

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CARGA Y DESCARGA DE REFRIGERANTE NATURAL PARA UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN

IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA CARGA Y DESCARGA DE REFRIGERANTES NATURALES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

GUERRERO TAMAYO ERICK SANTIAGO

DIRECTOR: JONATHAN GABRIEL LOOR BAUTISTA

DMQ, Marzo 2023

CERTIFICACIONES

Yo, Erick Santiago Guerrero Tamayo declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Erick Santiago Guerrero Tamayo

erick.guerrero01@epn.edu.ec

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Erick Santiago Guerrero Tamayo, bajo mi supervisión.



Jonathan Gabriel Loor Bautista

DIRECTOR

jonathan.loor@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.



ERICK SANTIAGO GUERRERO TAMAYO

DEDICATORIA

Este proyecto dedico a las personas que me estuvieron apoyando durante el transcurso de mi carrera, a mis compañeros que me ayudaron a afrontar cada semestre, a mis ingenieros que inculcaron el gusto por esta carrera, a mi familia que me estuvo apoyando en cada momento de mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia que me estuvieron apoyando en cada caída que tuve. A mi abuelita Soledad Tamayo que me enseñó a afrontar los problemas, a mi abuelito Ángel Morocho que me aconsejó y me impartió el gusto de seguir esta carrera, a mi tía Verónica Chulde que no permitió que me deje vencer y me apoyó en cada situación que me encontraba, a mi bisabuelita Zoila Chicaiza que me daba apoyo moralmente y me impartió el coraje de seguir adelante, a todos mis amigos que estuvieron a lado en los buenos y malos momentos. Y, por último, a mis ingenieros que me impartieron el gusto y el conocimiento de la carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Alcance.....	3
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Refrigeración por compresión.....	3
1.4.2 Protocolo de Montreal y Kioto.....	4
1.4.3 Refrigerantes naturales	5
1.4.4 Hidrocarburos.....	5
1.4.5 Refrigerantes HFC.....	7
1.4.6 R-290 como sustituto del R-134A	9
2 METODOLOGÍA.....	10
2.1 Adaptabilidad del refrigerante R290 a un sistema de refrigeración que funciona con R134A	11
2.2 Implementación del módulo didáctico de carga y descarga de refrigerante natural.....	12
2.2.1 Análisis del módulo de refrigeración	12
2.2.2 Análisis de los equipos que se van a utilizar	17
2.2.3 Hermeticidad y eliminación de los contaminantes del sistema de refrigeración.....	23

2.2.4	Carga de refrigerante R134A en el módulo didáctico del sistema de refrigeración por compresión	26
2.2.5	Carga de refrigerante R290 en el módulo didáctico del sistema de refrigeración por compresión	33
2.3	Funcionamiento del sistema al cargar el refrigerante.....	36
2.4	Guía de uso del módulo didáctico.....	37
3	RESULTADOS	39
3.1	Análisis de Resultados	39
4	CONCLUSIONES.....	42
5	RECOMENDACIONES.....	43
6	BIBLIOGRAFÍA.....	44
7	ANEXOS.....	46
	ANEXO I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin.....	46
	ANEXO II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración Curricular.....	47
	ANEXO III. Manual controlador MT-512EL 2HP de temperatura.....	48
	ANEXO IV. Manual de recuperadora VALUE.....	52
	ANEXO V. Guía de uso del módulo didáctico y Manual de mantenimiento.....	57

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue implementar un módulo didáctico de carga y descarga de refrigerante natural (propano) en un sistema de refrigeración por compresión, para ello se utilizó un módulo de refrigeración que se disponía en el Laboratorio de Tecnología Industrial de la Escuela de Formación de Tecnólogos.

Se empezó con un cambio de tuberías y componentes del módulo de refrigeración, posteriormente se realizó los procedimientos previos a la carga del refrigerante (R134A y posteriormente R290), como parte de la limpieza interna de las tuberías se realizó un barrido con nitrógeno, así mismo, se buscaron fugas mediante la presurización con nitrógeno. Finalmente, se extrajo la humedad y aire del sistema mediante la bomba de vacío.

Una vez realizados los procedimientos mencionados, se empezó a cargar el refrigerante R134A, y se comprobó las presiones de trabajo junto con el amperaje del compresor. De igual manera, se comprobó mediante la balanza electrónica la cantidad aproximada de refrigerante (R134A) que entró en el sistema. Posteriormente, se recuperó el refrigerante R134A hacia el tanque recuperador para no desecharlo al ambiente y contaminarlo.

Una vez finalizado el proceso con el refrigerante R134A, se realizó nuevamente la prueba de vacío, para posteriormente cargar el sistema con R290, asimismo se tomó las presiones de trabajo al comprobar que el sistema funcionó correctamente con el amperaje del compresor y la cantidad de refrigerante que ingresó (con la balanza electrónica). Finalmente, para la descarga del sistema se realizó por venteo, el cual consiste en descargar el refrigerante hacia el ambiente siguiendo recomendaciones para el manejo de hidrocarburos.

PALABRAS CLAVE: refrigerantes naturales, carga, descarga, presiones.

ABSTRACT

The objective of this project was to implement a didactic module for charging and discharging natural refrigerant (propane) in a compression refrigeration system. A refrigeration module was used to meet this objective what was there in the Industrial Technology Laboratory of the Technical Training School.

It began with a change of pipes and components of the refrigeration module, then performed the procedures prior to charging the refrigerant (R134A and R290), such as cleaning the pipes internally (sweeping with nitrogen), search for leaks (pressurization with nitrogen), the extracts moisture and air from the system (vacuum test).

Once these procedures were performed, it began to load R134A, and the working pressures were checked along with the compressor amperage, likewise, the approximate amount of refrigerant that entered the system was verified by electronic scale. Then the refrigerant R134A was recuperated into recovery tank for not discharge it in the atmosphere.

The vacuum test was performed again to then charge the system with R290, also took the working pressures to verify that the system worked, the amperage of the compressor, and the amount of refrigerant entering. For the discharge of the system was performed by venting, the refrigerant discharged was ventilated to the atmosphere following recommendations for hydrocarbon management.

Keywords: natural refrigerants, charge, discharge, pressures.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Desde la creación de los sistemas frigoríficos se han utilizado los refrigerantes como componentes principales para un equipo de refrigeración, a medida que pasó el tiempo, el uso de estos sistemas fue creciendo. En 1930 se empezó la producción de refrigerantes en base a flúor (F), carbono (C), cloro (Cl), y se vendieron con la idea de ser menos peligrosos, el uso de estos fue expandiéndose en el campo de la refrigeración, no fue hasta 1970 que se descubrió que afectaban significativamente a la capa de ozono y aportaban al calentamiento global, [1].

Por ello, se propuso el protocolo de Montreal, el cual busca un camino para disminuir (eliminar) el consumo de los refrigerantes HCFC (hidroclorofluorocarburos), debido a que son una de las principales sustancias que deterioran la capa de ozono. En sustitución a estos surgieron los refrigerantes HFC (hidrofluorocarbonos), los cuales poseen un PAO (Potencial Agotador de Ozono) nulo pero un alto PCG (Potencia de Calentamiento Global), [1].

En la actualidad los refrigerantes HFC se han ido utilizando exponencialmente en sistemas industriales, domésticos y comerciales. Estas sustancias regularmente son emitidas a la atmósfera de forma voluntaria o involuntaria, a causa de mantenimientos, reparaciones o resultados de malas prácticas. Por ello, la Escuela Politécnica Nacional creó el Centro de Perfeccionamiento en el Uso de Refrigerantes (CEPUR), en la cual se implementó un módulo didáctico de carga y descarga de refrigerante natural, que sirva como apoyo para el aprendizaje sobre buenas prácticas al manipular sistemas de refrigeración.

Por otra parte, con los equipos del CEPUR y el módulo de refrigeración, se pretende enseñar buenas prácticas para recuperar refrigerantes (en especial HFC), utilizando las diversas herramientas que se disponen en el laboratorio, con el objetivo de crear buenas prácticas al momento de realizar mantenimientos o reparaciones en sistemas frigoríficos.

El módulo implementado permite analizar todos los procesos (barrido de nitrógeno, presurización con nitrógeno, prueba de vacío, y carga de refrigerante) que conlleva una correcta carga de refrigerante en un sistema de refrigeración por compresión. Para esto primero se realizó este procedimiento con el refrigerante R134A, para posteriormente cambiarlo por el refrigerante R290 y comparar el funcionamiento del sistema con ambos refrigerantes.

En primer lugar, se reemplazó los componentes del módulo para un mejor funcionamiento de este, de igual manera, su estructura fue remodelada y correctamente aislada. Una vez terminado la parte mecánica, se realizó un análisis de los componentes del sistema para conocer el funcionamiento de cada uno dentro del mismo.

Para empezar a realizar los procesos previos a la carga del refrigerante (R134A), se utilizó las herramientas proporcionadas por el CEPUR, una vez terminados se inició con la carga del refrigerante R134A. Posteriormente, se recuperó el refrigerante en un tanque recuperador para un posterior uso.

Al terminar los procedimientos con el refrigerante R134A, se cambió por el R290 (siguiendo los mismos procesos), y se comparó el comportamiento del sistema con cada refrigerante. Por otra parte, se realizó descarga del R290 hacia el ambiente, siguiendo recomendaciones de buenas prácticas que se debe tener en el manejo de hidrocarburos.

Finalmente, mediante un video demostrativo se indicó una guía de uso para realizar cada procedimiento citado, dicha guía también se encuentra escrito con los pasos del video. Asimismo, se desarrolló un manual de mantenimiento para alargar la vida útil del módulo.

1.1 Objetivo General

Construir un módulo didáctico de carga y descarga de refrigerante natural para un sistema de refrigeración por compresión.

1.2 Objetivos Específicos

1. Identificar la forma de trabajo de un sistema de refrigeración por compresión.
2. Adaptar un compresor que trabaja con refrigerante 134A para que funcione con el refrigerante natural propano (R-290).
3. Implementar el módulo didáctico con los respectivos equipos de carga y descarga de refrigerante natural.
4. Realizar pruebas de funcionamiento teniendo en cuenta las presiones correctas de trabajo.
5. Desarrollar una guía de uso y mantenimiento del sistema de carga y descarga de refrigerante en el sistema implementado.

1.3 Alcance

En este proyecto se pretende desarrollar un módulo de carga y descarga de refrigerante natural, el cual pueda ser utilizado por los estudiantes para aprender y/o reforzar sus conocimientos sobre el tema de refrigeración. Al mismo tiempo, se espera que el módulo didáctico sirva como prototipo para el desarrollo de futuros módulos.

De igual manera, se va a adaptar un sistema de refrigeración por compresión que trabaja con el refrigerante 134A, hacia un sistema que trabaje con refrigerantes naturales, en este caso propano (R-290). Cabe señalar que el sistema de refrigeración será un módulo didáctico obtenido del laboratorio de tecnología industrial de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT).

Con el desarrollo de este proyecto se busca dar a conocer las ventajas y desventajas de usar los refrigerantes naturales respecto a los refrigerantes comunes (específicamente, R290 respecto al R-134a), además de la diferencia que existe entre estos.

Así mismo, este proyecto tendrá una guía, en la cual se indicarán los pasos que se debe seguir para el uso correcto del módulo, además, de indicar las precauciones que se debe tener en cuenta al trabajar con los refrigerantes naturales. Se desarrollarán videos instructivos para que sea más didáctico el entendimiento sobre el manejo de los gases naturales para refrigeración por compresión, visualizando las presiones de trabajo al momento de la carga del refrigerante en el sistema implementado.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Refrigeración por compresión

La refrigeración mediante compresión se basa en desplazar la energía calórica entre dos zonas creadas por el sistema (alta y baja presión), las cuales se encuentran limitadas dentro de intercambiadores de calor. Mientras suceden los procesos de intercambio energético, el refrigerante pasa por diversos cambios de estado (líquido a vapor, o viceversa), [2].

Componentes de un sistema de refrigeración por compresión de vapor

En la Figura 1.1 se puede observar los elementos que conforma un sistema de refrigeración por compresión.

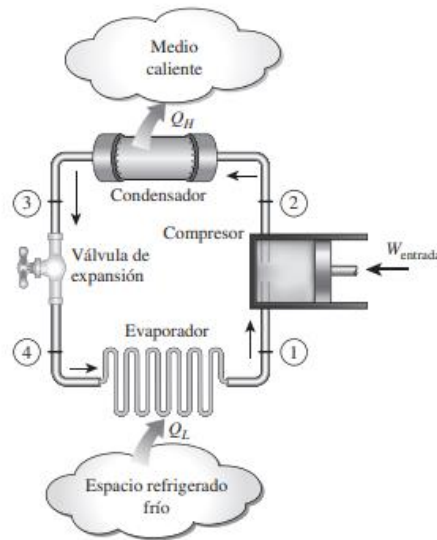


Figura 1.1 Esquema de un sistema de refrigeración por compresión de vapor, [3].

A continuación, se indica la función de cada componente en el sistema de refrigeración, [3]:

1. Compresor: comprime el refrigerante, elevando su presión y por ende su temperatura, además, lo impulsa por la línea de descarga (punto 2 de la Figura 1.1) en forma de vapor sobrecalentado hacia el condensador.
2. Condensador: rechaza el calor del sistema y permite la transición del refrigerante de vapor a líquido (intercambiador de calor).
3. Válvula de expansión: disminuye la presión y por ende su temperatura.
4. Evaporador: absorbe el calor del espacio a refrigerar y permite la transición del refrigerante de líquido a vapor (intercambiador de calor).

1.4.2 Protocolo de Montreal y Kioto

En 1987 se propuso el Protocolo de Montreal, el cual tiene como objetivo principal proteger la capa de ozono, mediante la disminución progresiva del consumo de sustancias que dañan la capa de ozono (CFC, HCFC, bromuro de metileno), [4]. Posteriormente, en 1997 se propuso el Protocolo de Kioto que se enfoca en la disminución de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), los cuales son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), [5].

En el Protocolo de Montreal, se propuso como límite reducir al 100% la producción y consumo de los refrigerantes HCFC hasta el 2030, [6]. Mientras que, en el Protocolo de

Kioto se planea realizar una disminución progresiva de las emisiones de los GEI (Gases de Efecto Invernadero), [5].

1.4.3 Refrigerantes naturales

Debido a la creciente preocupación de un alto Potencial de Calentamiento Global (PCG), se está promoviendo el uso de refrigerantes naturales por el hecho de que son amigables con el medioambiente. Anteriormente, los refrigerantes se dividían en 3 grupos: el amoníaco, el dióxido de carbono y los hidrocarburos (isobutano R600A, propano R290, propileno R-1270), [4].

Una de las ventajas de los refrigerantes naturales es que se los puede encontrar de manera natural en la biósfera, pero, algunos de estos llegan a ser inflamables y tóxicos (hidrocarburos y amoníaco respectivamente), por ello, existen normas para el uso correcto de estos para evitar accidentes, [4].

En la Figura 1.2 se puede apreciar las características de los refrigerantes naturales.

Refrigerante	Número ASHRAE	PCG (100 años)	PAO	Temperatura de ebullición (°C)	Temperatura crítica (°C)	Presión crítica
Amoníaco	R-717	0	0	-33.3	132.4	114.2
Dióxido de carbono	R-744	1	0	-56.6	31.1	73.8
Propano	R-290	3.3	0	-42.1	96.7	42.5
Isobutano	R-600a	4	0	-11.8	134.7	36.48
Propileno	R-1270	1.8	0	-48	91	46.1
Agua	R-718	0	0	100	373.9	217.7
Aire	R-729	0	0	-194.5	-	-

Figura 1.2 Características de los refrigerantes naturales, [4].

1.4.4 Hidrocarburos

Los hidrocarburos no poseen color ni olor, su potencial de agotamiento del ozono (PAO) es nulo, además, tienen un potencial de calentamiento global (PCG) despreciable (igual a 3), por ello se está convirtiendo en una alternativa muy viable, [4].

Para la manipulación de hidrocarburos se debe tener en cuenta su principal desventaja, la cual es su alta inflamabilidad (clasificación A3, según ASHRAE 34), por ello, se debe proceder con seguridad y seguir la normativa (norma europea EN 378, países donde no exista norma, se remite con la ASHRAE 15-2019) para el uso de estos, [4].

En la Figura 1.3 se puede apreciar los usos y las principales características de los hidrocarburos.

USOS
<ul style="list-style-type: none"> - Para cargas pequeñas y sistemas con un mínimo de fugas (congeladores, refrigeradores, etc.) - Sistemas en cascada - Refrigeración dentro de supermercados
CARÁCTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none"> - Cero PAO (Potencial de Agotamiento del Ozono) - Cero PCG (Potencial de Calentamiento Global) - Alta/media eficiencia energética - Muy inflamables

Figura 1.3 Principales usos y características de los hidrocarburos, [4].

Ventajas y desventajas de los hidrocarburos

En la Figura 1.4 se aprecian las principales ventajas y desventajas de los hidrocarburos.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Económicos (precio de refrigerantes) • Costo bajo-medio (sistema de refrigeración) • Buena compatibilidad con materiales (metales y plásticos) • El R-290 es miscible con el lubricante POE • El R-600a es miscible con el lubricante mineral o con el lubricante alquilbenceno 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta inflamabilidad • Costo adicional para la seguridad de equipo y personal

Figura 1.4 Ventajas y desventajas de los hidrocarburos, [4].

