

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE RECUPERACIÓN DE
REFRIGERANTE R-134a**

PRESENTADO POR:

CÉSAR ANDRÉS ABARCA ERAZO

JOSÉ CARLOS ARTIGA PORTILLO

YAMILETH MARISELA RIVERA CUBÍAS

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2017

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

MSc. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR:

ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO MECÁNICO

Título:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE
RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE R-134a**

Presentado por:

CÉSAR ANDRÉS ABARCA ERAZO

JOSÉ CARLOS ARTIGA PORTILLO

YAMILETH MARISELA RIVERA CUBÍAS

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEÓN TORRES

SAN SALVADOR, MAYO 2017

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEÓN TORRES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE R-134a

Estudiantes: Br. César Andrés abarca Erazo

Br. José Carlos Artiga Portillo, Br. Yamileth Marisela Rivera Cubías

Docente asesor: Ing. Francisco Alfredo De León Torres

Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Universidad de El Salvador

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en el diseño y construcción de un equipo de recuperación de refrigerante R-134a, el cual tiene como fin de convertirse en una herramienta de aprendizaje para las actuales y nuevas generaciones de estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador; y al mismo tiempo incentivar al estudiantado a incorporar el uso de un equipo de recuperación de refrigerante a las buenas prácticas de refrigeración para generar una cultura de protección al medio ambiente evitando la liberación desmedida de gases refrigerantes a la atmosfera. La unidad de recuperación consiste en un sistema abierto el cual se rige bajo el método de recuperación en fase de vapor, extrayendo el refrigerante en su fase gaseosa, comprimiéndolo con la ayuda de un compresor reciprocante, para luego ser condensado y almacenado en un tanque de recuperación. Todo esto diseñado y construido de tal manera que sus elementos sean accesibles para un mantenimiento y visibles para que el operador pueda identificar cada uno de sus componentes.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO 1: OZONO Y MEDIO AMBIENTE	4
1.1 EL OZONO	4
1.2 LA CAPA DE OZONO.....	4
1.3 SAO _s	5
1.4 ¿CÓMO SE DESTRUYE EL OZONO?.....	5
1.4.1 CAUSAS NATURALES Y ARTIFICIALES.....	6
1.5 CONSECUENCIAS DEL AGOTAMIENTO DEL OZONO	7
1.1.5.1 AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO.....	7
1.6 CALENTAMIENTO GLOBAL Y EFECTO INVERNADERO	7
1.6.1 CALENTAMIENTO GLOBAL.....	7
1.6.2 TEORÍA DE LOS GASES TIPO INVERNADERO.....	8
1.6.3 EFECTO INVERNADERO	8
1.7 PROTOCOLO DE MONTREAL	9
1.7.1 EL CONVENIO DE VIENA.....	9
1.7.2 ANALISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PROTEGEN DEL AGOTAMIENTO A LA CAPA DE OZONO EN EL SALVADOR	9
1.8 PROTOCOLO DE KYOTO.....	10
1.8.1 ADHESIÓN DE EL SALVADOR AL PROTOCOLO DE KYOTO	10
CAPITULO 2: REFRIGERANTES	12
2.1 ¿QUÉ SON LOS REFRIGERANTES?.....	12
2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES.....	13
2.1.2 DENOMINACIÓN SIMBÓLICA DE LOS REFRIGERANTES.....	13
2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES	15
2.1.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES POR LAS PRESIONES DE TRABAJO	15
2.1.3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES POR EL REGLAMENTO DE SEGURIDAD	15

2.1.3.3	CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES EN FUNCIÓN DE SU INFLAMABILIDAD	16
2.1.3.4	CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES EN FUNCIÓN DE LA TOXICIDAD	16
2.1.4	TIPOS DE REFRIGERANTES	17
2.1.4.1	FLUIDOS INORGÁNICOS	17
2.1.4.2	FLUIDOS ORGÁNICOS	18
2.1.4.3	FREONES	18
2.1.5	EVOLUCION DE LOS FLUIDOS REFRIGERANTES	24
2.1.6	REFRIGERANTES ALTERNATIVOS Y DEFINITIVOS	25
2.1.6.1	VENTAJAS Y DESVENTAJAS AL UTILIZAR REFRIGERANTES PUROS Y MEZCLAS	26
2.1.6.1.1	VENTAJAS DE UTILIZAR REFRIGERANTES PUROS Y MEZCLAS AZEOTRÓPICAS	26
2.1.7	ASIGNACIÓN DE COLORES PARA CILINDROS DE GAS REFRIGERANTE	26
CAPÍTULO 3: BUENAS PRACTICAS DE REFRIGERACION		29
3.1	HUMEDAD Y ÁCIDOS	29
3.2	CORROSIÓN	30
3.3	ACEITE EN EL SISTEMA	32
3.3.1	ACEITE LUBRICANTE	33
3.3.2	LUBRICANTES EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	34
3.3.3	LUBRICANTES MINERALES	34
3.3.3.1	LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO ALQUILBENCENO	35
3.3.3.2	LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO POLIOLÉSTER	35
3.3.3.3	LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO ALQUILGLICOLES	36
3.4	PURGA DE LOS SISTEMAS	36
3.4.1	GASES NO CONDENSABLES	36
3.5	VACÍO EN LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	38
3.5.1	VACÍO CON EL COMPRESOR DEL SISTEMA	39
3.5.2	BOMBA DE VACÍO	39
3.6	MANTENIMIENTO	43
3.6.1	DETECCIÓN DE FUGAS	43
3.6.1.1	CAUSAS DE LAS FUGAS	44

