida a toda presión atrapada en equipos y tuberías antes de iniciar labores de mantenimiento.

Manipular cargas manualmente
1. Siempre que sea posible, usar los medios mecánicos auxiliares de los que disponga.
2. Tener en cuenta las normas de seguridad para levantar cargas, las cuales son: <ol style="list-style-type: none">Observa la carga: posible peso, forma, tamaño, zonas de agarreSolicita ayuda a otras personas si el peso es excesivo o hay que adoptar posturas incómodas y no se pueden usar medios mecánicos.Adoptar la postura de levantamiento: pies separados, espalda recta, mentón metido y rodillas flexionadas.Sujetar firmemente la carga con las manos y acercarla al cuerpo.Levantar suavemente la carga por extensión de las piernas, manteniendo la espalda derecha. No dar tirones a la carga ni la moverla de forma rápida o brusca.Evitar giros del tronco, mover los pies en lugar de la cintura.
3. En posición sentado, evitar manejar pesos de más de 5 kg., preferiblemente hacerlo de pie.
4. En las estanterías, procura colocar los objetos que usas con más frecuencia en las baldas de altura comprendida entre el codo y media pierna al estar de pie.
5. Evitar levantar cargas por encima de la altura de los hombros. Utiliza los elementos de ayuda. (escaleras de mano).
6. Asegúrate previamente que la zona de paso está libre y transitable si se transporta objetos voluminosos, puesto que existe probabilidad de tener completa visión de por dónde se transita.
7. Se recomienda para mantener la espalda sana realizar pausas activas y ejercicios que la fortalezcan.

6.2.9 Elementos de Protección Personal (EPP):

Es Indispensable el uso de los elementos de protección personal que sean necesarios para la protección de los riesgos a que los que el trabajador este expuesto, los cuales se mencionan a continuación:

PELIGRO	EPP
Caída de objetos	Gafas de alto impacto con protección lateral
Caída a distinto nivel	casco clase A de tres puntos con barbuquejo
Eléctrico	Guante aislante de electricidad
	Botas de seguridad dieléctricas
Mecánicos, manejo de herramientas	guante de cuero (vaqueta)
	botas de seguridad
	cinturón porta herramientas
Ruido	protector auditivo de inserción y protector de copa
Sustancias químicas	Guantes industriales de neopreno

1. CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	CAMBIOS
001	Mayo – 2021	Generación del documento.

TABLA DE RETENCIÓN DOCUMENTAL

CÓDIGO	NOMBRE	RESPONSABLE DE ARCHIVO	CÓMO Y DÓNDE ARCHIVA	TIEMPO DE RETENCIÓN	DISPOSICIÓN

C. Anexo: Planos.



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE REFRIGERACIÓN POR
COMPRESIÓN DE VAPOR PARA UAN SEDE SUR BOGOTÁ

NOMBRE

FECHA

MATERIAL:

TÍTULO:

**Cristian
Castillo**

MAY/2021

ESQUEMA BANCO

**Francisco
Rivera**

N.º DE DIBUJO

01

A4

PESO:

ESCALA:1:20

HOJA 1 DE 1

4

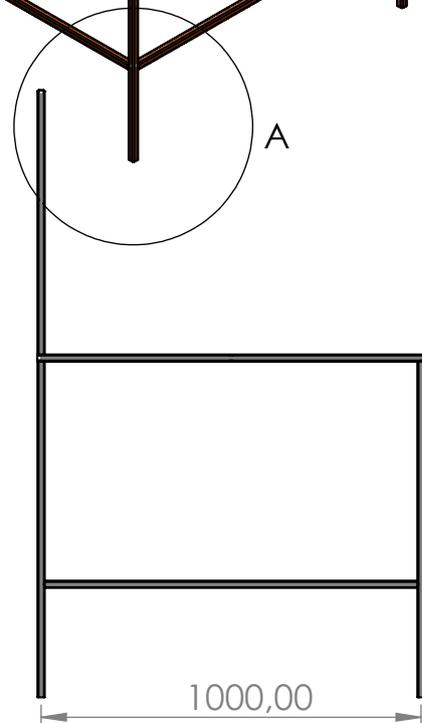
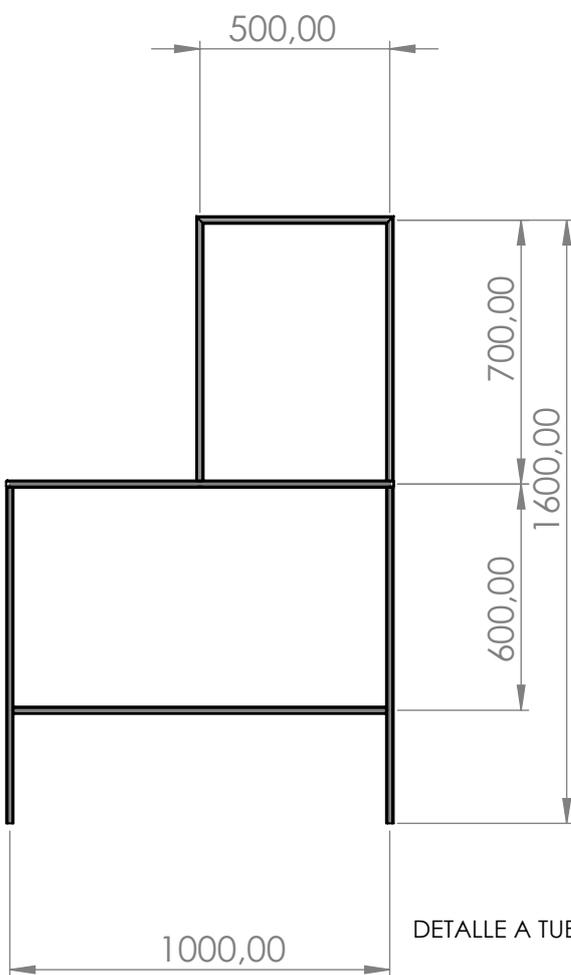
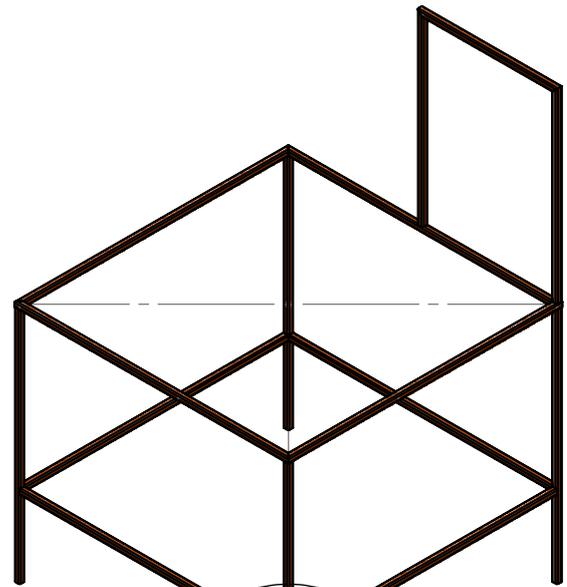
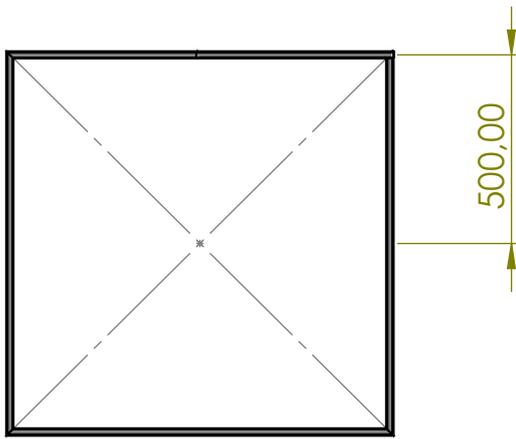
3

2

1

A

A



DETALLE A TUBO CUADRADO 1" A 2" ACERO
ESCALA 1 : 10

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

ACABADO:
ACERO AL CARBON, PINTURA ELECTROSTATICA

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR PARA UAN SEDE SUR BOGOTA

NOMBRE

FECHA

TÍTULO:

**Cristian Castillo
Francisco Rivera**

05/2021

Estructura

MATERIAL:

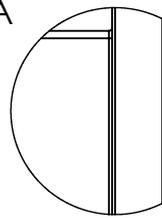
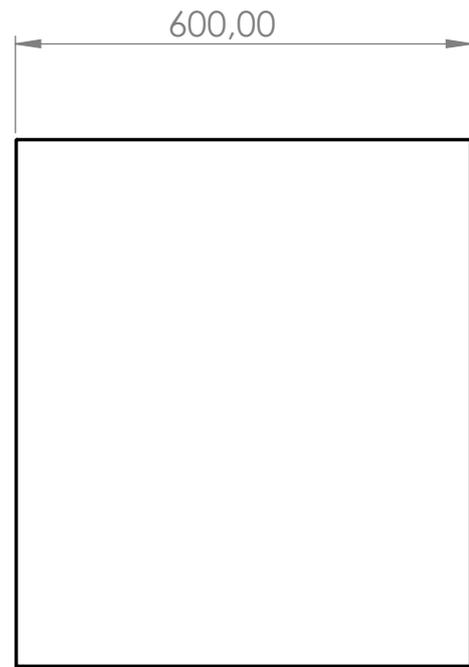
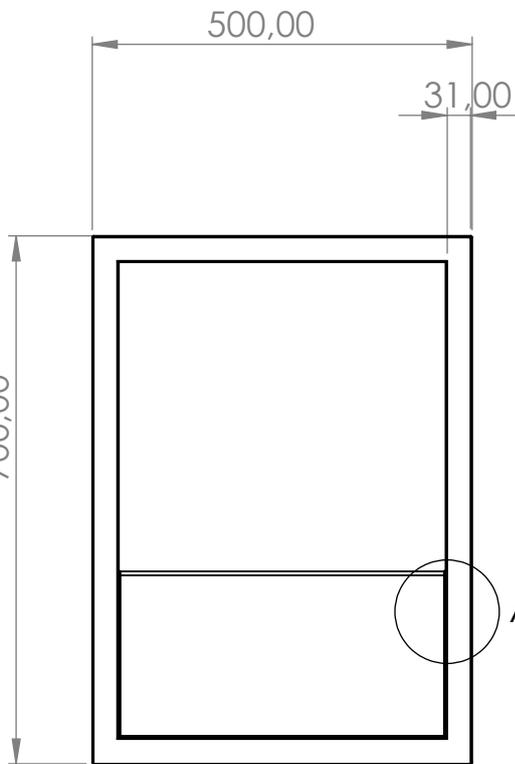
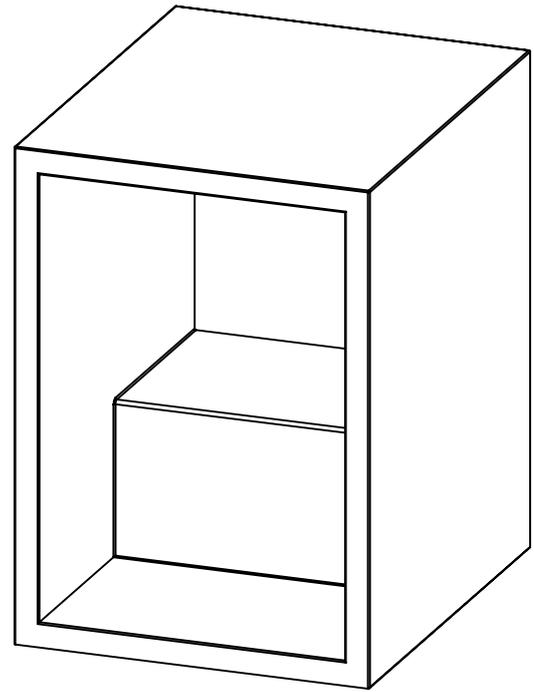
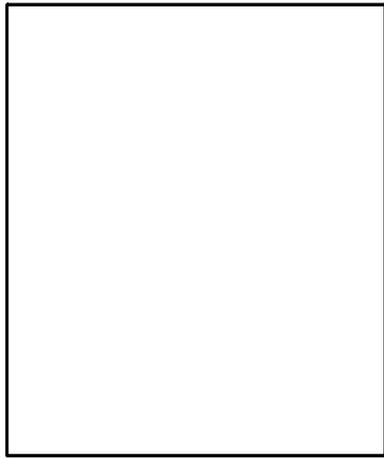
N.º DE DIBUJO

A4

TUBO CUADRADO ACERO AL CARBON

ESCALA:1:20

HOJA 1 DE 1



DETALLE A PARED POLIURETANO
ESCALA 1 : 5

SI NO SE INDICA LO
CONTRARIO:
LAS COTAS SE
EXPRESAN EN mm

ACABADO: Pintura electrostatica.