Efectos de seguridad para la manipulación de hidrocarburos

Como se mencionó en el apartado 1.4.3, todos los hidrocarburos son inflamables, pero no tóxicos, al reaccionar con el aire forman una mezcla que se vuelve altamente inflamable, por ello, es necesario cumplir los requisitos de seguridad para trabajar con estos. A continuación, se muestran las medidas de seguridad que se deben tomar en cuenta para trabajar con estos refrigerantes, [1].

- Equipo de protección personal (EPP). - casco, tapa bocas, botas y guantes protectores.

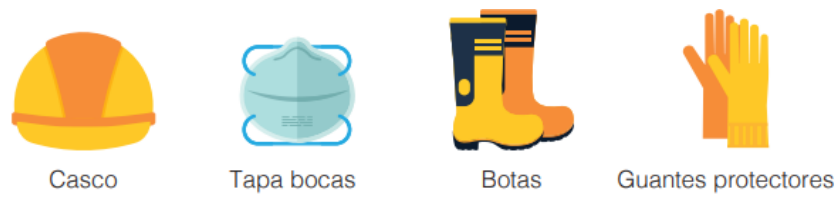


Figura 1.5 Equipos EPP, [1].

- Seguridad en las instalaciones
 - > Ventilación para evitar la acumulación del gas.
 - > Vigilancia continua con el uso de sensores de gas en lugares de posibles fugas.
 - > Pruebas de fugas antes de cargar el refrigerante.
 - > Equipo eléctrico excepto para ventiladores y sistemas de seguridad.
 - > Estaciones conectas a un sistema de seguridad para cargar el refrigerante inflamable.
- Señalización en zonas de alto riesgo inflamable. - se tendrá que señalar las áreas donde puedan formarse atmósferas explosivas, y pongan en riesgo la seguridad de los trabajadores, [1].

1.4.5 Refrigerantes HFC

En 1990, la refrigeración domestica empezó a utilizar el refrigerante R134A en sus equipos, esta fue la primera solución menos contaminante que se encontró en la época, pero en la actualidad, es un hecho de preocupación el uso de este, debido a su alto Potencial de Calentamiento Global (PCG), [4].

En la Figura 1.6, se puede apreciar los usos y las principales características de los refrigerantes HFC.

USOS
- Refrigeración doméstica, industrial y comercial
- Transporte refrigerado
- Sistemas de aire acondicionado
CARÁCTERÍSTICAS
- Cero PAO
- Medio/Alto PCG
- Alta eficiencia energética
- No inflamables
- No tóxicos

Figura 1.6 Principales usos y características de los HFC, [4].

Ventajas y desventajas de los refrigerantes hfc

En la Figura 1.7 se aprecian las principales ventajas y desventajas de los HFC.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • No inflamable • No tóxico • PAO nulo (Potencial de Agotamiento de Ozono) • Son eficientes • Económicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto PCG (Potencial de Calentamiento Global)

Figura 1.7 Ventajas y desventajas de los HFC, [4].

Efectos de seguridad para la manipulación de los hfc

Los refrigerantes HFC al no ser tóxicos ni inflamables, las posibilidades de un accidente son casi nulas. Sin embargo, eso no quita el hecho que, al haber mucha presencia de refrigerante en un área cerrada, este inhiba la presencia de oxígeno y, por ende, una posible asfixia. Además, si el refrigerante en estado líquido entra en contacto con la piel, puede causar quemaduras por congelación, lo cual se manifiesta con enrojecimiento en la zona afectada. Para la correcta manipulación de HFC se deben utilizar los siguientes EPP, [1]:

- Protección respiratoria
- Protección ocular
- Calzado de punta de acero con protección metatarsal.

1.4.6 R-290 como sustituto del R-134A

El propano (R-290) en sistemas herméticos (refrigeradores, congeladores domésticos y comerciales) llega a ser un posible reemplazo de refrigerantes que tienen un gran impacto ambiental. Como se mencionó en el apartado 1.4.4 los refrigerantes naturales tienen un nulo PAO y un insignificante PCG, además, provienen del petróleo, por ello, se les considera refrigerantes naturales. En Alemania se ha tenido éxito al utilizar el propano en sistemas como bombas de calor y aires acondicionados domésticos, debido a esto y a su disponibilidad, se ha debatido enormemente para utilizarlo como reemplazo de refrigerantes con gran impacto ambiental, [7].

En la Figura 1.8, se puede apreciar una comparación entre las propiedades del R290 y R-134a.

Refrigerante	R 290	R 134a
Nombre	Propano	1,1,1,2-Tetra-flouro-etano
Formula	C_3H_8	CF_3-CH_2F
Temperatura crítica en °C	96.7	101
Peso Molecular en kg/kmol	44.1	102
Punto normal de ebullición en °C	-42.1	-26.5
Presión a -25°C en bar (absoluto)	2.03	1.07
Densidad del líquido a -25°C en kg/l	0.56	1.37
Densidad vapor a to -25/+32°C en kg/m ³	3.6	4.4
Capacidad volumétrica a -25/55/32°C en kJ/m ³	1164	658
Entalpía de vaporización a -25°C en kJ/kg	406	216
Presión a +20°C en bar (absoluto)	8.4	5.7

Figura 1.8 Cuadro comparativo entre refrigerantes, [7].

2 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este proyecto se utilizará la investigación aplicada, con la finalidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante toda la carrera de electromecánica en el área de refrigeración, para así diseñar y construir un módulo didáctico que sirva para el análisis de carga y descarga de refrigerante en un sistema de refrigeración por compresión.

Primero, se realizará una investigación de los sistemas de refrigeración tradicionales por compresión que trabajan con refrigerante R134A, además, investigar las ventajas y desventajas que ofrece este refrigerante. De igual manera, se realizará la investigación respectiva de los refrigerantes naturales (hidrocarburos – propano) mostrando sus ventajas y desventajas, para así realizar un análisis comparativo entre los refrigerantes. Para comenzar, se empezará a realizar el procedimiento adecuado para adaptar el compresor de un sistema de refrigeración tradicional para que funcione con refrigerante R-290 (propano).

Al adaptar el compresor para que trabaje con refrigerantes naturales, se diseñará y construirá el módulo didáctico para la carga y descarga el refrigerante natural (propano), utilizando los materiales de laboratorio (bomba de vacío, juego de manómetros, recuperador de refrigerante, vacuómetro, pinza amperimétrica, equipos de protección, entre otras.).

Al acabar de construir el módulo, se implementará al sistema de refrigeración por compresión, para así realizar las debidas pruebas de funcionamiento y tomando en cuenta las presiones correctas de funcionamiento para el sistema de refrigeración, y así resolver cualquier inconveniente que se presente.

Para concluir el proyecto, se desarrollará una guía para el uso del módulo didáctico junto con un manual de mantenimiento para la carga y descarga de refrigerante natural en el sistema de refrigeración por compresión.

En la Figura **2.1** se indica el esquema metodológico que se usará para el desarrollo del proyecto.

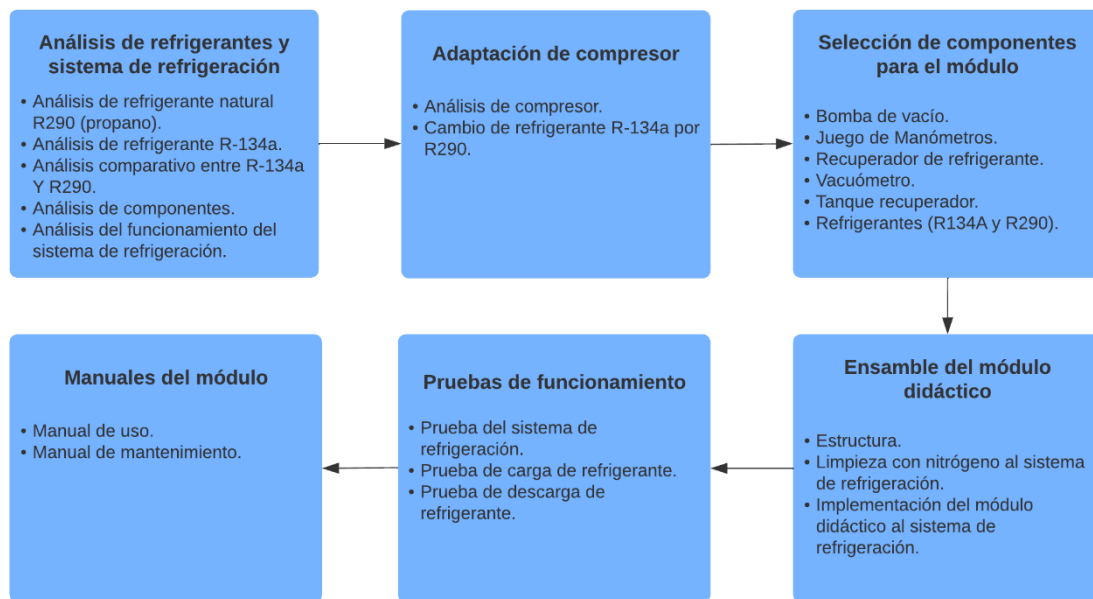


Figura 2.1 Cuadro de la metodología empleada en el desarrollo del proyecto.

2.1 Adaptabilidad del refrigerante R290 a un sistema de refrigeración que funciona con R134A

El sistema que trabaja con el R-134A, logra trabajar con R290 con la complicación de que las presiones de trabajo llegan a ser mucho mayores comparados con el R134A, además, el R290 es mucho más denso, por lo que ocupara más espacio en el sistema de refrigeración. Cabe mencionar, que hay que seguir una serie de procedimientos para que el sistema se descontamine y se cargue sin ningún riesgo el R290.

Para realizar la adaptabilidad al sistema que usa refrigerante R134A hacia un sistema que use refrigerante natural R290 se seguirá una serie de pasos. Primero, se realizará el vaciado del refrigerante (R134A), utilizando el juego de manómetros, posteriormente, se limpiará el sistema con nitrógeno para eliminar cualquier residuo que quede del refrigerante, antes de la carga del R290 se tendrá que realizar un vacío correcto en el sistema para que extraiga toda la humedad contenida en las tuberías y componentes. Por último, se cargará el R290 al compresor teniendo en cuenta las condiciones de trabajo de este.

El compresor al trabajar con R290 ejerce un mayor trabajo comparado con el R134A, por lo que su corriente de trabajo será mayor a la del R134A, por el contrario, ofrece una ventaja, la cual es que posee una mayor capacidad de refrigeración, es decir permite una mayor carga térmica.

Es importante tener en cuenta que si el compresor pasa encendido por mucho tiempo va a ser propenso a que el motor se sobrecargue y, por consiguiente, que se queme. Esto es a causa de que no está diseñado para trabajar con R290, por ello se debe tener cuidado al cargar el refrigerante al mismo.

2.2 Implementación del módulo didáctico de carga y descarga de refrigerante natural

Para empezar con la implementación del módulo didáctico de carga y descarga de R290, se analizará el módulo de refrigeración junto con sus respectivos componentes. Cabe señalar que se realizaron cambios en el módulo como lo es la tubería de cobre, filtro secador y tubo capilar.

2.2.1 Análisis del módulo de refrigeración

Como se puede apreciar en la Figura 2.2, el módulo de refrigeración posee los componentes básicos de un sistema doméstico, a esto hay que agregarle un ventilador que estará dentro del evaporador, 2 manómetros que serán de alta y baja presión, un filtro secador antes del tubo capilar, y por último un visor a la salida del condensador.

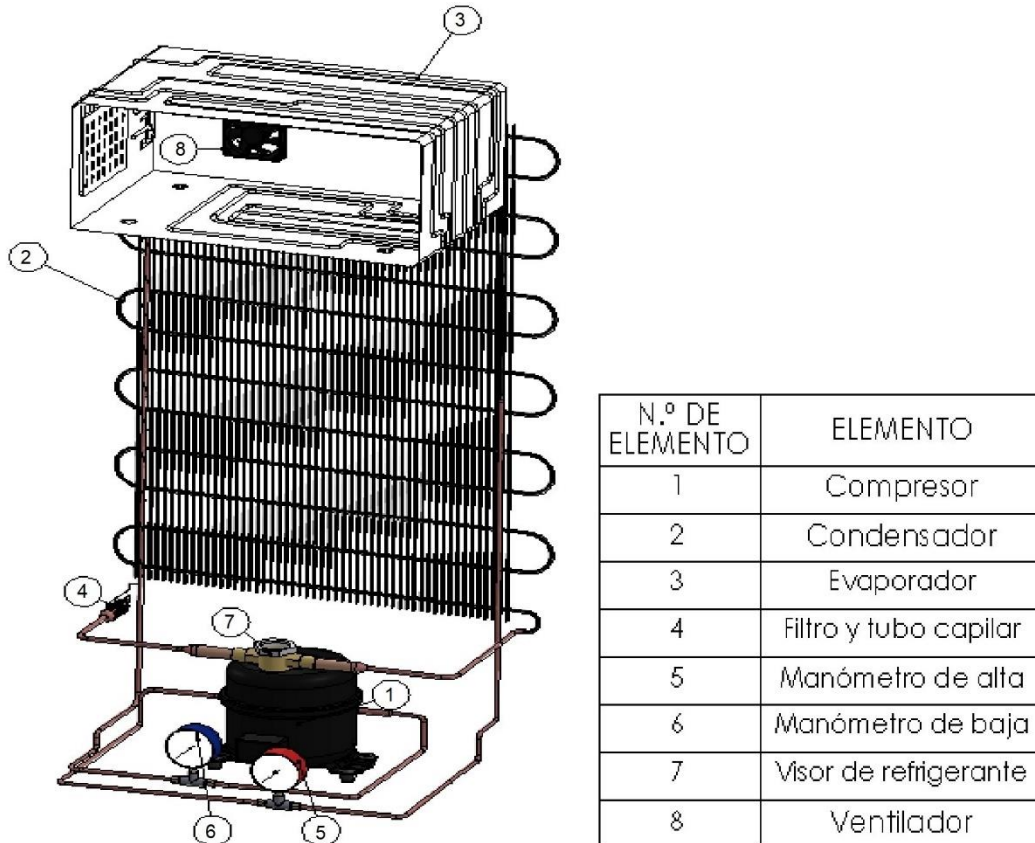


Figura 2.2 Esquema del módulo de refrigeración, [8].

A continuación, se va a indicar las características de todos los componentes del sistema de refrigeración.

Compresor

La parte fundamental del módulo de refrigeración es el compresor, por ende, se analizará las características de este para la posterior carga del refrigerante en el sistema. En la Tabla 2.1, se puede apreciar las características técnicas del compresor del sistema de refrigeración.

Tabla 2.1 Características del compresor

Características	
Marca – Modelo	EMBRACO EMIE40HJP
Potencia	1/8 (hp)
Voltaje de alimentación	115 – 127 (V)
Frecuencia	60 (Hz)
Refrigerante	R-134a
Corriente de arranque	7,6 (A)
Eficiencia isentrópica	50%
Eficiencia del motor	90%
Monofásico	

Cabe señalar que el compresor dispone de 3 líneas, las cuales son de descarga, succión y servicio, esta última está conectada internamente a la de succión, por lo que, en la carga y descarga de refrigerante se realizará por la línea de succión.

Condensador

En la Figura 2.3 se puede observar al condensador del sistema de refrigeración, está dimensionado para la potencia del compresor (1/8 (hp)) y es de tipo parrilla, esto último permite obtener un buen intercambio de calor, [8]. En la Figura 2.3 se muestra el condensador utilizado.



Figura 2.3 Condensador del sistema de refrigeración, [8].

Visor del refrigerante

El visor permite observar al refrigerante en líquido saturado, por ende, este va después del condensador, además nos indica si es hora de realizar un mantenimiento al sistema, ya que se puede ver si el fluido esta con humedad, [8]. En la Figura 2.4 se indica el visor utilizado.



Figura 2.4 Visor del sistema de refrigeración, [8].

Filtro deshidratador

El filtro secador siempre se va a ubicar antes del tubo capilar, ya que este es el que va a retener la humedad del sistema y va a evitar el paso de contaminantes, [8]. En la Figura 2.5, se indica el filtro utilizado (Filtro hércules).



Figura 2.5 Filtro deshidratador del sistema de refrigeración, [9].

Tubo capilar (válvula de expansión)

El tubo capilar utilizado es de 0,31 (mm) de calibre y 3 (m) de largo, es de suma importancia que vaya junto al filtro secador, ya que si llega contaminantes se podría tapar y no funcionar correctamente, [8]. En la Figura 2.6, se indica el tubo capilar utilizado.



Figura 2.6 Tubo capilar del sistema de refrigeración, [10].

Evaporador

El evaporador es de superficie de placa y es ideal para la potencia de 1/8 (hp) del compresor, [8]. En la Figura 2.7, se indica el evaporador utilizado.



Figura 2.7 Evaporador del sistema de refrigeración, [8].

Controlador de temperatura

El controlador de temperatura es un MT-512EL 2HP (Full Gauge), ideal para trabajar con cámaras de enfriados, exhibidores de enfriados, estufas, pistas calientes. Es adecuado para trabajar con refrigerantes naturales (R290 y R600a) (full gauge), [11]. En la Figura 2.8, se indica el controlador del sistema.



Figura 2.8 Controlador del sistema de refrigeración, [11].

Este componente indica los cambios de temperatura del área a enfriar (en este caso dentro del evaporador), dicha temperatura es tomada por un sensor NTC que está conectado al controlador, [8]. En la Tabla 2.2 se indica las características de este. (El manual de funcionamiento se indica en el Anexo III).