3.6.2	MÉTODOS PARA LA DETECCIÓN DE FUGAS.....	44
3.6.2.1	DETECCIÓN DE FUGAS POR INFRARROJOS	45
3.6.2.2	MÉTODO DE PRUEBA CON JABÓN O BURBUJA.....	45
3.6.2.3	DETECCIÓN ELECTRÓNICA.....	46
3.6.2.4	TRAZADOR FLUORESCENTE	47
CAPÍTULO 4: CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS Y EQUIPOS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE.....		
4.1	RECUPERACIÓN.....	49
4.2	RECICLADO	50
4.3	REGENERAR	51
4.4	ESTÁNDAR ARI 700 (INSTITUCIÓN AMERICANA DE REFRIGERACIÓN).....	51
4.5	REUTILIZACIÓN DE REFRIGERANTES EN SITIO.....	51
4.6	PROCEDIMIENTOS PREVIOS A LA RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES ...	52
4.7	PROCESO PARA LA RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES	53
4.8	MÉTODOS PARA LA RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES	55
4.8.1	RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE EN FASE LÍQUIDA	55
4.8.2	RECUPERACIÓN EN FASE DE VAPOR - LÍQUIDO.....	55
4.8.2.1	RECUPERACIÓN EN FASE DE VAPOR - LÍQUIDO CUANDO EL COMPRESOR NO ESTA OPERANDO.....	56
4.8.2.2	RECUPERACIÓN EN FASE VAPOR - LÍQUIDO CUANDO EL COMPRESOR SI ESTÁ OPERANDO	57
4.8.3	RECUPERACIÓN EN FASE DE VAPOR.....	58
4.8.4	MÉTODO PUSH-PULL DE RECUPERACIÓN LÍQUIDA.....	59
4.9	CILINDROS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE	61
4.9.1	MANIPULACIÓN SEGURA DEL REFRIGERANTE RECUPERADO	63
4.10	DESTRUCCIÓN DE REFRIGERANTES.....	63
4.11	TECNICAS PARA REALIZAR UN CAMBIO DE REFRIGERANTE	64
4.11.1	SUSTITUCIÓN.....	64
4.11.2	RE-EQUIPAMIENTO	65
4.11.3	REEMPLAZO	65
CAPÍTULO 5: DISEÑO DEL EQUIPO RECUPERADOR DE REFRIGERANTE R-134a ...		
5.1	JUSTIFICACIÓN PARA LA RECUPERACION DE REFRIGERANTE	66
5.2	CARACTERÍSTICAS DE R-134a	68

5.2.1	TOXICIDAD Y ALMACENAMIENTO.....	68
5.2.2	FICHA TÉCNICA	69
5.2.3	FICHA DATOS DE SEGURIDAD.....	70
5.2.3.1	IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA	70
5.2.3.2	COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES	70
5.2.3.3	IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS	71
5.2.3.4	PRIMEROS AUXILIOS.....	71
5.2.3.5	MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS	71
5.2.3.6	MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.....	71
5.3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL R-134a	72
5.3.1	VENTAJAS	72
5.3.2	DESVENTAJAS	73
5.4	MÉTODO DE RECUPERACIÓN SELECCIONADO.....	73
5.5	ELEMENTOS QUE COMPONEN LA UNIDAD RECUPERADORA.....	75
5.5.1	ELEMENTOS FUNDAMENTALES.....	75
5.5.1.1	COMPRESOR.....	75
5.5.1.2	CONDENSADOR	77
5.5.1.3	SEPARADOR DE ACEITE.....	78
5.5.1.4	MOTO-VENTILADOR.....	79
5.5.2	ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS Y DE CONTROL.....	80
5.5.2.1	VISOR DE HUMEDAD (INDICADOR LÍQUIDO-HÚMEDAD)	80
5.5.2.2	FILTRO SECADOR.....	82
5.5.2.3	MANÓMETROS.....	87
5.5.2.4	VÁLVULAS DE SERVICIO	88
5.5.2.5	PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN.....	94
5.5.3	CONJUNTO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	94
5.5.3.1	HOJA TÉCNICA DE LA UNIDAD RECUPERADORA.....	95
5.5.3.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UNIDAD RECUPERADORA.....	95
5.6	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	97
5.7	DISEÑO Y CÁLCULOS DEL EQUIPO.....	98
5.7.1	ANÁLISIS DEL CICLO TERMODINÁMICO DE LA RECUPERACIÓN	98