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE REFRIGERACIÓN POR
COMPRESIÓN DE VAPOR PARA UAN SEDE SUR BOGOTA

NOMBRE

FECHA

TÍTULO:

Cristian Castillo
Francisco Rivera

05/2021

Nevera

MATERIAL:
Estructura lamina cal 16,
aislamiento poliuretano
inyectado 1,5"

N.º DE DIBUJO

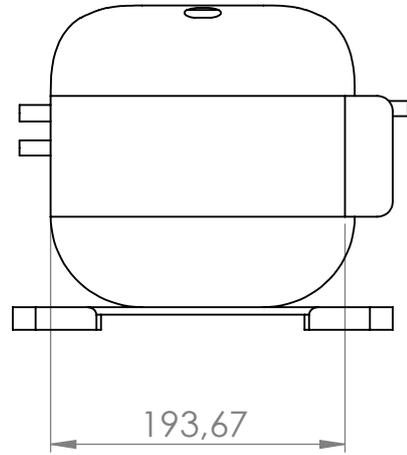
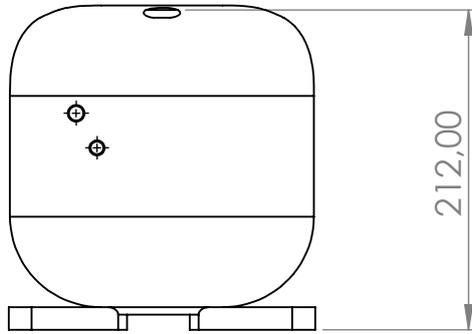
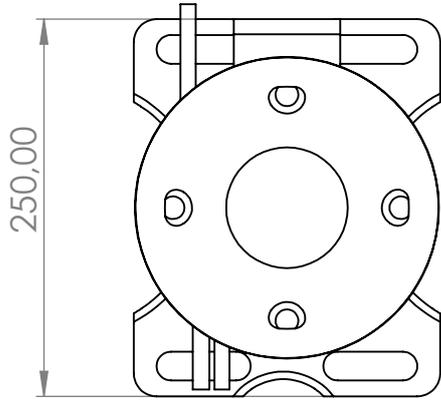
03

A4

PESO:

ESCALA:1:10

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

ACABADO:

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR PARA UAN SEDE SUR BOGOTA

NOMBRE

FECHA

TÍTULO:

Cristian Castillo
Francisco Rivera

05/2021

Compresor

MATERIAL:

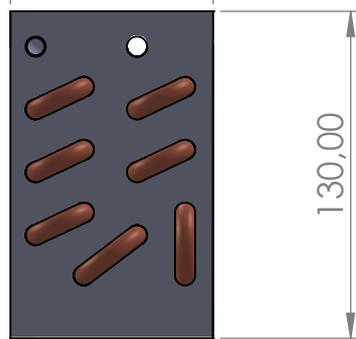
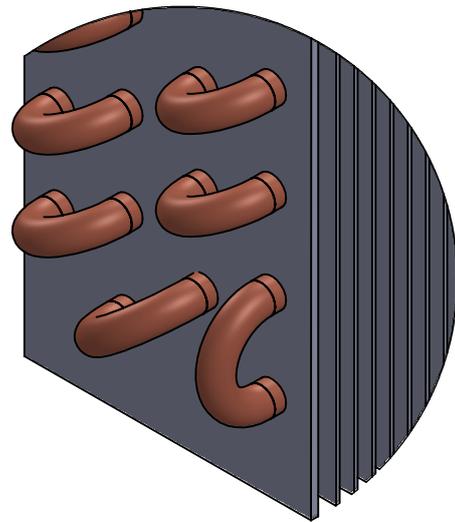
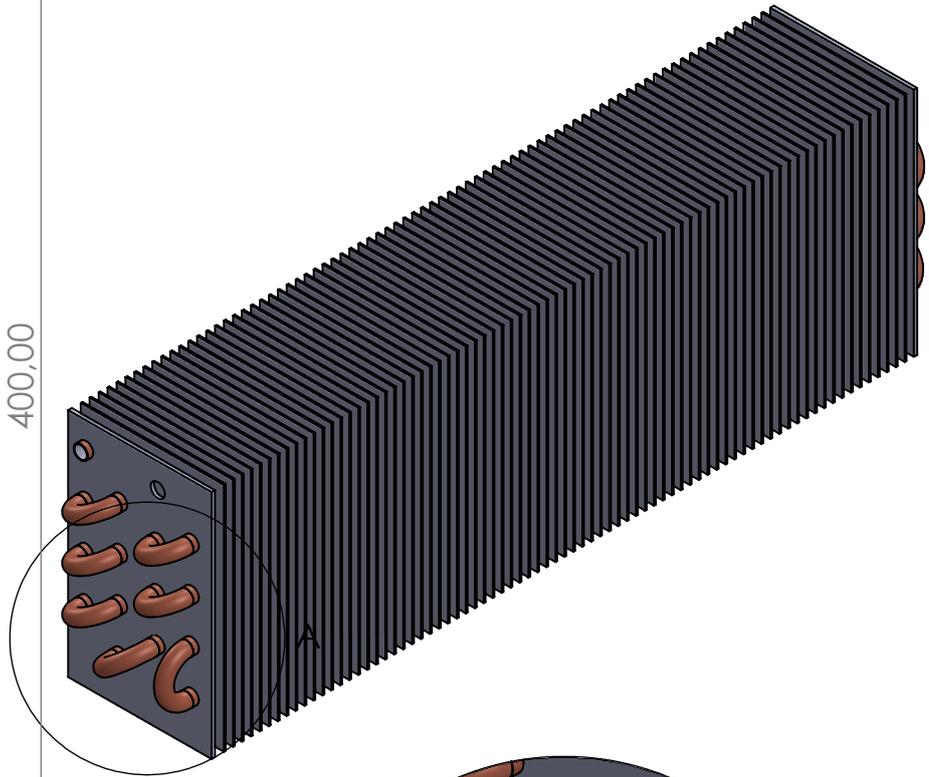
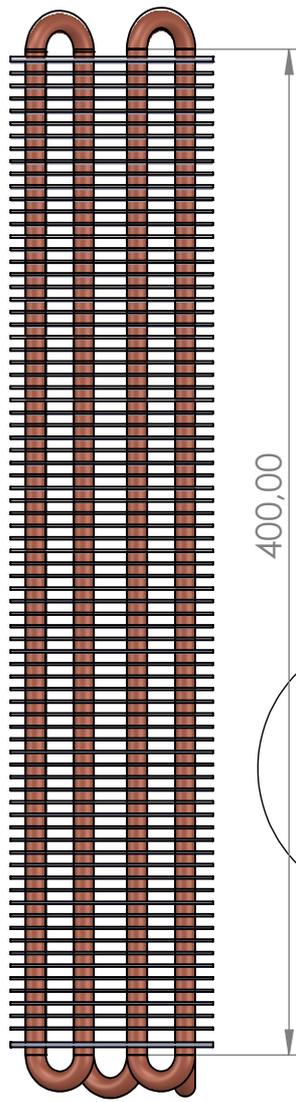
N.º DE DIBUJO

A4

PESO:

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1



DETALLE A serpiente tubo cobre diametro 5/16
ESCALA 2 : 3

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

ACABADO:

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE REFRIGERACIÓN POR
COMPRESIÓN DE VAPOR PARA UAN SEDE SUR BOGOTA

NOMBRE

FECHA

TÍTULO:

Cristian Castillo
Francisco Rivera

MAY/2021

Evaporador

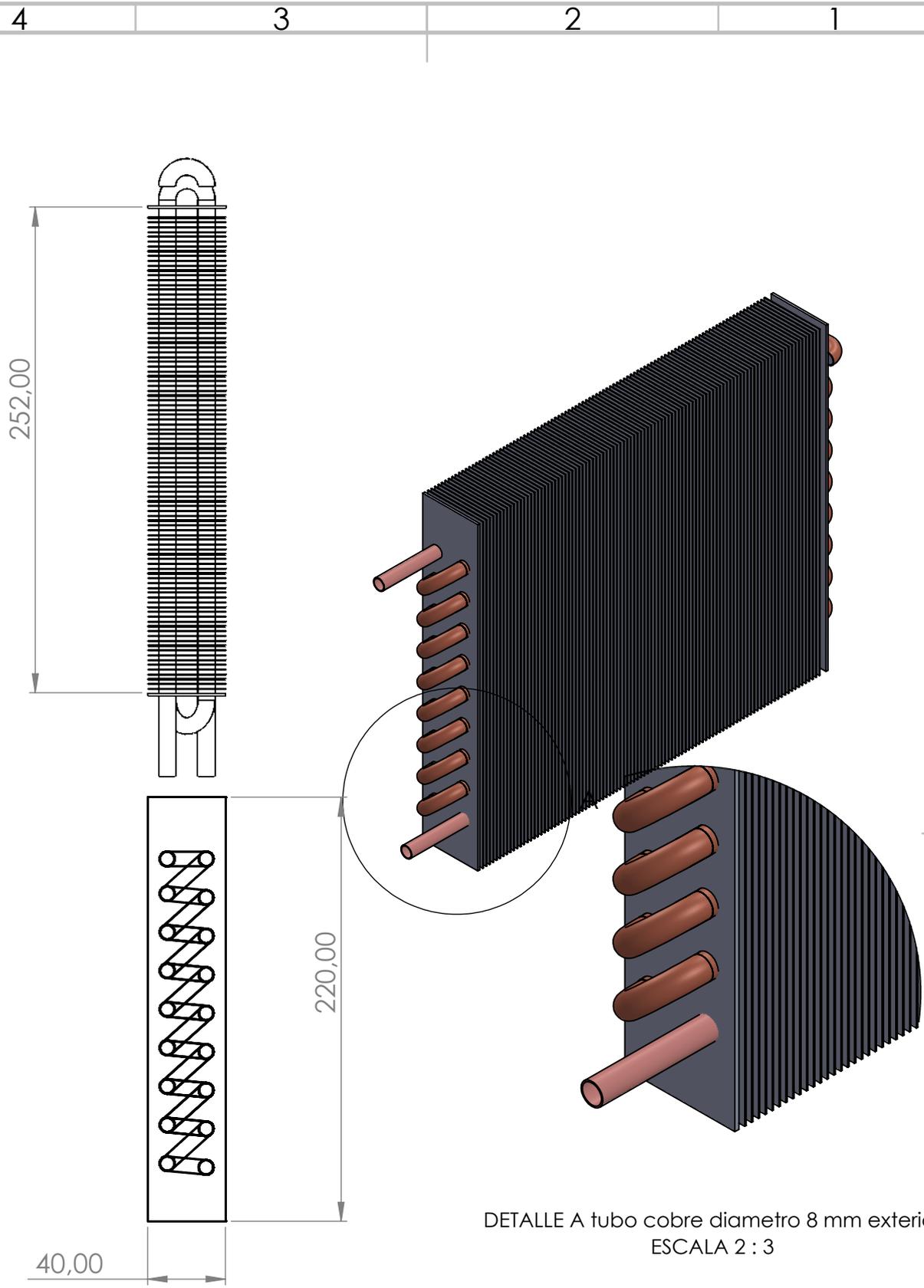
N.º DE DIBUJO

A4

PESO:

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1



DETALLE A tubo cobre diametro 8 mm exterior
ESCALA 2 : 3

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
	CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR PARA UAN SEDE SUR BOGOTA.			
NOMBRE	FECHA	TÍTULO:		
Cristian Castillo Francisco Rivera		Condensador		
	MATERIAL: Serpentin en cobre calibre 8 mm diametro, aletas aluminio	N.º DE DIBUJO	A4	
	PESO:	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1	