Tabla 2.2 Características del MT-512EL 2HP

Voltaje de alimentación	12 o 24 (V _{DC})
Temperatura de control	-50 a 105 (°C)
Temperatura de operación	0 a 50 (°C)
Resolución	0,1 (°C)
Corriente máxima de la carga	12 (A) (cargas resistivas) 16 (A) (cargas inductivas)
Potencia máxima de la carga	2 (hp) (1491,4 (W))
Dimensiones	76 x 34 x 77 (mm)
Grado de protección	IP 65

Manómetros de presión

Se tiene 2 manómetros de presión, uno de alta y otro de baja, los cuales van conectados a la línea de descarga y succión del compresor respectivamente. El manómetro de alta indicará la presión del condensador, mientras que el manómetro de baja mostrará la presión del evaporador, [8]. En la Figura 2.9, se indica los manómetros utilizados.



Figura 2.9 Manómetros del sistema de refrigeración, [8].

Módulo de refrigeración

En la Figura 2.10, se muestra el módulo de refrigeración que se va a utilizar.



Figura 2.10 Modulo de refrigeración

2.2.2 Análisis de los equipos que se van a utilizar

En este apartado se indica las características de los equipos que se usarán para la implementación del módulo didáctico.

Bomba de vacío

Con la bomba de vacío se extraerá la humedad y el aire del sistema de refrigeración, realizando las conexiones por medio del juego de manómetros. En la Tabla 2.3 y Figura 2.11, se indica la bomba de vacío junto con sus características. **Figura 2.11** Bomba de vacío

Tabla 2.3 Características de la bomba de vacío

Condición	Características
Modelo	AITCOOL – Vacuum Pump A-i260SG-R32
Frecuencia	60 (Hz)
Presión de vacío	15 (micras)
Potencia	3/4 (hp)
Voltaje	110 – 127 (V)



Figura 2.11 Bomba de vacío

Juegos de manómetros

Se tiene 2 juegos de manómetros, uno de ellos es para refrigerantes HFC (hidrofluorocarbonos), mientras que el otro es para HC (hidrocarburos).

En la Tabla 2.4 y Figura 2.12, se indica el juego de manómetros y características para los HFC.

Tabla 2.4 Características del juego de manómetros para refrigerante HFC

Condición	Características
Unidad de medida	0 – 500 (PSI), 0 – 800 (PSI)
Refrigerantes	R410A, R407C, R404A, R134A



Figura 2.12 Juego de Manómetros para refrigerantes HFC

En la Tabla 2.5 y Figura 2.13, se indica el juego de manómetros y características para los HC (hidrocarburos).

Tabla 2.5 Características del juego de manómetros para refrigerantes HC

Condición	Características
Unidad de medida	0 – 500 (PSI), 0 – 800 (PSI)
Refrigerantes	R290, R600A



Figura 2.13 Juego de Manómetros para refrigerantes HC

Balanza electrónica de refrigerante

Con la balanza electrónica se comprobará la cantidad de refrigerante que va a entrar en el sistema. En la Figura 2.14 y Tabla 2.6 y, se indica la balanza electrónica junto con sus características. **Figura 2.11** Bomba de vacío

Tabla 2.6 Características de la balanza electrónica de refrigerante

Condición	Características
Modelo	VALUE – VES-50B
Frecuencia	60 (Hz)
Resolución	2g
Precisión	±0,05%
Ambiente de trabajo	-10 a 40 (°C)



Figura 2.14 Balanza electrónica de refrigerante

Vacuómetro

Con el vacuómetro se medirá el vacío del sistema, para comprobar si está en los valores recomendados. En la Figura 2.15 y Tabla 2.7, se indica el vacuómetro junto con sus características. **Figura 2.11** Bomba de vacío

Tabla 2.7 Características del vacuómetro

Condición	Características
Modelo	AITCOOL – Wireless Vacuum Gauge AVG 2
Fuente de alimentación	3 pilas de 1,5 (V)
Resolución	1 micra (50 a 200 micras) 100 micras (2001 a 10000 micras)
Unidad	Micras, inHg, psia, mTorr, Torr, mBar, Bar, Pa, kPa



Figura 2.15 Vacuómetro AITCOOL

Recuperador de refrigerante

Se recuperará el refrigerante que este dentro del sistema para almacenarlo en un cilindro recuperador. En la Figura 2.16 y Tabla 2.8, se indica el recuperador junto con sus características. **Figura 2.11** Bomba de vacío

Tabla 2.8 Características del recuperador de refrigerante

Condición	Características
Modelo	Value VRR24L
Refrigerantes	Categoría III: R12, R134A, R401C, R406A, R500 Categoría IV: R22, R401A, R401B, R402B, R407C, R407D, R408A, R409A, R411A, R411B, R412A, R502, R509A Categoría V: R402A, R404A, R407A, R407B, R410A, R507A
Alimentación	110 – 120 (V) / 60 (Hz) 220 – 240 (V) / 50 – 60(Hz)
Potencia de salida	1 (hp)
Dimensiones	400 x 250 x 355 (mm)



Figura 2.16 Recuperador de refrigerante junto con su filtro.

En el ANEXO IV se encuentra el manual de uso para esta recuperadora.

Tanque recuperador

El tanque recuperador va a permitir el almacenamiento de refrigerante para su posterior uso. En la Figura 2.17, se indica el cilindro recuperador. **Figura 2.11** Bomba de vacío



Figura 2.17 Tanque para recuperar R134A

Refrigerante R134A

El refrigerante R134A se va a cargar al sistema para comprobar su funcionamiento. En la Figura 2.17, se indica el refrigerante R134A. **Figura 2.11** Bomba de vacío



Figura 2.18 Bote de refrigerante R134A

Refrigerante R290

El refrigerante R290 se va a cargar al sistema después de comprobar el funcionamiento del módulo con el refrigerante R134A. En la Figura 2.18, se indica el refrigerante R290. **Figura 2.11** Bomba de vacío



Figura 2.19 Bote de refrigerante R290

2.2.3 Hermeticidad y eliminación de los contaminantes del sistema de refrigeración

Barrido con nitrógeno

El barrido con nitrógeno es muy importante para eliminar impurezas del sistema de refrigeración, este procedimiento se lo realiza con el sistema abierto y previo a soldar el filtro deshidratador al tubo capilar, ya que se va a retirar la humedad y contaminantes de las tuberías (polvo, limaduras, sobras de soldadura). Consiste en hacer fluir nitrógeno

a una presión específica (en sistemas domésticos máximo 120 (psig)) por las tuberías, al tener el flujo en el sistema abierto saldrá por un extremo libre del sistema, [1].

El nitrógeno es un gas inerte, por lo que no provoca daños internos al sistema, de igual manera al expulsarlo no contamina el medio ambiente, [1]. En la Figura 2.19 se muestra el esquema de conexión para realizar el barrido con nitrógeno.

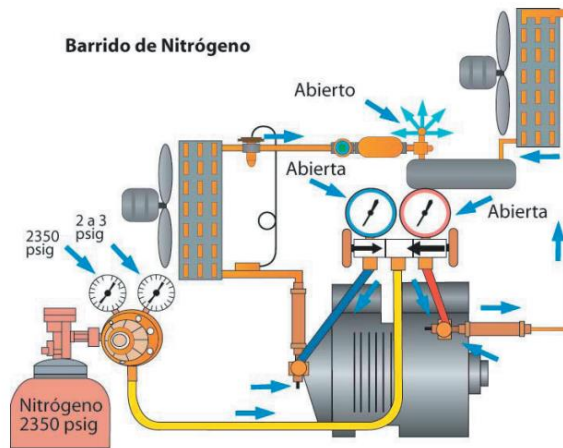


Figura 2.20 Esquema de conexión del barrido con nitrógeno, [12].

Este procedimiento siempre se lo debe realizar cuando se tenga que hacer algún cambio de componente del sistema, ya sea que se instalen nuevas tuberías o se cambie de compresor, [1].

Presurización con nitrógeno (prueba de estanqueidad)

Una vez hecho el barrido al sistema, se procede a cerrarlo y realizar la presurización con nitrógeno, esta es utilizada para la búsqueda de fugas en cualquier unión de soldadura que haya. Consiste en cargar el sistema con nitrógeno un 80% de la presión de saturación del refrigerante que utilizaremos (en este caso R134A y R290) y verificar si el regulador del tanque baja su presión, [1]. En la Figura 2.20, se indica el diagrama de conexión para la presurización.

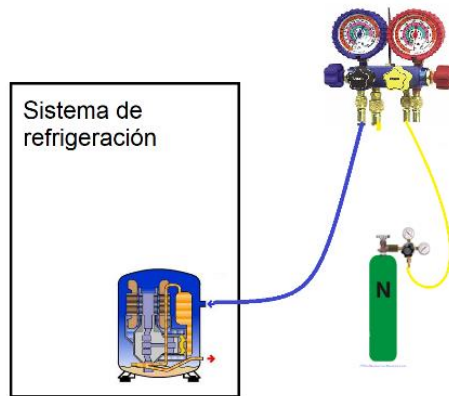


Figura 2.21 Esquema de conexión para presurización con Nitrógeno

Ejemplo de cálculo de presión para la presurización

Para obtener la presión para la presurización, se calcula las presiones de saturación del R134A y R290 a la temperatura atmosférica que se encuentre el sistema, estos datos se consiguen con las tablas termodinámicas respectivas (el dato corresponde a la presión absoluta), además, utilizando la Ecuación 2.1 se consigue la presión manométrica.

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man}$$

Ecuación 2.1 Presión absoluta, [3].

En la Tabla 2.9, se muestran los datos obtenidos.

Tabla 2.9 Ejemplo de cálculo para la presión de presurización

A una temperatura de 25 (°C) – P _{Quito} =71,94 (kPa)			
R134A		R290	
P _{abs-sat} (kPa)	P _{man} (kPa)	P _{abs-sat} (kPa)	P _{man} (kPa)
666,01	594,07	952,3	880,36

Con la Ecuación 2.2, se calcula la presión para la presurización.

$$P_{pres} = 0,8 * P_{man}$$

Ecuación 2.2 Presión para la presurización

En la Tabla 2.10 **Tabla 2.9**, se muestran los datos de presión para la presurización.

Tabla 2.10 Datos obtenidos para la presurización con R134A Y R290

R134A	R290
-------	------

P_{man} (kPa)	P_{pres} (psig)	P_{man} (kPa)	P_{pres} (psig)
475,26	68,93	704,29	102,15

Con estos datos cargamos el nitrógeno hasta una presión de aproximadamente 70 (psig) para el R134A, mientras que al R290 lo cargamos aproximadamente 100 (psig). Con estas presiones podemos realizar las pruebas necesarias en busca de fugas.

Prueba de burbujas

Otra prueba que se puede realizar en busca de fugas es la de burbujas, consiste en mantener el nitrógeno dentro del sistema e ir mojando con agua con jabón (o mezclas que hagan burbujas) las uniones de soldadura del sistema. En la Figura 2.21, se muestra un ejemplo de fuga con la prueba de burbuja.



Figura 2.22 Prueba de burbujas con estanqueidad de nitrógeno

Una vez detectadas las fugas, se las repara para que el sistema quede hermético y no existan fugas de refrigerante.

2.2.4 Carga de refrigerante R134A en el módulo didáctico del sistema de refrigeración por compresión

En esta sección se va a analizar el comportamiento del sistema de refrigeración con el uso de refrigerante R134A, para posteriormente comparar el funcionamiento con el R290.

Vacío del sistema



Figura 2.23 Esquema de conexión para realizar el vacío al sistema

El vacío en el sistema permite extraer el aire y humedad de este, para realizar este procedimiento correctamente es necesario tener una bomba de vacío, juego de manómetros y un vacuómetro (mide el vacío en micrones). Consiste en hacer que el sistema llegue a estar en presiones por debajo de 0 (psig), en estos niveles se empieza a medir el vacío en micrones, generalmente se empieza desde los 24 000 micrones, a menor cantidad de micrones mayor vacío, [1].

Es necesario tener en cuenta el aceite del compresor, ya que este indicará el valor de micrones recomendados según el tipo de aceite. En aceites minerales se recomienda un vacío de 500 micrones, mientras que en aceites sintéticos son de 250 micrones, [1]. Según la ASHRAE, para un correcto vacío el sistema tendrá que mantenerse por debajo de los 2 500 micrones por varias horas (mínimo 5 horas), [13]. En la Figura 2.24, se muestra el vacuómetro con el valor de micrones recomendados para el sistema.



Figura 2.24 Medición del vacuómetro

Una vez alcanzado el valor de vacío requerido es necesario comprobar si existe un aumento de presión (en micrones), dependiendo de la manera que llegue a perderse el

vacío se deberá a una causa en específico. En la Tabla 2.11, se indican las posibles causas de una pérdida de vacío.

Tabla 2.11 Pérdida de vacío en el vacuómetro, [1]

Pérdida de vacío	Causas	Solución
Si el vacuómetro aumenta en micrones y se detiene en un valor mayor al deseado.	Es posible que exista humedad en el sistema (la humedad al evaporarse aumenta la presión).	Continuar con la operación de vacío por un mayor tiempo y volver a medir.
Si el vacuómetro aumenta de manera constante el valor de micrones	Es posible que existan fugas en el sistema o las conexiones (para realizar el vacío) están mal selladas.	Detectar las fugas y sellarla. Comprobar que las conexiones estén bien cerradas.

Carga de refrigerante r134a

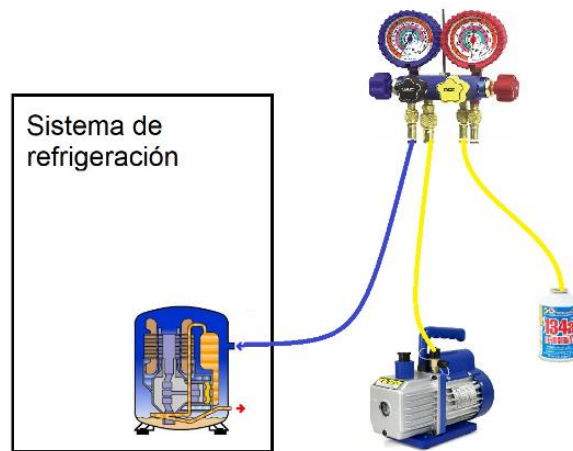


Figura 2.25 Esquema de conexión para la carga del refrigerante

Una vez realizado correctamente el vacío, se procede a cargar el refrigerante al sistema, para esto se necesita una balanza electrónica, juego de manómetros (los indicados para R134A), refrigerante R134A y bomba de vacío. Es importante tomar en cuenta que las mangueras del juego de manómetros estén en vacío, ya que, si no lo están, el aire de estas entrará al sistema y no funcionará correctamente, además, el juego de manómetros debe ser adecuado para el manejo de R134A (HFC).

Para la carga del refrigerante se tendrá en cuenta la temperatura de subenfriamiento, la cual se obtiene de la diferencia entre la temperatura de condensación y la temperatura a la salida del condensador, se cargará el sistema con el refrigerante hasta que la temperatura de subenfriamiento se encuentre entre 10 y 15 (°F), [1]. Cabe señalar que la temperatura de subenfriamiento también puede estar expresada en escala de grados Celsius y se encontrará dentro del rango de 5 y 10 (°C), [14].

Tener el dato de la temperatura de subenfriamiento es de suma importancia, debido a que indicará los problemas que puede haber en el sistema al trabajar fuera de los rangos establecidos. A continuación, se muestran los problemas que pueden existir si la temperatura está por debajo o por encima del rango:

- Si la temperatura de subenfriamiento está por debajo de 10 (°F) o 5 (°C), significa que al condensador le hace falta refrigerante, esto puede ocasionarse por una carga insuficiente de refrigerante, una mala compresión, o que un tubo capilar es demasiado largo, [1].
- Si la temperatura de subenfriamiento está por encima de 15 (°F) o 10 (°C), significa que existe una sobrecarga de refrigerante, esto puede ocasionarse debido a un filtro deshidratador contaminado, un tubo capilar muy corto o cerrado (descalibrada), [1].

Ejemplo de cálculo para obtener la temperatura de subenfriamiento con el refrigerante R134A

Para calcular la temperatura de subenfriamiento del R134A, se debe obtener la temperatura del condensador por medio de las tablas termodinámicas, además, es necesario tener la presión absoluta para buscar este dato. Utilizando la Ecuación 2.1 se obtiene la presión absoluta.

Con una $P_{alta}=140$ (psig), una temperatura a la salida del condensador de 34 (°C) (93,2 (°F)) y con presión atmosférica de 10,43 (psi).

$$P_{abs} = 150,43 \text{ (psia)} = 1037,21 \text{ (kPa)}$$

En la Tabla 2.12, se muestran los resultados de las temperaturas de saturación con el R134A (es necesario mencionar que se tendrá que interpolar para obtener los datos).

Tabla 2.12 Temperatura de saturación con R134A

R134A	
T_{sat} (°C)	T_{sat} (°F)

40,95	105,71
-------	--------

Con la Ecuación 2.3, se obtiene la temperatura de subenfriamiento.

$$T_{\text{subenfriamiento}} = T_{\text{sat-alta}} - T_{\text{salida del condensador}}$$

Ecuación 2.3 Temperatura de subenfriamiento

En la Tabla 2.13, se muestran los datos de la temperatura de subenfriamiento.

Tabla 2.13 Resultados de la temperatura de subenfriamiento para R134A

R134A	
T _{subenfriamiento} (°C)	T _{subenfriamiento} (°F)
6,95	12,51

Como se puede apreciar en la Tabla 2.13, el R134A para la presión de alta de 140 (psig) y la temperatura de salida del condensador de 34 (°C), se mantiene dentro del rango correcto de temperatura de subenfriamiento, es decir que el sistema esta con una cantidad adecuada de refrigerante. Al trabajar con las 2 escalas de grados Celsius y Fahrenheit, se comprueba que la temperatura se encuentra dentro de los 2 rangos y no existe ninguna variación entre estas.

Una vez comprobado la temperatura de subenfriamiento del R134A, se carga el refrigerante hasta llegar a la presión de 140 (psig) (aproximadamente 60 gramos de refrigerante), posteriormente, se mide la corriente del compresor con la ayuda de una pinza amperimétrica, en este caso la corriente marco 1 (A). En la Figura 2.26 **Figura 2.26**, se indica la corriente del compresor.



Figura 2.26 Corriente del compresor

Análisis de las presiones de trabajo del sistema

En la Figura 2.26, se muestra las presiones de trabajo en el sistema de refrigeración para el refrigerante R134A.

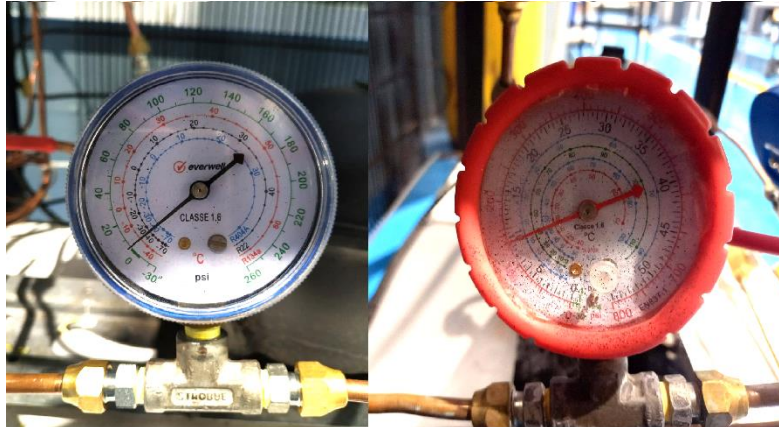


Figura 2.27 Presiones de trabajo del R134A

En la Tabla 2.14 y Tabla 2.15, se indica las presiones de trabajo de alta y de baja respectivamente para el R134A.

Tabla 2.14 Presión de alta con su temperatura de saturación

P_{alta} (psig)	P_{alta} (psia)	P_{alta} (kPa)	$T_{condensador}$ (°C)
140	150,43	1 037,18	40,66

Tabla 2.15 Presión de baja con su temperatura de saturación

P_{baja} (psig)	P_{baja} (psia)	P_{baja} (kPa)	$T_{evaporador}$ (°C)
9	19,43	133,97	-19,84

Estas presiones de trabajo generalmente llegan a ser ideales para sistemas domésticos como los son refrigeradoras. De igual manera, las presiones obtenidas son para la carga de refrigerante de aproximadamente 60 gramos de R134A.

Recuperación de refrigerante

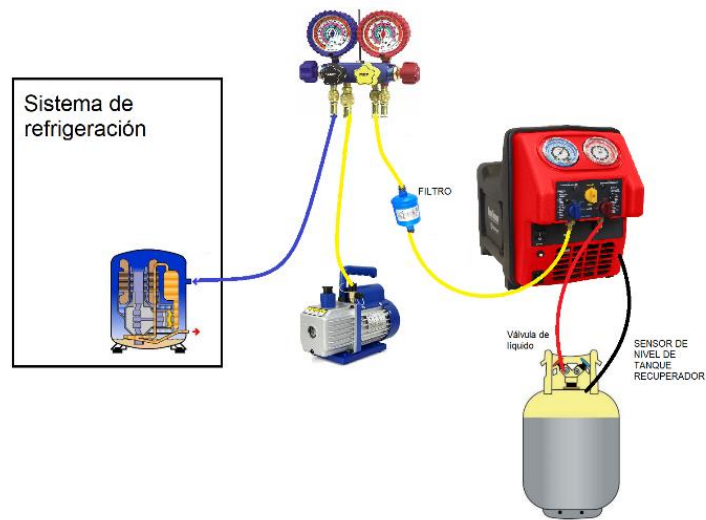


Figura 2.28 Esquema de conexión para recuperar refrigerante

Para la recuperación del refrigerante se necesitará una recuperadora (con su filtro), un tanque recuperador, una bomba de vacío y un juego de manómetros. Este procedimiento se lo realiza con el fin de recuperar los refrigerantes que son dañinos con el medio ambiente, y así progresivamente disminuir los daños que provocan al ecosistema. Tales como el R134A, el cual posee un PCG de 1430 (demasiado alto) o el R404A, el cual es el doble del PCG del R134A (3291,60), [1]. Y así una gran variedad de refrigerantes que dañan el planeta, por ello se ha optado por la opción de recuperar dichos refrigerantes.

Es indispensable recuperar los refrigerantes con un tanque recuperador, el cual tendrá una válvula de líquido y vapor (roja y azul respectivamente), de igual manera se recomienda tener un sensor de nivel que se acople al tanque recuperador y se conecte a la recuperadora, esto es para evitar cargar el refrigerante por encima del 80% de capacidad del tanque (por buenas prácticas se recomienda no cargar más del 80% de refrigerante en el tanque, podría sufrir daños en su estructura), [1]. En la Figura 2.29, se muestra la estructura interna del tanque recuperador.

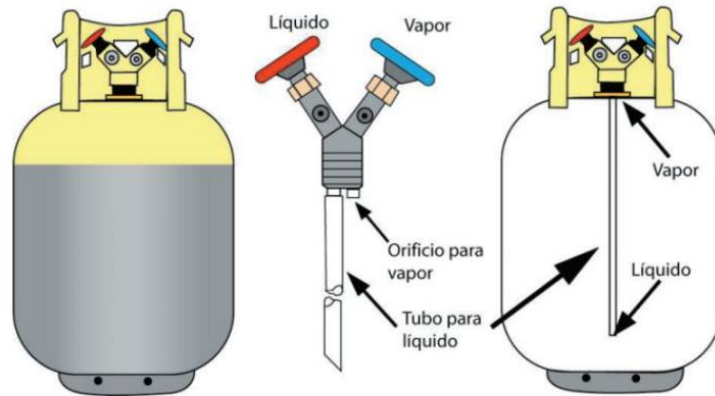


Figura 2.29 Estructura interna del tanque recuperador, [15].

2.2.5 Carga de refrigerante R290 en el módulo didáctico del sistema de refrigeración por compresión

Vacío del sistema

Para realizar el vacío en el sistema se tiene que realizar el mismo procedimiento del apartado 2.2.4 (Vacío del sistema), sin realizar ningún cambio.

Carga de refrigerante R290

Para la carga del refrigerante se tendrá que realizar el mismo procedimiento del apartado 2.2.4 (Carga de refrigerante R134A), con la diferencia de que se utilizará el juego de manómetros que sean adecuados para el manejo de hidrocarburos (R290).

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo de temperatura de subenfriamiento con los mismos datos del R134A para el R290.

Ejemplo de cálculo para obtener la temperatura de subenfriamiento con el refrigerante R290

Para calcular la temperatura de subenfriamiento del R290, se debe obtener la temperatura del condensador por medio de las tablas termodinámicas respectivas, además, es necesario tener la presión absoluta para buscar este dato. Utilizando la Ecuación 2.1 se obtiene la presión absoluta.

Con los mismos datos del R134A, se realiza el análisis para R290. Una $P_{alta}=140$ (psig), una temperatura a la salida del condensador de 34°C ($93,2$ ($^{\circ}\text{F}$)) y con presión atmosférica de $10,43$ (psi).

En la Tabla 2.16 **Tabla 2.12**, se muestran los resultados de las temperaturas de saturación con R290.

Tabla 2.16 Temperatura de saturación con R290

R290	
T _{sat} (°C)	T _{sat} (°F)
28,4	83,12

Con la Ecuación 2.3, se obtiene la temperatura de subenfriamiento.

En la Tabla 2.17, se muestran los datos de la temperatura de subenfriamiento para el R290.

Tabla 2.17 Resultados de la temperatura de subenfriamiento R290

R290	
T _{subenfriamiento} (°C)	T _{subenfriamiento} (°F)
-5,6	-10,08

Como se puede apreciar en la Tabla 2.17, el R290 para la presión de alta de 140 (psig) y la temperatura de salida del condensador de 34 (°C), queda muy por debajo del rango recomendado, esto significa que al sistema le hace falta refrigerante para que empiece a funcionar correctamente (o alguna de las demás causas). De igual manera, se comprueba que al trabajar con las 2 escalas de grados Celsius y Fahrenheit el resultado sigue siendo el mismo para los dos casos.

Recuperación de refrigerante HC

En la recuperación de hidrocarburos es necesario tener una recuperadora adecuada para trabajar con refrigerantes inflamables, en donde su estructura (interna o externa) no tenga ninguna fuente potencial de ignición. Asimismo, se tendrá que disponer de un tanque recuperador adecuado para soportar hidrocarburos, hay que tener en cuenta que estos refrigerantes ocupan más de dos veces su volumen dentro del cilindro, además de tener precaución a la hora de recuperar el refrigerante, ya que si se sobrecarga podría provocar la ruptura del cilindro por exceso de capacidad de este, [1].

Ventilación de refrigerante HC

El R290 al ser un gas natural posee un PAO de cero y un PCG casi despreciable, por ello no es dañino para el medio ambiente, y se puede ventilar este refrigerante, aunque tiene un alto índice de inflamabilidad por lo que hace que sea muy peligroso a la hora de manipular este gas, [1].

En ciertas circunstancias se considera aceptable ventilar este refrigerante, la más importante de estas consideraciones es que la cantidad de refrigerante a ventilar sea menor a 150 gramos, si es mayor a esta cantidad obligatoriamente se tendrá que recuperar el refrigerante siguiendo las normas correspondientes, [1].

Para realizar un correcto venteo de hidrocarburos es necesario llevar a cabo diversos procedimientos que permitan deshacerse del refrigerante de manera segura y adecuada, a continuación, se indican los procedimientos que se tendrán que seguir, [1].

- El venteo de hidrocarburos dentro de un edificio no es posible en ninguna circunstancia.
- La ventilación del refrigerante debe realizarse en un área privada y con personas que conozcan sobre el procedimiento.
- Se debe utilizar una manguera que tenga un largo de al menos 3 metros para que se ventee el refrigerante hacia el exterior del edificio.
- La ventilación del refrigerante se debe realizar únicamente bajo la certeza de que el refrigerante no se acumule en un edificio vecino, o que no migre a un lugar por debajo del nivel del suelo.
- La manguera debe ser de material adecuado para los hidrocarburos.
- La salida de la manguera debe ser de tipo aspersion, para que el refrigerante se ventile por varias direcciones.
- Se tiene que colocar una indicación sobre zona inflamable en la descarga de la manguera.
- Se debe comprobar periódicamente que la manguera no tenga ningún tipo de agujeros que puedan provocar fugas y bloqueo del flujo del fluido.

Al finalizar el venteo del refrigerante, se debe realizar un barrido al sistema con nitrógeno para asegurar que no existan trazas de refrigerante HC en el interior.

Análisis de las presiones de trabajo del sistema

En la Figura 2.29, se muestra las presiones de trabajo en el sistema de refrigeración para el refrigerante R290.

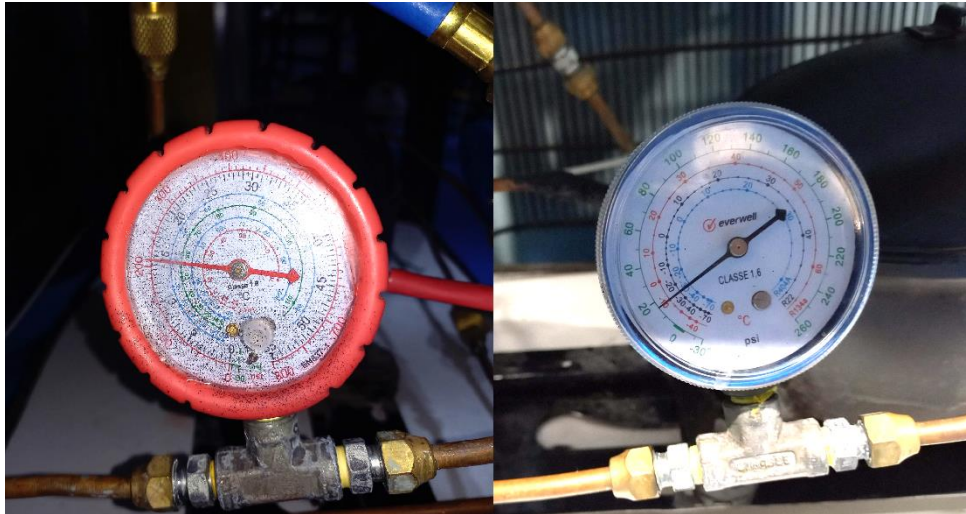


Figura 2.30 Presiones de trabajo para R290

En la Tabla 2.18 y Tabla 2.19 **Tabla 2.14**, se indica las presiones de trabajo de alta y de baja respectivamente para el R290.

Tabla 2.18 Presión de alta con su temperatura de saturación

P_{alta} (psig)	P_{alta} (psia)	P_{alta} (kPa)	$T_{\text{condensador}}$ ($^{\circ}\text{C}$)
210	220,43	1519,81	44,57

Tabla 2.19 Presión de baja con su temperatura de saturación

P_{baja} (psig)	P_{baja} (psia)	P_{baja} (kPa)	$T_{\text{evaporador}}$ ($^{\circ}\text{C}$)
18	28,43	196,02	-25,96

Las presiones que se obtienen son de acuerdo con la carga del refrigerante (34 gramos de R290) y a la temperatura de subenfriamiento del sistema (se encontró dentro de los rangos recomendados).

2.3 Funcionamiento del sistema al cargar el refrigerante

El funcionamiento del módulo didáctico de carga y descarga de refrigerante dependerá del tipo de refrigerante que se utilice. Para realizar una correcta carga es necesario seguir los procedimientos previos a la misma, los cuales son: barrido con nitrógeno, presurización con nitrógeno, y vacío del sistema. Una vez realizado los procedimientos previos a la carga, se puede empezar con la carga del refrigerante, para esto es necesario obtener la temperatura de subenfriamiento, la cual se calcula con la Ecuación 2.3, los datos se obtienen mediante la presión de alta del sistema (obtener la

temperatura de saturación con tablas termodinámicas del refrigerante en uso) y con la ayuda de una termocupla que irá conectada a la salida del condensador, la cual dará un valor en temperatura.

Cabe resaltar que la temperatura de subenfriamiento debe estar dentro de los rangos de 5 a 10 (°C) o 10 a 15 (°F), al comprobar que el sistema se encuentra dentro de los rangos, se tendrá una cantidad de refrigerante adecuada dentro del mismo.

Este funcionamiento se puede evidenciar en el apartado 2.4, en el cual se indica la carga del refrigerante, ya sea R134A o R290.

2.4 Guía de uso del módulo didáctico

Se realizó dos videos explicativos con los diversos procedimientos para la carga y descarga de refrigerantes (R134A y R290, respectivamente), a continuación, se muestran los links para los videos en YouTube.

Manual de uso para refrigerante R134A

En la **Figura 2.31**, se indica el código para acceder al video guía del refrigerante R134A.



Figura 2.31 Video guía de manual de uso para refrigerante R134A

<https://bit.ly/3SHAJuE>

Manual de uso para refrigerante R290

En la **Figura 2.32**, se indica el código para acceder al video guía del refrigerante R134A.



Figura 2.32 Video guía de manual de uso para refrigerante R290

<https://bit.ly/3mkxz3S>

La Guía de uso del módulo didáctico junto con el manual de mantenimiento se encuentra en el Anexo V.

3 RESULTADOS

Se comparará las presiones de trabajo para el R134A y el R290, junto con el amperaje del compresor y la cantidad de refrigerante ingresado en el sistema.

3.1 Análisis de Resultados

En la Tabla 3.1 y Tabla 3.2, se indican las presiones de trabajo del sistema de refrigeración con el refrigerante R134A.

Tabla 3.1 Presión de alta con R134A

P_{alta} (psig)	P_{alta} (psia)	P_{alta} (kPa)	$T_{\text{condensador}}$ (°C)
140	150,43	1037,18	40,66

Tabla 3.2 Presión de baja con R134A

P_{baja} (psig)	P_{baja} (psia)	P_{baja} (kPa)	$T_{\text{evaporador}}$ (°C)
9	19,43	133,97	-19,84

En la Tabla 3.3 y Tabla 3.4, se indican las presiones de trabajo del sistema de refrigeración con el refrigerante R290.

Tabla 3.3 Presión de alta con R290

P_{alta} (psig)	P_{alta} (psia)	P_{alta} (kPa)	$T_{\text{condensador}}$ (°C)
210	220,43	1519,81	44,57

Tabla 3.4 Presión de baja con R290

P_{baja} (psig)	P_{baja} (psia)	P_{baja} (kPa)	$T_{\text{evaporador}}$ (°C)
18	28,43	196,02	-25,96

Corriente de trabajo del compresor con R134A y R290

En la Tabla 3.5, se muestra las corrientes de trabajo de cada prueba de funcionamiento con el R134A y R290.

Tabla 3.5 Comparación de corrientes del compresor con los distintos refrigerantes

R134A	R290
1 (A)	1,20 (A)

Cantidad de refrigerante introducido al sistema

En la Tabla 3.6, se muestra la cantidad de refrigerante (R134A y R290) que ingreso al sistema para su funcionamiento.

Tabla 3.6 Comparación de cantidad de refrigerantes introducido al sistema

R134A	R290
60 gramos	34 gramos

Al comparar los resultados que se obtuvieron al cargar el R134A y R290, se comprueba que la presión de trabajo del R290 es mayor comparada al R134A, para saber la diferencia de porcentaje específico entre los 2 refrigerantes se toma con datos iguales, y se comparan las variaciones de presiones entre la presión de alta y baja. En la tabla se muestran las variaciones correspondientes a condiciones críticas del sistema.

Tabla 3.7 Variación de presiones de refrigerantes

$T_{\text{evap}}=-15$ (°C) y $T_{\text{cond}}=4$ (°C)				
Refrigerante	P_{alta} (kPa)	P_{baja} (kPa)	Variación de presiones (kPa)	%
R134A	1017,1	164,155	852,945	100%
R290	1369,4	291,755	1077,645	126.34%

Como se observa en Tabla 3.7, la variación de presión del refrigerante R290 a condiciones críticas es un 26,34% mayor al refrigerante R134A, por lo que, al cambiar en el sistema no se tendrá complicaciones para trabajar con el refrigerante R290, ya que los compresores suelen estar sobredimensionados, [16].

Por otra parte, el compresor se sobrecarga a la hora de realizar este cambio, esto se comprueba en la Tabla 3.5, la cual indica que la corriente del compresor al trabajar con refrigerante R290 es un 20% mayor al del refrigerante R134A, es decir que el compresor se sobrecarga y corre el riesgo de quemarse si se trabaja durante tiempos muy

prolongados, [16]. De igual manera, la cantidad de refrigerante R290 a utilizar es casi un 50% menos que el refrigerante R134A, por el contrario, ocupa más volumen dentro del sistema, esto es a causa de que el refrigerante R290 llega a ser más denso comparado con el refrigerante R134A, [1].

4 CONCLUSIONES

- Se implementó de manera correcta el módulo de carga y descarga de refrigerante, en el cual permite que se realicen pruebas para un análisis de presiones o comportamientos de los componentes del sistema.
- Es posible cambiar un sistema que trabaja con R134A por R290, la dificultad que se presentó es la sobrecarga del compresor, ya que se eleva su corriente y su potencia, la cual en tiempos prolongados pueden dañar el equipo.
- Con los equipos necesarios se puede recuperar una cantidad considerable de refrigerante, cabe mencionar que el refrigerante debe ser adecuado para recuperador, y se debe almacenarlo en un cilindro, dicho refrigerante servirá para futuras cargas en el mismo sistema.
- Los sistemas con refrigerante R290 trabajan a una mayor presión que con refrigerante R134A, de igual manera con un 50% de refrigerante R290 respecto a la cantidad (en gramos) de refrigerante R134A se llega a hacer funcionar el sistema de refrigeración.
- Antes de la carga de cualquier refrigerante se tiene que realizar varios procedimientos como los son la presurización con nitrógeno para buscar fugas, y un vacío para retirar humedad y el aire del sistema.
- El barrido con nitrógeno es el único paso que requiere que se abra el sistema para realizarlo, este se abrirá por mantenimiento, reparación o cambio de algún componente.
- La temperatura de subenfriamiento indica si hace falta o sobra refrigerante dentro del sistema, para una correcta carga debe estar la temperatura dentro del rango recomendado (entre 5 y 10 (°C) o 10 y 15 (°F)).
- El sistema posee manómetros (alta y baja) con el objetivo de indicar las presiones de evaporación y condensación al trabajar, esto cumple el mismo funcionamiento que un juego de manómetros conectado por succión y descarga.

5 RECOMENDACIONES

- Se debe ventear correctamente los hidrocarburos, siguiendo las recomendaciones de buenas prácticas para el manejo de refrigerantes HC, de igual manera se debe verificar la cantidad de refrigerante que se cargue al módulo, ya que para ventear solo se permite cantidades menores a 150 gramos.
- Para una correcta y segura recuperación de refrigerante se debe disponer de todos los componentes necesarios para la misma como lo es el tanque recuperador, sensor de nivel del cilindro, balanza electrónica, filtro del recuperador y juego de manómetros.
- Antes de la prueba de vacío es indispensable comprobar el nivel de aceite de la bomba que se usará, siempre debe estar un poco por encima de la referencia, así evitamos provocar daños al equipo.
- Al momento de cargar refrigerante R134A con el sistema encendido se debe comprobar las presiones de alta y baja del módulo, en sistemas herméticos pequeños se puede tomar valores de referencia como 120 a 140 psi de alta y 5 a 10 psi de baja, a medida que se carga el refrigerante R134A se va comprobando con los niveles de presión en los manómetros del módulo.
- Se debe tener en cuenta la temperatura de subenfriamiento del sistema, ya que esta indica si la cantidad de refrigerante en el sistema es correcta o si algún componente de este está funcionando mal.
- Se debe regular correctamente la cantidad de nitrógeno que se introduzca al sistema, ya que si se lo realiza de golpe el nitrógeno puede entrar a una mayor presión de la recomendada y generar fugas en las tuberías.
- Se recomienda conectar el vacuómetro justo en la tubería de servicio del compresor (mediante una T), para que se tenga una mejor medición del vacío del sistema.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. Barletta y O. Acevedo, Buenas prácticas en los procesos de instalación y mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, 2021.
- [2] Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante, «RUA,» 15 Abril 2011. [En línea]. Available: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>. [Último acceso: 2022 11 15].
- [3] Y. Cengel y M. Boles, Termodinámica, MC Graw Hill, 2009.
- [4] SEMARNAT, «Buenas prácticas en el uso de sustancias alternativas a los hidroclorofluorocarbonos,» 2014.
- [5] ONU, PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO, Kioto, 1998.
- [6] PNUMA, Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la Capa de Ozono, 2016.
- [7] Danfoss, «Aplicaciones prácticas del refrigerante R290 propano en sistemas herméticos pequeños,» 2001.
- [8] A. S. Cárdenas Sillo y S. A. Pasaco Vélez, Implementación de un módulo didáctico de un sistema de refrigeración con paneles intercambiables para el laboratorio de tecnología industrial de la ESFOT, Quito, 2022.
- [9] SERVICAT, «SERVICAT,» [En línea]. Available: <https://repuestoslineablanca.com/REFRIGERADORAS/1995-filtro-cobre-max-flo-refrigeradora.html>. [Último acceso: 30 01 2023].
- [10] SERVICAT, «SERVICAT,» [En línea]. Available: <https://repuestoslineablanca.com/REFRIGERADORAS/1548-capilar-refrigeradora.html>. [Último acceso: 30 01 2023].
- [11] Full Gauge, «Full Gauge Controls,» [En línea]. Available: <https://www.fullgauge.com/es/productos-mt-512e-2hp>. [Último acceso: 15 02 2023].

- [12] SEMARNAT, Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado.
- [13] M. A. Dueñas, «0grados,» [En línea]. Available: <https://0grados.com/la-bomba-vacio/#:~:text=Para%20alcanzar%20un%20correcto%20vac%C3%ADo,2%2C500%20micrones%20durante%20varias%20horas>. [Último acceso: 30 01 2021].
- [14] C. F. ÁLVAREZ GALLO y J. I. REINA DELGADO, Diseño y construcción de un módulo didáctico de refrigeración, 2009.
- [15] Cydsa, «Quimobásicos,» [En línea]. Available: <https://blogquimobasicos.com/tag/tanque-de-recuperado/>. [Último acceso: 12 02 2023].
- [16] B. Erazo y H. Zuñiga, Estudio del empleo de hidrocarburos como refrigerantes ecológicos en refrigeración doméstica, Quito, 2012.
- [17] FULL GAUGE, «FULGAUGE,» [En línea]. Available: <https://www.fullgauge.com/es/manual-del-producto-111>. [Último acceso: 18 02 20].
- [18] VALUE, Recovery Unit Manual VRR12L/VRR24L.

7 ANEXOS

ANEXO I. REPORTE DE SIMILITUD GENERADO POR TURNITIN

DMQ, 01 de marzo de 2023

Yo, Jonathan Gabriel Loor Bautista, como Director del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

Fecha de entrega: 01-mar-2023 08:57p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2026626345

Nombre del archivo: Trabajo_TIC_Electromec_nica_Guerrero_Erick-Turnitin.pdf (5.34M)

Total de palabras: 11127

Total de caracteres: 57316

Trabajo de Integración Curricular

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

bibdigital.epn.edu.ec

Fuente de Internet

2%

2

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.cepal.org

Fuente de Internet

<1%

4

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

DIRECTOR

Ing. Jonathan Gabriel Loor Bautista.

ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 01 de marzo de 2023

Yo, Jonathan Gabriel Loor Bautista, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del Módulo didáctico de carga y descarga de refrigerante natural, el cual fue implementado por el estudiante Erick Santiago Guerrero Tamayo.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la EPN puedan usar las instalaciones con seguridad para los equipos y las personas.



DIRECTOR

Ing. Jonathan Gabriel Loor Bautista

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | PB 02 | Oficina 03 - 23
Correo: jonathan.loor@epn.edu.ec | **Ext:** 2746

ANEXO III. MANUAL CONTROLADOR MT-512EL 2HP DE TEMPERATURA



1. DESCRIPCIÓN

Con el **MT-512E 2HP** es posible realizar deshielos periódicos por parada del compresor (deshielo natural) y forzar deshielos manualmente. Posee un potente relé de 16 A para accionar cargas de hasta 2HP, además de una salida de comando conjugada a un temporizador (timer) para la programación del tiempo de refrigeración y deshielo. Otro recurso disponible es la desconexión de las funciones de control, haciendo con que el **MT-512E 2HP** opere solamente como indicador de temperatura. También presenta filtro digital configurable, el cual tiene la finalidad de simular un aumento de masa en el sensor de ambiente, aumentando así su tiempo de respuesta, o sea, hace la respuesta del sensor más lenta (retardo). Y, a través de un sistema inteligente de bloqueo de funciones, impide que personas no autorizadas alteren los parámetros de control.

El **MT-512E 2HP** también puede ser configurado para calefacción. Producto en conformidad con UL Inc. (Estados Unidos y Canadá) y NSF (Estados Unidos).

2. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Certifique la correcta fijación del controlador.
- Cerciórese que la alimentación eléctrica esté desconectada y que no sea conectada durante la instalación del controlador.
- Lea el presente manual antes de instalar y utilizar el controlador.
- Utilice Equipos de Protección Individual (EPI) adecuados.
- Para aplicación en locales sujetos a salpicaduras de agua, como en exhibidores frigoríficos, instale el vinilo protector que acompaña al controlador.
- Para protección bajo condiciones más críticas, recomendamos la capa Ecase, que suministramos como opcional (vendida separadamente).
- Los procedimientos de instalación deben ser realizados por un técnico capacitado.

3. APLICACIONES

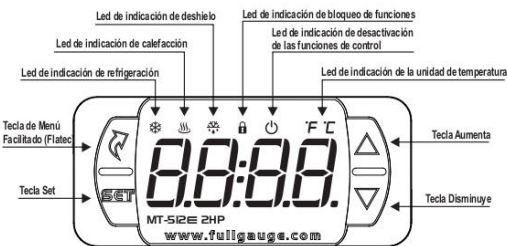
- Mostradores refrigerados
- Cámaras frías
- Buffet de comidas calientes
- Estufas

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Alimentación	MT-512E 2HP: 115 o 230 Vac $\pm 10\%$ (50/60 Hz) MT-512EL 2HP: 12 o 24 Vdc o Vac $+10\%$ *
Temperatura de control (°C)	-50 a 106°C (-58 a 221°F)
Temperatura de operación	0 a 50°C / 32 a 122°F
Humedad de operación	10 a 90% HR (sin condensación)
Resolución	0,1°C
Corriente máxima de la carga (A ^(**))	16 A para cargas tipo resistivas y 12 A para cargas tipo inductivas
Potencia máxima de la carga (W ^(***))	2HP
Grado de protección	IP 65 (frontal)
Dimensiones (mm)	76 x 34 x 77 mm (Ancho x Alto x Profundidad)
Dimensiones del recorte (mm)	X = 71 \pm 0,5 Y = 29 \pm 0,5 (vide Imagen V)

(*) Variación admisible en relación a la tensión nominal.
(**) Este instrumento mide y controla temperaturas hasta 200°C/392°F utilizando el cable sensor de silicón SB59 (vendido separadamente).
(***) Para cargas mayores, usar llave disyuntora.

5. INDICACIONES Y TECLAS



6. ESQUEMA DE CONEXIÓN

6.1. Identificaciones (Ver Imágenes I a IV)

- Imagen I: MT-512E 2HP, alimentado con 115 Vac.
- Imagen II: MT-512E 2HP, alimentado con 230 Vac.
- Imagen III: MT-512EL 2HP, alimentado con 12 Vdc/dc.
- Imagen IV: MT-512EL 2HP, alimentado con 24 Vdc/dc.

¡ IMPORTANTE !

PARA EVITAR DAÑOS A LOS BORNES DE CONEXIÓN DEL INSTRUMENTO EL USO DE HERRAMIENTAS APROPIADAS ES IMPRESCINDIBLE.
⊗ DESTORNILLADOR PLANO 3/32" (2,4mm) PARA AJUSTE DE LOS BORNES DE SEÑAL;
⊗ DESTORNILLADOR PHILLIPS #1 PARA AJUSTE DE LOS BORNES DE POTENCIA;

Imagen I: MT-512E 2HP - 115Vac

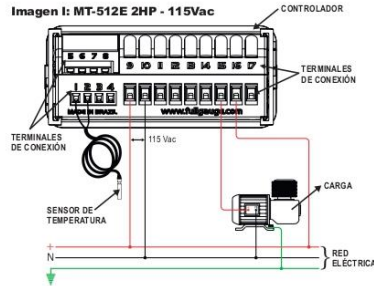


Imagen II: MT-512E 2HP - 230 Vac

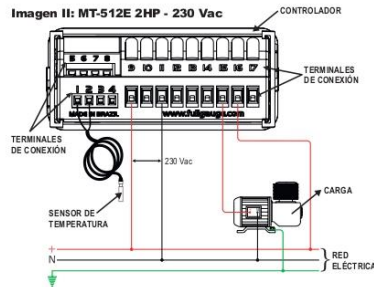


Imagen III: MT-512EL 2HP - 12Vdc/dc

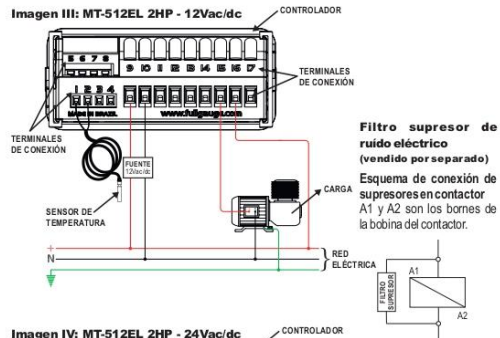
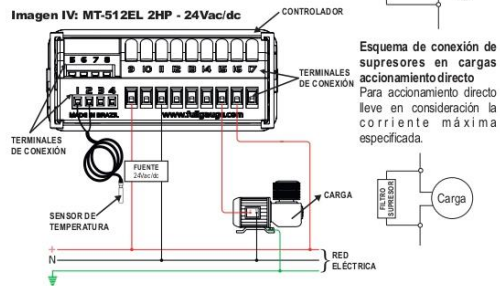


Imagen IV: MT-512EL 2HP - 24Vdc/dc



6.2. Conexión del sensor de temperatura

- Conecte los cables del sensor en los terminales 1 y 2; la polaridad es indiferente.
- La longitud de los cables del sensor puede ser aumentada por el usuario para hasta 200 metros, utilizando un cable PP2x24 AWG.
- Para inmersión en agua utilice pozo termométrico (Imagen VI - ítem 12), disponible en la línea de productos Full Gauge Controls (vendido separadamente).

6.3. Alimentación eléctrica del controlador

Utilice los bornes conforme la tabla abajo, en función de la versión del aparato:

Bornes	MT-512E 2HP	MT-512EL 2HP
9 y 10	115 Vac	12 Vac/dc
9 y 11	230 Vac	24 Vac/dc

6.4. Recomendación de la norma IEC60364

- Instale protectores contra sobretensión en la alimentación del controlador.
- Instale filtros supresores de transitorios (tipo RC) en el circuito - para aumentar la vida útil del relé del controlador. Vea sus instrucciones de conexión en la página anterior.
- Los cables del sensor pueden estar juntos, pero no en el mismo conducto por donde pasa la alimentación eléctrica del controlador y/o de las cargas.

7. PROCEDIMIENTO DE FIJACIÓN

- Recorte la chapa del panel (Imagen V - ítem 12) donde será fijado el controlador, con dimensiones X= 71±0,5mm e Y = 29±0,5mm;
 - Remueva las trabas laterales (Imagen VII - ítem 12); para eso, comprima la parte central elíptica (con el Logo Full Gauge Controls) y desplace las trabas para atrás;
 - Introduzca el controlador en el recorte efectuado en el panel, de afuera hacia adentro;
 - Recoloque las trabas y desplácelas hasta comprimirlas contra el panel, fijando el controlador en el alojamiento (ver indicación de la flecha en la Imagen VII - ítem 12);
 - Haga la instalación eléctrica conforme lo indicado en el ítem 6;
 - Ajuste los parámetros conforme descrito en el ítem 8.
- ⚠ATENCIÓN:** para instalaciones que necesiten de estanquidad contra líquidos, el recorte para instalación del controlador debe ser como máximo de 70,5x29 mm. Las trabas laterales deben ser fijadas de modo que presione la goma de sello evitando la infiltración entre el recorte y el controlador.

Vinilo protector - Imagen VIII (ítem 12)

Protege al controlador cuando es instalado en locales con salpicaduras de agua, como en exhibidores frigoríficos. Este vinilo adhesivo acompaña al instrumento, en su embalaje.

⚠ IMPORTANTE: Realice la aplicación solo después de concluir las conexiones eléctricas.

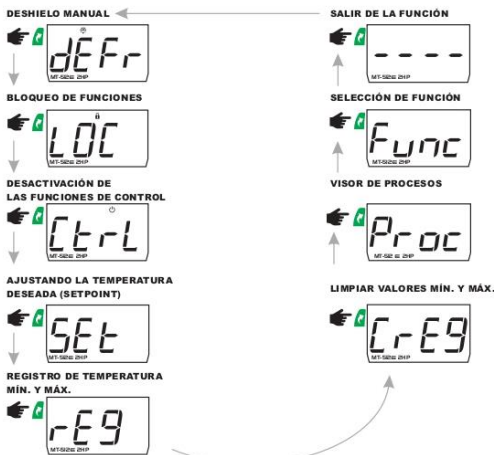
- mueva hacia atrás las trabas laterales (Imagen VII - ítem 12);
- Remueva la película protectora de la cara adhesiva del vinilo;
- Aplique el vinilo sobre toda la parte superior, doblando las aletas, según lo indicado por las flechas - Imagen VIII (ítem 12);
- Reinstale las trabas.

OBS: El vinilo es transparente, permitiendo ver el esquema eléctrico del instrumento.

8. AJUSTE DEL SETPOINT Y DE LOS PARÁMETROS

8.1. Mapa del Menú Facilitado

Oprima la tecla **▲** (Flatec), y navegue a través de los menús de función. Por más detalles ver capítulo 8.3. Asegure que vea el mapa de las funciones:



8.2. Mapa de Teclas Facilitadas

Cuando el controlador esté mostrando la temperatura, las siguientes teclas sirven de acceso rápido para a las siguientes funciones:

	Presionada por 5 segundos: activa/desactiva las funciones de control.
	Presionada por 2 segundos: ajuste del setpoint.
	Toque corto: muestra el proceso actual.
	Toque corto: muestra las temperaturas mínima y máxima (registro).
	Presionado al mismo tiempo: acceso a la selección de funciones.

8.3. Operaciones básicas

8.3.1. Ajuste del Setpoint (temperatura deseada)

Presione la tecla **▲** por 2 segundos hasta aparecer el mensaje **SEt**. Al soltar la tecla aparecerá la temperatura de control actualmente ajustada.

Utilice las teclas **▲** o **▼** para modificar el valor y presione **▲** para grabar.

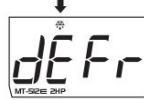
La temperatura deseada también puede ser alterada por el menú facilitado (ver mapa en el ítem 8.1) o por la función **[F02]**: ver ítem 8.4.2.

8.3.2. Deshielo manual

El deshielo manual es activado por el menú facilitado. Presione la tecla **▲** (toque corto) hasta aparecer el mensaje **[DEFr]** (led **▲** titilante). Después, presione la tecla **▲** (toque corto) para seleccionar. Será exhibido el mensaje **[DEFr] [On]** (led **▲** conectado).

Para desactivar el deshielo manual, presione la tecla **▲** (toque corto) hasta aparecer el mensaje **[DEFr]** (led **▲** titilante). Presione la tecla **▲** (toque corto) para seleccionar. Será exhibido el mensaje **[DEFr] [Off]** (led **▲** desconectado).

El deshielo manual podrá ser activado/desactivado presionando la tecla **▲** por 4 segundos.



8.3.3. Bloqueo de funciones

La activación del recurso de bloqueo de las funciones proporciona seguridad contra alteraciones indebidas del Setpoint y de los demás parámetros.

En esta condición, al intentar alterar estos valores, será exhibido el mensaje **[L OC]** en el display. Con todo, la visualización de los parámetros continúa siendo posible.

Para efectuar el bloqueo de las funciones es necesario que el parámetro **[F02]** (Tiempo para bloqueo de funciones) esté configurado con un valor superior a 14 (si estuviera menor que 15, será exhibido **[On]**, que significa el impedimento para el bloqueo de las funciones).

Con la tecla **▲** (toque corto), seleccione **▲**, en seguida presione **▲** (toque corto), y mantenga presionada la tecla **▲** hasta aparecer el mensaje **[L OC]**. Al soltar la tecla, exhibirá el mensaje **[On]**.



Para desbloquear, desconecte el controlador y vuelva a conectarlo con la tecla **▲** presionada. Mantenga la tecla presionada hasta que el mensaje **[L OC]** aparezca. Al soltarla, el mensaje **[Off]** será exhibido en el display.

8.3.4. Desconexión de las Funciones de Control

Desconectando las funciones de control, el controlador pasa a operar apenas como indicador de temperatura y el relé de salida permanece desconectado.

La forma de operación de la desconexión de las funciones de control depende de la configuración del parámetro **[F02]** Desconexión de las funciones de control.

Con la tecla **▲** (toque corto), seleccione **○** y presione **▲** (toque corto) para confirmar.



Luego aparecerá el mensaje **[Ctrl] [Off]** y la exhibición de la temperatura alternará con el mensaje **[Off]**.

Para reconectar las funciones de control, aplique el mismo procedimiento de desconexión seleccionando con la tecla **▲** (toque corto), **○**. Al presionar la tecla **▲** aparecerá el mensaje **[Ctrl] [On]**.

También es posible activar/desactivar las funciones de control presionando la tecla **▲** por 5 segundos.

NOTA: Al reconectar las funciones de control, el MT-512E 2HP continuará respetando las funciones **[F03]** (Tiempo mínimo de salida desconectada) y **[F12]** (estado inicial al energizar el instrumento).

8.3.5. Visualización de los Procesos

Para ver el status y el tiempo transcurrido, presione **▲** (toque corto).

El controlador exhibirá el proceso actual, que puede ser con los siguientes mensajes:

- [- - -]** Control desconectado
- [DEL]** Delay inicial
- [FFF]** Refrigeración
- [HDE]** Calefacción
- [DEFr]** Deshielo

8.3.6. Registro de Temperatura Mínima y Máxima

Presionando la tecla **▲** o también por el menú facilitado (ver mapa en el ítem 8.1), aparecerá el mensaje **[rEg]** y en seguida las temperaturas mínimas y máximas registradas.

Para borrar los valores mínimos y máximos actuales, presione la tecla **▲** (toque corto), hasta que el mensaje **[CrEg]** sea exhibido. Presione la tecla **▲** para confirmar.

8.3.7. Selección de la Unidad de Medida de Temperatura

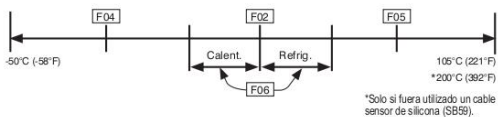
Para definir la unidad con que el instrumento operará entre en la función **[F01]** con el código de acceso 231 presione la tecla **▲**. Después, seleccione la unidad presionando las teclas **▲** o **▼**; las unidades **[°C]** o **[°F]** serán exhibidas en el display. Presione la tecla **▲** para confirmar la selección. La indicación correspondiente a la unidad **[C o F]** pasará a ser exhibida en el display.

OBS: Cada vez que la unidad sea alterada, los parámetros deben ser reconfigurados, pues ellos asumen los valores "patrón" de la tabla de parámetros.

8.4. Operaciones avanzadas

- **OBS 1:** El gráfico abajo ilustra el significado de los parámetros relacionados a la temperatura.

- **OBS 2:** El ingreso a todos los parámetros está protegido por el código de acceso: ver ítem 8.4.3 (F01).



*Solo si fuera utilizado un cable sensor de silicón (SB5).

11. ÍTEMS OPCIONALES - Vendidos Separadamente

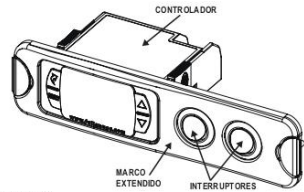
Capa protectora Ecase

Recomendada para la línea Evolution, evita la entrada de agua en la parte trasera del instrumento. Protege al producto cuando sea efectuado el lavado del local de la instalación.



Marco extendido

Permite la instalación de controladores de la línea Evolution con medidas de 76 x 34 x 77 mm en varias situaciones, pues dispensa precisión en el recorte del panel de ubicación del instrumento. La moldura integra dos interruptores de 10 Amperes que pueden ser utilizados para accionar la luz interna, cortina de aire, ventilador y otros.



EasyProg - versión 2 o superior

Es un accesorio que tiene como principal función almacenar los parámetros de los controladores. A cualquier momento puede cargar nuevos parámetros de un controlador, y descargar en una línea de producción (del mismo controlador), por ejemplo.

Posee tres tipos de conexiones para cargar o descargar los parámetros:

- **Serial RS-485:** Se conecta vía red RS-485 al controlador (solamente para los controladores que poseen RS-485).
- **USB:** Se conecta a la computadora por el puerto USB, utilizando el Editor de Recetas del Strad.
- **Serial TTL:** El controlador se conecta directamente a la EasyProg por la conexión Serial TTL.



12. ANEXOS - Imágenes de referencia

Imagen V

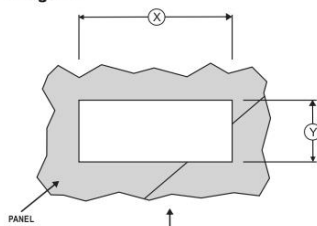


Imagen VI



Imagen VII

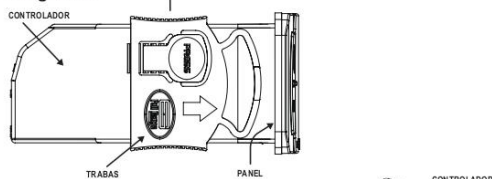
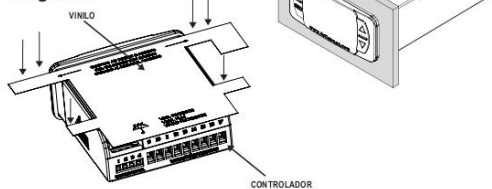


Imagen VIII



INFORMACIONES AMBIENTALES

Embalaje:

Los materiales empleados en los embalajes de los productos Full Gauge son el 100% reciclables. Haga su disposición a través de agentes especializados de reciclaje.

Producto:

Los componentes empleados en los controladores Full Gauge pueden ser reciclados y reaprovechados si son desmontados por empresas especializadas.

Disposición:

No quemar ni arrojar en la basura doméstica los controladores que alcancen el final de su vida útil. Observe la legislación vigente en su región con respecto al destino del producto. En caso de dudas entre en contacto con Full Gauge Controls.

GARANTÍA - FULL GAUGE CONTROLS

Los productos fabricados por Full Gauge Controls, desde mayo de 2005, tienen plazo de garantía de 02 (dos) años, contados a partir de la fecha de venta consignada en la factura. Los mismos poseen garantía en caso de defectos de fabricación que los vuelvan impropios o inadecuados a las aplicaciones para los cuales se destinan.

EXCLUSIÓN DE LA GARANTÍA

LA GARANTÍA no sufre costos de transporte, flete y seguro, para envío de los productos, con indicios de defecto o mal funcionamiento, a la asistencia técnica. Tampoco están garantizados los siguientes eventos: el desgaste natural de piezas por el uso continuo y frecuente; daños en la parte externa causados por caídas o acondicionamiento inadecuado; intento de reparación/violación con daños provocados por persona no autorizada por FULL GAUGE y en desacuerdo con las instrucciones que forman parte del descriptivo técnico.

PÉRDIDA DE GARANTÍA

El producto perderá la garantía, automáticamente, cuando:

- no fueren observadas las instrucciones de utilización y montaje contenidas en el descriptivo técnico y los procedimientos de instalación contenidas en la Norma IEC60364;
- fuere sometido a las condiciones fuera de los límites especificados en el respectivo descriptivo técnico;
- fuere violado o reparado por persona que no sea del equipo técnico de Full Gauge Controls;
- el daño fuere causado por caída, golpe o impacto;
- ocurriera infiltración de agua;
- el daño fuere causado por descarga atmosférica;
- ocurriera sobrecarga que cause la degradación de los componentes y partes del producto.

UTILIZACIÓN DE LA GARANTÍA

Para usufructuar de esta garantía, el cliente deberá enviar el producto a Full Gauge Controls, juntamente con la factura de compra, debidamente acondicionado para que no ocurra daños en el transporte. Para un mejor atendimento, solicitamos remitir el mayor volumen de informaciones posible, referente a la ocurrencia detectada. Lo mismo será analizado y sometido a tests completos de funcionamiento. El análisis del producto y su eventual mantenimiento solamente serán realizados por el equipo técnico de Full Gauge Controls en la dirección: Rua Júlio de Castilhos, nº 250 - Canoas - Rio Grande do Sul - Brasil - CEP: 92120-030.

Rev. 03

© Copyright 2016 • Full Gauge Controls® • Todos los derechos reservados.

ANEXO IV. MANUAL DE RECUPERADORA VALUE



Recovery Unit Manual

VRR12L/VRR24L

VRR12L-OS/VRR24L-OS



www.worldvalue.cn



TABLE OF CONTENT

General Safety.....	1
Operation Manual.....	3
Specification.....	5
Introduction of Operation Panel.....	6
Parts Diagram.....	7
Wiring Diagram.....	8
VRR12L Operating Instruction	
1). Refrigerant pipes' exhaust.....	9
2). Recovery Method.....	10
3). Self-purge Method.....	11
4). Liquid Push/Pull Method.....	12
VRR24L Operating Instruction	
1). Refrigerant pipes' exhaust.....	13
2). Recovery Method.....	14
3). Self-purge Method.....	15
4). Liquid Push/Pull Method.....	16
Trouble Shooting.....	17



GENERAL SAFETY

Use information

- In order to prolong the usage of the recovery unit, please read the operating manual carefully before using, which can help you to fully understand the safety, specification as well as operating procedure of the recovery unit.
- Please check the product received is same as you ordered and also the accessories operating manual are attached. Please check the product if there is any damage during transportation. Contact with local distributor if the above problem is found.
- Please read the operating manual carefully and use the unit according to the product operating procedures.

Safety indication

▲ Warning

Indicates procedures that must be strictly observed to prevent hazards to persons.

▲ Notice

Indicates procedures must be strictly observed to prevent damage or destruction of the unit.

Matters needing attention

▲ Warning

- Only a qualified technician can operate this recovery unit.
- Before starting the equipment, make sure that it is well grounded.
- While using electrical wire, the wire must be well connected and grounded.
- Only a qualified electrician can do the wire connection according to the technical standard and circuit diagram.
- Be sure the power is off before examining or repairing the recovery unit.
- If the original power supply cord is damaged, choose carefully for the replacing one, or you may directly buy from us.
- When the unit breaks down, be sure the power is off before you do any operation.

GENERAL SAFETY

- Please take power supply and the capacity of your ammeter and electrical wire.
- Only authorized refillable refrigerant tanks can be used. It requires the use of recovery tanks with a minimum working pressure of 45 bar(652.6 psi). Do not overfill the recovery tank, maximum at 80% capacity to make sure that there is enough space for liquid expansion. Overfilling of the tank may cause a violent explosion.
- Always wear safety goggles and protective gloves while working with refrigerants to protect your skin and eye from hurting by refrigerant gases or liquid.
- Do not use this equipment near flammable liquid or gasoline.
- An electric scale is needed to prevent overfilling.
- Be sure that the place where you are working is thoroughly ventilated.

▲ Notice

- Be sure the unit is working under the right power supply.
- When using an extension cord it should be minimum 2.0mm² AWG and no longer than 7.5 m, otherwise it may cause the voltage drop and damage the compressor.
- The input pressure of the unit should not exceed 26bar(377.1psi).
- The unit need to be laid in horizontally, otherwise it will lead to unexpected vibration, noise or even abrasion.
- Do not expose the equipment to sun or rain.
- The ventilation opening of the unit must not be blocked.
- If the overload protector pops, reposition it after 5 minutes.
- If this equipment is equipped with oil separator deviceonly during vapor recovery process it will purification and recycling of the refrigerants.
When the recovery vapor over 8 kg it need to release the oil of oil separator device.
(While release oil the internal system must be without pressure)

2

OPERATION MANUAL

1. Do not mix different refrigerants together in one tank, or they could not be separated or used.
2. Before recovering the refrigerant, the tank should achieve the vacuum level: -75cmHg(-29.6psi), which is for purging non-condensable gases. Each tank was full of nitrogen when it was manufactured in the factory, thus the nitrogen should be evacuated before the first use.
3. The switch should be at "0" Position before operation. All the valves must be closed, the input and output fittings should be covered with protective caps when the unit is not in operation. The air moisture is harmful to the recovery result and will shorten the life span of the unit.
4. A filter drier should always be used and should be replaced frequently. And each type of refrigerant must have its own filter. For the sake of ensuring the normal operation of the unit, please use the filter specified by our company. High quality filter drier will bring high quality services.
5. Special-caution is needed when recovering from burnt system, and two dry filter is needed.
6. a. (only suitable for VRR12L)

The unit has an Internal High Pressure Shut-Off switch. If the pressure inside the system is above rated shut-off pressure (see specification), compressor will automatically shut off and the power will be off. To restart the compressor, please lower the internal pressure (Output gauge indicates lower than 30bar/435psi) and hit the Reset button, then turn on the power to restart the compressor.

b. (only suitable for VRR24L)

The unit has an Internal High Pressure Shut-Off switch. If the pressure inside the system is above rated shut-off pressure (see specification), compressor will automatically shut off and the high pressure alarm light will turn on. To restart the compressor, please lower the internal pressure (Output gauge indicates lower than 30 bar/435.1 PSI) , after the high pressure alarm light turn off, hit the Reset button, then turn on the power to restart the compressor.

c. When high pressure protection is initiated, please find out the cause and deal with it before restarting the unit. Cause of High Pressure Protection and Trouble Shooting:

- ① The input valve of the refrigerant tank is closed——open the valve will help solve the problem.
- ② The connecting hose between the recovery unit and refrigerant tank is stuck——close all the valves and replace the connecting hose.
- ③ The temperature of the refrigerant tank is too high, pressure is too high——give it some time to cool down and the pressure will come back to normal.

3

OPERATION MANUAL

7. (only suitable for VRR24L)

- The unit has an Internal Low Pressure Shut-Off Switch and Bypass switch;
- ① When the Bypass switch is on "Manual" position, the lower pressure switch doesn't function.
 - ② When the Bypass switch is on "Auto" position, the lower pressure switch will work. If the pressure inside the system lower than -5inHg~-14inHg (-12.7cmHg~-35.5cmHg)(according to model), the unit will automatically shut off and the Green Alarm Light turns on.
8. This unit can be used together with a float level sensor. Please connect the recovery unit and the tank with the 80% O.F.P. Cable. If the liquid refrigerant reaches 80% capacity of the tank the recovery unit will automatically shut off and the Red Alarm Light turns on. Before restart please change a new tank.
9. If the refrigerant tank has no float level sensor, please take the 80% O.F.P Cable off. Otherwise the recovery unit can not started. In this case, an electric scale is required to monitor the recovered refrigerant amount.
10. In order to gain maximum recover speed, a hose with inner diameter bigger than 4mm is recommended and the hose should better be shorter than 1.5m.
11. While recovering large amounts of liquid, use the Push/Pull Mode.
12. After recovering, make sure there is no refrigerant left in the unit. Read the Purge Operation carefully. Liquid refrigerant remained in the unit may be expanded and destroy the components.
13. If the unit is to be stored or not used for any length of time, we recommend that it be completely evacuated of any residual refrigerant and purged with dry nitrogen.
14. Connection hose with check valve is recommended. It can prevent refrigerant lose.
15. The intake port is equipped with filter screen, please wash it frequently to keep it clean.
16. The Low Pressure Gauge shows the pressure of the intake port of the compressor and the High Pressure Gauge shows the pressure of the outlet port of the recovery unit.
17. After using , please turn the knob to "0" position.

4

SPECIFICATION

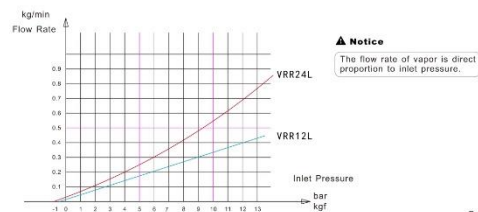
	VRR12L	VRR24L
Refrigerants	Category III: R12, R134a, R401C, R406A, R500 Category IV: R22, R401A, R401B, R402B, R407C, R407D, R408A, R409A, R411A, R411B, R412A, R502, R509 Category V: R402A, R404A, R407A, R407B, R410A, R507	
Power	110V~120V/60Hz; 220V~240V/50~60Hz	
Motor	3/4 HP	1 HP
Motor Speed	1450 RPM@50Hz / 1750 RPM@60Hz	
Maximal Current Draw	110V: 8A; 220V:4A	110V: 10A; 220V: 5A
Compressor	Oil-less, Air-cooled, Piston	
High Pressure Shut-off	38.5bar/3850kPa(558psi)	
Operating Temperature	0°C ~40°C/32~104°F	
Dimensions	400mm x 260mm x 355mm	
Net Weight	13.0 kg	13.5 kg

VRR12L

Refrigerants	R134a	R22	R410A
Liquid	1.60kg/min	1.80kg/min	2.20kg/min
Push/Pull	4.60kg/min	5.60kg/min	6.30kg/min

VRR24L

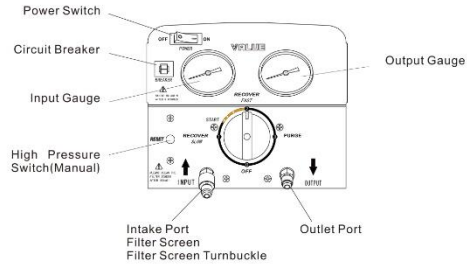
Refrigerants	R134a	R22	R410A
Liquid	3.00kg/min	3.50kg/min	3.50kg/min
Push/Pull	7.50kg/min	8.50kg/min	9.50kg/min



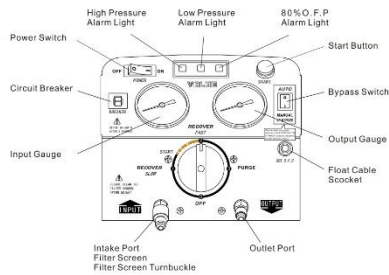
5

INTRODUCTION OF OPERATION PANEL

VRR12L

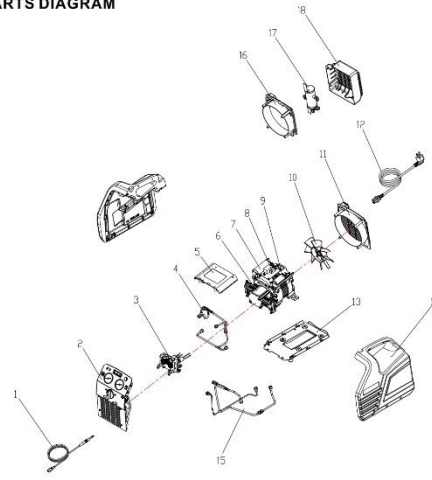


VRR24L



6

PARTS DIAGRAM



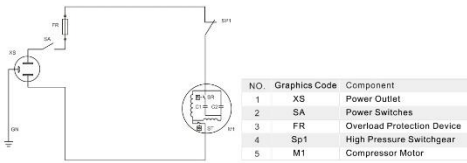
NO.	Component	NO.	Component
1	O.F.P. Cable	10	Fan
2	Front Panel	11	Fan Cover
3	Control Valve	12	Power Supply Cord
4	Copper Pipes	13	Base
5	Junction Box Cover	14	Cover
6	Compressor	15	Copper Pipes
7	Running Capacitor	16	Oil Separator Fan
8	Circuit Board	17	Oil Separator
9	Starting Capacitor	18	Oil Separator Back Cover

■ VRR24L Designed With
▲ Oil Separator Designed With

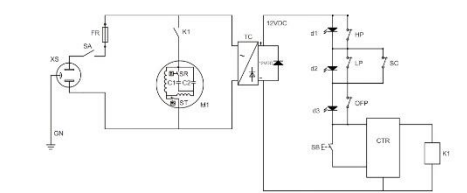
7

WIRING DIAGRAM

VRR12L



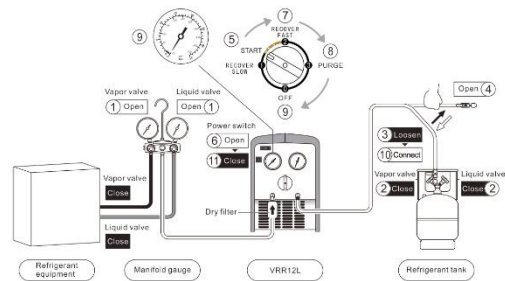
VRR24L



8

VRR12L OPERATING INSTRUCTION

1). Refrigerant pipes' exhaust



Ready for operation

※Connect the pipes correctly and firmly.
(Please refer to the connection diagram)

1. Open the vapor and liquid valves of manifold gauge.
2. Close the vapor and liquid valves of tank.
3. Loosen the connecting pipes of refrigerant tank.
4. Open the check valve of pipes.

Start operation

5. Turn the switch to position "START".
6. Turn on the power switch.
7. Turn the switch to position "2" and start exhausting the air of inside pipes.
8. While the input gauge getting to -1bar, turn the switch to position "3" to start self-purge.

9. While the input gauge getting to -1bar again, turn the switch to position "0" to finish self-purge.
10. Connect the pipes to refrigerant tank.

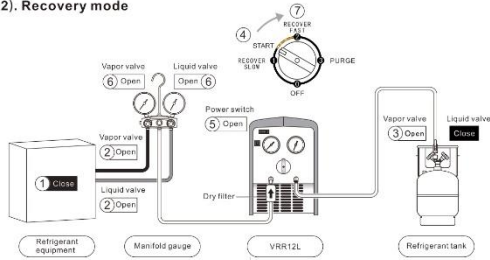
Finish operation

11. Turn off the power switch.

9

VRR12L OPERATING INSTRUCTION

2). Recovery mode



Ready for operation

- ※Connect the pipes correctly and firmly. (Please refer to the connection diagram)
- ※Make sure all valves are closed.
- ※Switch off the power of refrigerant equipment.
- 2. Open the vapor and liquid valves of refrigerant equipment.
- 3. Open the vapor valve of the refrigerant tank.

Start operation

4. Turn the switch to the position "START".
5. Turn on the power switch.
6. a. Open the liquid valve for liquid recovery. b. Open the vapor valve for vapor recovery.
7. Turn the switch slowly to position "2" for faster recovery.
8. When the recovery is finished, the unit gets the needed vacuum or automatically stop with low pressure protection.
- ※There is no need to turn off the power and it can do the self-purge work directly.

Notice

- 1) If compressor impact occurs at the position "2", turn the switch to position "START" until the impact stops.
- 2) If the recovery restarts after interruption of power or difficult to start.
 - a. Turn the switch to position "START", turn on the power switch, press start button for liquid recovery.
 - b. Turn the switch to position "3", turn on the power switch, press start button for vapor recovery.

Notice

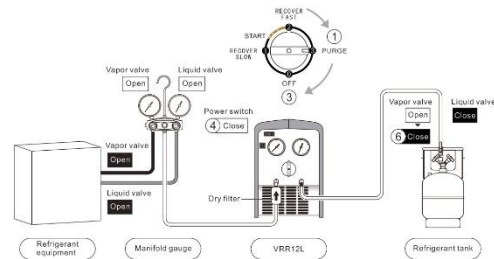
- 1) Turning the switch to position "1" gets a stable recovery of liquid with low speed of 1Kg/Min.
- 2) If compressor impact occurs at the position "1", turn the switch slowly to position "START" until the impact stops. Make sure the pressure is not at 0, because it doesn't work at 0.

VRR12L OPERATING INSTRUCTION

3). Self-purge mode

Notice

The unit must be purged after each use; Liquid refrigerant remained may expand and damage the components and pollute the environment.



Ready for operation

1. Turn the switch to position "3" to start purge.
2. When the self purging is finished, the unit gets needed vacuum.

Finish operation

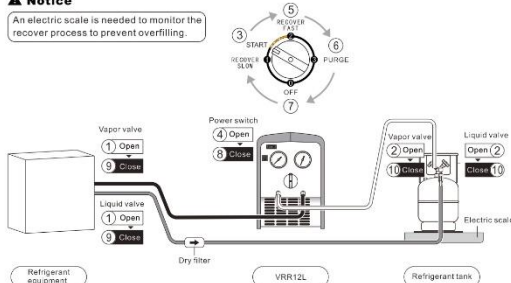
3. Turn the switch to position "0".
4. Turn off the power switch.
5. Close the check valve of pipes.
6. Turn off the vapor valve of refrigerant tank.

VRR12L OPERATING INSTRUCTION

4). Liquid push/pull mode

Notice

An electric scale is needed to monitor the recover process to prevent overfilling.



Ready for operation

- ※Connect the pipes correctly and firmly. (Please refer to the connection diagram)
- ※Make sure all valves are closed.

Start operation

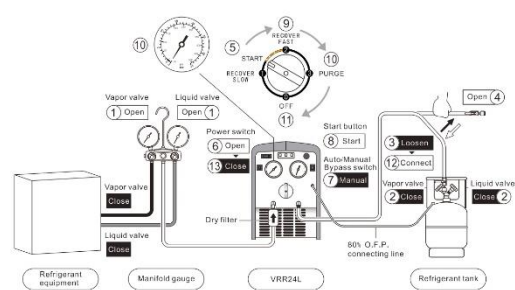
1. Open the vapor and liquid valves of refrigerant equipment.
2. Open the vapor and liquid valves of the refrigerant tank.
3. Turn the switch to position "START".
4. Turn on the power switch.
5. Turn the switch to position "2" to start push/pull mode.
- ※When the display of electric scale remains unchanged or changes very slowly, it means the liquid recovery is finished, and it is time for vapor recovery.

6. Turn the switch to position "PURGE" and follow self-purge mode to purge the gas refrigerant.
7. Turn the switch to position "OFF".
8. Turn off the power switch.
9. Close the vapor and liquid valves of refrigerant equipment.
10. Close the vapor and liquid valves of refrigerant tank.
11. Connect the pipes again and recover the vapor of refrigerant equipment according to recovery mode.

Finish operation

VRR24L OPERATING INSTRUCTION

1). Refrigerant pipes' exhaust



Ready for operation

- ※Connect the pipes correctly and firmly. (Please refer to the connection diagram)
- 1. Open the vapor and liquid valves of manifold gauge.
- 2. Close the vapor and liquid valves of tank.
- 3. Loosen the connecting pipes of refrigerant tank.
- 4. Open the check valve of pipes.

Start operation

5. Turn the switch to position "START".
6. Turn on the power switch.
7. Turn the bypass switch to position "MANUAL".
8. Press start button.
9. Turn the switch to position "2" and start exhausting the air of inside pipes.

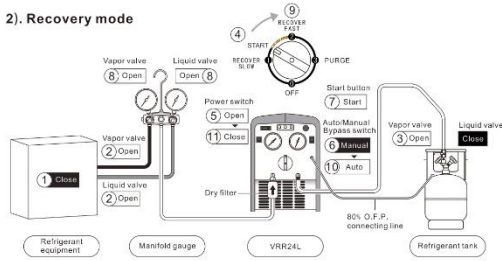
10. While the input gauge getting to -1bar, turn the switch to position "3" to start self-purge.
11. While the input gauge getting to -1bar again, turn the switch to position "0" to finish self-purge.
12. Connect the pipes to refrigerant tank.

Finish operation

13. Turn off the power switch.

VRR24L OPERATING INSTRUCTION

2). Recovery mode



Ready for operation

- ※ Connect the pipes correctly and firmly. (Please refer to the connection diagram)
- ※ Make sure all valves are closed.
- 1. Switch off the power of refrigerant equipment.
- 2. Open the vapor and liquid valves of refrigerant equipment.
- 3. Open the vapor valve of the refrigerant tank.

Start operation

4. Turn the switch to the position "START".
5. Turn on the power switch.
6. Turn the bypass switch to position "MANUAL".
7. Press start button.
8. a. Open the liquid valve for liquid recovery.
b. Open the vapor valve for vapor recovery.
9. Turn the switch slowly to position "2" for faster recovery.
10. Turn the bypass switch to position "AUTO" and the recovery will stop automatically when finish recovery.

▲ Notice

- ① If compressor impact occurs at the position "2", turn the switch to position "START" until the impact stops.
- ② If the recovery restarts after interruption of power or difficult to start,
 - a. Turn the switch to position "START", turn on the power switch, press start button for liquid recovery.
 - b. Turn the switch to position "3", turn on the power switch, press start button for vapor recovery.

▲ Notice

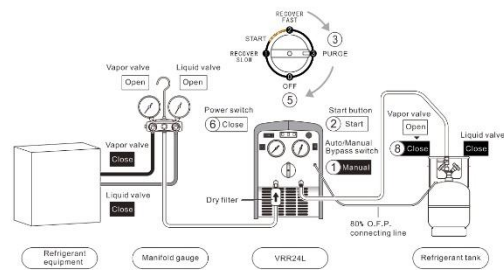
- ① Turning the switch to position "1" gets a stable recovery of liquid with low speed of 1.2Kg/Min.
 - ② If compressor impact occurs at the position "1", turn the switch slowly to position "START" until the impact stops. Make sure the pressure is not at 0, because it doesn't work at 0.
11. When the recovery is finished, the unit gets the needed vacuum or automatically stop with low pressure protection.
- ※ There is no need to turn off the power and it can do the self-purge work directly.

VRR24L OPERATING INSTRUCTION

3). Self-purge mode

▲ Notice

The unit must be purged after each use. Liquid refrigerant remained may expand and damage the components and pollute the environment.



Ready for operation

1. The unit stops automatically when finish recovery. Turn the bypass switch to position "MANUAL".
2. Press start button.
3. Turn the switch to position "3" to start purge.
4. When the self purging is finished, the unit gets needed vacuum.

Finish operation

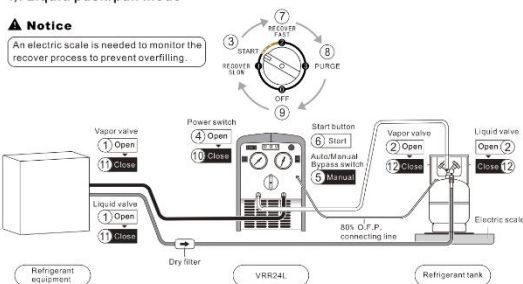
5. Turn the switch to position "0".
6. Turn off the power switch.
7. Close the check valve of pipes.
8. Turn off the vapor valve of refrigerant tank.

VRR24L OPERATING INSTRUCTION

4). Liquid push/pull mode

▲ Notice

An electric scale is needed to monitor the recover process to prevent overfilling.



Ready for operation

- ※ Connect the pipes correctly and firmly. (Please refer to the connection diagram)
- ※ Make sure all valves are closed.

Start operation

1. Open the vapor and liquid valves of refrigerant equipment.
2. Open the vapor and liquid valves of the refrigerant tank.
3. Turn the switch to position "START".
4. Turn on the power switch.
5. Turn the bypass switch to position "MANUAL".
6. Press start button.
7. Turn the switch to position "2" to start push/pull mode.

※ When the display of electric scale remains unchanged or changes very slowly, it means the liquid recovery is finished, and it is time for vapor recovery.

8. Turn the switch to position "PURGE" and follow self-purge mode to purge the gas refrigerant.
9. Turn the switch to position "OFF".
10. Turn off the power switch.
11. Close the vapor and liquid valves of refrigerant equipment.
12. Close the vapor and liquid valves of refrigerant tank.
13. Connect the pipes again and recover the vapor of refrigerant equipment according to recovery mode.

Finish operation

▲ Warning

When the showing of the electric scale show that the refrigerant in the tank reaches 80% capacity, please turn the power off and close the valves of the tank.

TROUBLE SHOOTING

FAULT	CAUSE	SOLUTION
FAN no response	Mechanical damage	1. Replace the fan 2. Factory service required
Compressor not start (Jammed)	1. External pressure is too high 2. Motor failure or other components damaged	1. a. When recover the liquid, turn the knob to "START" position, then restart b. When recover the vapor, turn the knob to "PURGE"/"3" position, then restart. 2. a. Replace the components b. Factory service is needed
Press the power switch but compressor no response	1. (only suitable for VRR12L) Shut off by high pressure protection 2. (only suitable for VRR24L) a. Shut off by high pressure protection, red alarm light turns on. b. Low pressure protection, green alarm light turns on (recovery not finished) c. 80% O.F.P. cable not well connected with tank. 3. Internal wiring fault.	1. (only suitable for VRR12L) a. Lower the pressure of the unit b. Press high pressure button to reset 2. (only suitable for VRR24L) a. Lower the pressure of the unit b. Check if the hoses are well connected c. Check the connection. 3. a. Be checked by qualified technician b. Factory service required
Compressor start but stops within a few minutes	1. High pressure shut off due to wrong operation, such as: Outlet valve not open, Refrigerant tank valve not open 2. Motor thermal protector shuts off 3. Circuit breaker shuts off 4. (only suitable for VRR24L) a. 80% over filling protection, red alarm light turns on b. Recovery is over and the unit is under low pressure protection, green alarm light turns light c. Overload during liquid recovery, red alarm light goes out after a flash	1. Read carefully the Operation Manual and follow the instructions while operating 2. The compressor will restart automatically after a few minutes 3. Cooling the Circuit breaker down and press "circuit breaker" to restart after 5 minutes 4. (only suitable for VRR24L) a. Replace with an empty recovery tank b. Refer to step of self-purge method c. Turn the knob to "START" position, then restart
Low recovery speed	1. The pressure of the refrigerant tank is too high 2. Piston ring of the compressor is damaged	1. Cool the tank down can help bringing down the pressure 2. a. Replace the components b. Factory service required
Unit doesn't pull out a vacuum	1. Connecting hoses are loose 2. Leakage in the unit	1. Tighten the hose connections 2. a. Replace the components b. Factory service required

ANEXO V. GUÍA DE USO DEL MÓDULO DIDÁCTICO Y MANUAL DE MANTENIMIENTO

Procedimientos previos a la carga del refrigerante al sistema de refrigeración

Antes de la carga del refrigerante es necesario seguir algunos procedimientos para que funcione correctamente el sistema de refrigeración, estos son la presurización con nitrógeno y la prueba de vacío. En la Figura A. 1, se indica el juego de manómetros con sus partes.



Figura A. 1 Partes del juego de manómetros de 4 válvulas.

Presurización con nitrógeno

La presurización con nitrógeno se la usa generalmente para detectar fugas en los sistemas, se tiene que seguir los pasos del 1-11 para una correcta presurización. En la Figura A. 2, se indica el esquema de conexión.

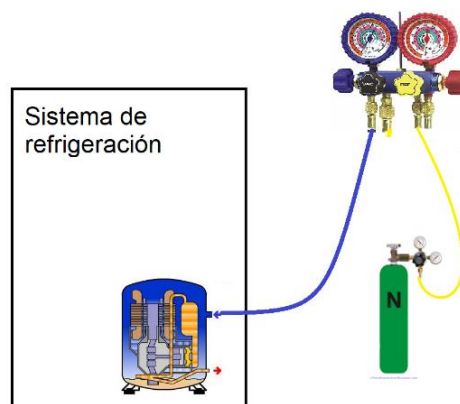


Figura A. 2 Esquema de conexión para la presurización con nitrógeno

1. Adquirir los componentes del esquema.
2. Conectar los componentes siguiendo el esquema de conexión.
3. Asegurarse que las válvulas estén completamente cerradas.
4. Se abre la válvula de baja y la de servicio, posteriormente se abre la válvula del nitrógeno.
5. Se regula a una presión específica, siguiendo la recomendación del 80% de la presión de trabajo del refrigerante que se esté utilizando (por ejemplo, si es 70 (psi), se regula a ese valor).
6. Una vez regulada la presión, se comprueba si la presión de baja disminuye.
7. A la vez se realiza la prueba del agua con jabón para comprobar si hay fugas en el sistema.
8. Si se detecta fugas, se señala el lugar y se procede a sellarlas.
9. Una vez comprobado la hermeticidad del sistema, se cierra la válvula del nitrógeno.
10. Se desconecta la manguera de servicio del cilindro y con las válvulas de baja y de servicio abiertas se extrae el nitrógeno del sistema.
11. El sistema está listo para realizar vacío.

Vacío del sistema

El vacío del sistema se lo realiza para extraer la humedad y aire del sistema, se tiene que seguir los pasos del 1-10 para un correcto vaciado. En la Figura A. 3, se indica el esquema de conexión.

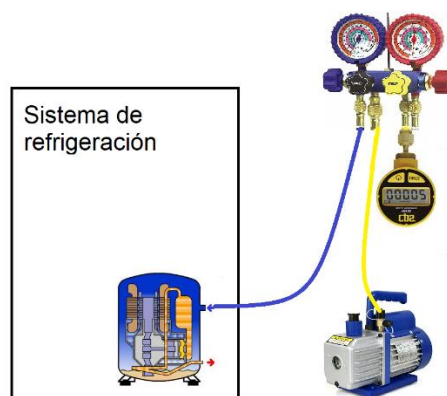


Figura A. 3 Esquema de conexión para realizar el vacío al sistema

1. Adquirir los componentes del esquema.
2. Conectar los componentes siguiendo el esquema de conexión.

3. Asegurarse que las válvulas estén completamente cerradas.
4. Se abre la válvula de baja, de servicio y de vacío.
5. Se enciende la bomba de vacío y el vacuómetro.
6. El vacuómetro indicara los niveles de vacío del sistema, es necesario llegar a 250 micrones.
7. Una vez llegado a ese valor, se cierra la válvula de vacío y se espera a que vacuómetro indique que nivel de vacío hay dentro. (Según la ASHRAE para un vacío correcto se debe mantener menor a 2500 micrones a lo largo de varias horas).
8. Una vez comprobado que el vacío quede fijo y no sobrepase los 2500 micrones, se cierra la válvula de servicio y la de baja.
9. Se desconecta el vacuómetro.
10. El sistema ya está en vacío y listo para cargar el refrigerante.

Carga de refrigerante

Una vez realizado los procedimientos previos, se puede iniciar a cargar el refrigerante, ya sea R134A o R290, se tiene que seguir los pasos del 1-19 para una correcta carga. En la Figura A. 4, se indica el esquema de conexión.

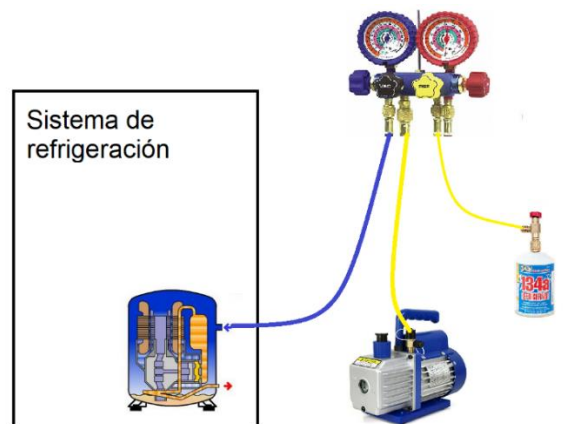


Figura A. 4 Esquema de conexión para realizar la carga de refrigerante

1. Adquirir los componentes del esquema.
2. Conectar los componentes siguiendo el esquema de conexión.
3. Asegurarse que las válvulas estén completamente cerradas.
4. La manguera de servicio posee aire en su interior por ello se debe realizar vacío a la misma.
5. Se abre la válvula de vacío y de servicio (no abrir la válvula del refrigerante).
6. Se enciende la bomba de vacío (para extraer el aire de la manguera de servicio).

7. Se espera unos 5 minutos para terminar el vacío de la manguera.
8. Se cierra la válvula de vacío.
9. Se abre la válvula de baja y la válvula del refrigerante.
10. Se empieza a cargar el sistema con refrigerante.
11. Con ayuda de una balanza electrónica se va midiendo la cantidad de refrigerante que ingresa al sistema.
12. Es necesario tener en cuenta la temperatura de subenfriamiento.
13. Para esto se cierra la válvula de baja y se enciende el sistema.
14. Se comprueba si la temperatura de subenfriamiento está en los rangos recomendados. Si hace falta refrigerante se abre la válvula de baja para que ingrese más refrigerante, de igual manera se tiene que ir viendo las presiones de trabajo.
15. Se cargará al sistema hasta que cumpla con lo recomendado de la temperatura de subenfriamiento.
16. Al cumplir con lo recomendado, se cierra la válvula del refrigerante para que el refrigerante de las mangueras entre al sistema.
17. Posteriormente se cierran las demás válvulas y se desconectan las mangueras.
18. Se comprueba el funcionamiento del sistema.
19. El sistema ya está cargado.

Recuperación de refrigerante (R134A)

Si el refrigerante es dañino para el ambiente, se lo debe recuperar, para ello se tiene que seguir los pasos del 1-15 para una correcta recuperación. En la Figura A. 5, se indica el esquema de conexión.

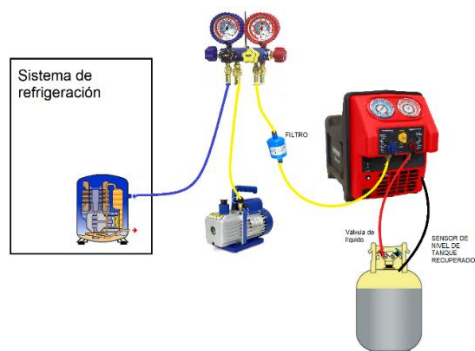


Figura A. 5 Esquema de conexión para realizar la recuperación de refrigerante

1. Adquirir los componentes del esquema.
2. Conectar los componentes siguiendo el esquema de conexión.

3. Asegurarse que las válvulas estén completamente cerradas.
4. Se realiza una purga de aire con refrigerante en la manguera de baja, para esto se tiene un poco abierto la conexión de baja en el juego de manómetros, para que el refrigerante expulse al aire, una vez escuchado que el refrigerante está saliendo por dicha conexión se espera 2 segundos y se cierra la conexión. Este mismo procedimiento se lo realiza a la manguera roja, cabe señalar que el tanque recuperador debe tener refrigerante para realizar la purga de aire.
5. Se abre la válvula de vacío y de servicio.
6. Se realiza un vacío a la manguera de servicio (5 minutos).
7. Se cierran las válvulas y se abre la de baja.
8. Se enciende la máquina recuperadora y se inicia su funcionamiento.
9. Una vez trabajando la recuperadora se abren las válvulas de baja, servicio y la de líquido del tanque recuperador.
10. Se empieza la recuperación.
11. Se debe comprobar mediante el manómetro de baja que la presión del sistema este disminuyendo, esto quiere decir que el refrigerante está siendo extraído.
12. Una vez que la recuperadora finalice y el manómetro de baja este en cero, significa que el refrigerante se ha recuperado, se cierran las válvulas de baja y servicio.
13. Cada vez que se recupere refrigerante se debe purgar la recuperadora, para esto se pone en modo purga y se espera a que termine.
14. Se cierra la válvula de líquido del cilindro recuperador y se desconecta la manguera. Cabe señalar que el refrigerante contenido en la manguera se desperdiciará.
15. Así el sistema quedo sin refrigerante y una parte de este es recuperado.

Venteo de hidrocarburos

Si la cantidad de refrigerante del sistema a descargar es menor a 150 gramos, se puede realizar el venteo de hidrocarburos, se debe seguir los pasos del 1-9, para un correcto venteo. En la Figura A. 6, se indica el esquema de conexión.

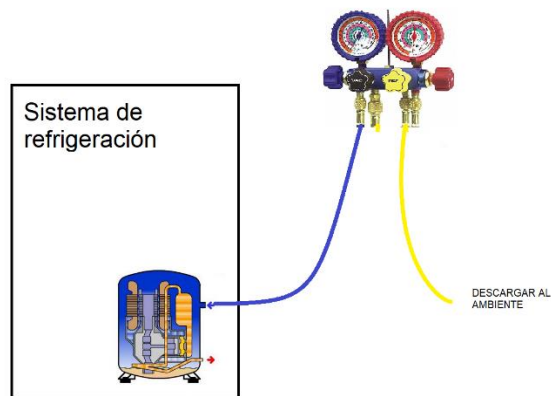


Figura A. 6 Esquema de conexión para la descarga de refrigerantes HC

1. Esto solo se lo realiza a hidrocarburos y si la cantidad a ventilar sea menor a 150 gramos.
2. Adquirir los componentes del esquema.
3. Conectar los componentes siguiendo el esquema de conexión.
4. Asegurarse que las válvulas estén completamente cerradas.
5. Se abre la válvula de baja y la de servicio.
6. La manguera de servicio tiene que estar en un ambiente ventilado y sin puntos de ignición.
7. Se espera a que el refrigerante HC salga por el juego de manómetros.
8. Una vez comprobado que no hay refrigerante en el sistema, se desconecta las mangueras y se cierran las válvulas.
9. El sistema esta descargado.

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Para un mantenimiento del equipo es necesario seguir los siguientes procedimientos para alargar la vida útil del sistema.

Estado eléctrico

Se debe verificar el estado del sistema eléctrico mensualmente, se revisa los componentes del sistema como lo son borneras, fusibles, controlador, entre otros. Si hay la existencia de cables sueltos es muy probable que se produzca un cortocircuito. A los fusibles se debe realizar una prueba de continuidad para comprobar su funcionamiento. En la Figura A. 7, se muestra el esquema eléctrico del módulo.

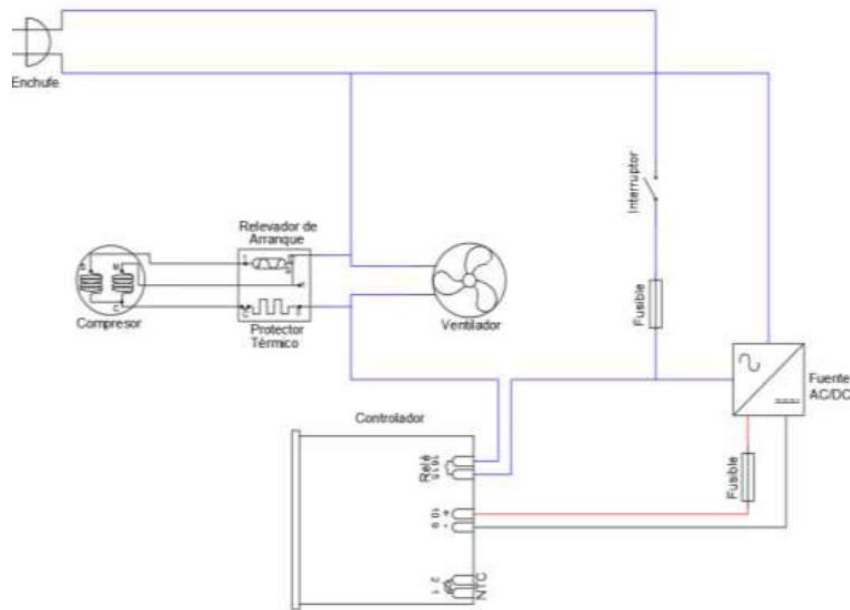


Figura A. 7 Esquema eléctrico del módulo de refrigeración [8]

Realizar presurización con nitrógeno para verificar fugas

Esta prueba se la debe realizar mensualmente, esto es importante para verificar posibles fugas que se hayan generado en el sistema al cargar el refrigerante, si el sistema tiene fugas no funcionará correctamente.

Revisar sensor ntc de temperatura

Esta revisión se la debe hacer semestral, consiste en revisar si el sensor está funcionando correctamente, para esto nos ayudará el controlador, el cual indicará si el sensor tiene algún fallo, en la pantalla del controlador nos saldrá una advertencia (ER1), esto significa que se tendrá que cambiar el sensor por otro igual.

Revisar el estado de sistema de refrigeración

Se debe revisar el estado del sistema de refrigeración para comprobar que no haya humedad en la tubería de cobre, ya que esto afecta a la transferencia de calor. Para corregirlo es necesario limpiar el sistema de refrigeración con un barrido de nitrógeno, es decir, se tendrá que abrir el sistema.