5.7.2	CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS	103
5.7.2.1	DISEÑO DE LINEAS DE REFRIGERACIÓN.....	104
CAPITULO 6: CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO DE RECUPERACIÓN		107
6.1	SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL EQUIPO RECUPERADOR	107
6.1.1	COMPONENTES MECÁNICOS	107
CONCLUSIONES.....		108
6.1.2	COMPONENTES ELÉCTRICOS.....	118
6.1.2.1	DIAGRAMA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS	121
6.1.3	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	122
6.2	INSTRUMENTACIÓN Y HERRAMIENTAS PARA CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO RECUPERADOR.....	123
6.3	PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL RECUPERADOR.....	123
6.4	PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN.....	130
.....		131
CAPITULO 7: OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y PRUEBAS.....		133
7.1	PREPARACIÓN PARA LA OPERACIÓN.....	134
7.2	MANUAL DE USUARIO	135
7.2.1	ENCENDIDO Y PROCESO DE RECUPERACIÓN	135
7.2.2	PROCESO DE PARADA DEL EQUIPO RECUPERADOR	137
7.3	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO RECUPERADOR	138
7.4	PRUEBAS DEL EQUIPO RECUPERADOR	140
7.5	GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO	141
CONCLUSIONES.....		143
RECOMENDACIONES.....		144
GLOSARIO.....		145
BIBLIOGRAFÍA.....		154
ANEXOS.....		156
ANEXO 1: CICLO DE DESTRUCCIÓN DEL OZONO CAUSADA POR LAS SAO _s		156
ANEXO 2: EFECTO INVERNADERO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL.....		157
ANEXO 3: COMPARATIVA TÉCNICO-ECOLÓGICA ENTRE LOS REFRIGERANTES MÁS UTILIZADOS EN EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN.....		159
ANEXO 4: POTENCIALES DE AGOTAMIENTO A LA CAPA DE OZONO Y CALENTAMIENTO GLOBAL.....		160

ANEXO 5: EVOLUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES	161
ANEXO 6: DATOS IMPORTANTES PROTOCOLO DE MONTREAL	162
ANEXO 7: REGULACIÓN DE LAS SAOS DE ACUERDO AL PROTOCOLO DE MONTREAL.....	163
ANEXO 8: DATOS IMPORTANTES CONVENIO DE VIENA	163
ANEXO 9: REGISTRO DE ACUERDOS INTERNACIONALES RELATIVOS AL MEDIO AMBIENTE, 1993. FUENTE: SECRETARÍA DEL OZONO; PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE).....	165
ANEXO 10: LA CUMBRE DE LA TIERRA	166
ANEXO 11: DATOS IMPORTANTES PROTOCOLO DE KYOTO	167
ANEXO 12: PESOS MOLECULARES Y OLOR CARACTERÍSTICO DE ALGUNOS REFRIGERANTES.....	168
ANEXO 13: PRUEBAS DE FUGAS RECOMENDADAS PARA ALGUNOS REFRIGERANTES.....	169
ANEXO 14: ASIGNACIÓN DE COLORES A REFRIGERANTES SEGÚN ARI.....	169
ANEXO 15: CARACTERÍSTICAS DEL R-12.....	171
ANEXO 16: CARACTERÍSTICAS DEL R-11	172
ANEXO 17: CARACTERÍSTICAS DEL R-22 COMO PRINCIPAL EXPONENTE DE LOS HCFC.....	173
ANEXO 18: CARACTERÍSTICAS DEL R-134a	174
ANEXO 19: SUSTITUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES CFCS	175
ANEXO 20: DIAGRAMA DE MOLLIER DEL REFRIGERANTE R-134a	177
ANEXO 21: REFRIGERANTE R-134a SATURADO, TABLA DE TEMPERATURA.....	178
ANEXO 22: REFRIGERANTE R-134a SATURADO, TABLA DE PRESIÓN.....	179
ANEXO 23: REFRIGERANTE R-134a SOBRECALENTADO	180
ANEXO 24: GRAFICA DE EFICIENCIA PROMEDIO PARA COMPRESORES RECIPROCANES	182
ANEXO 25: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE COMPRESOR TECUMSEH	182
ANEXO 26: ESPECIFICACIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE COMPRESOR TECUMSEH	183
ANEXO 27: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VÁLVULA DE PASO QE QUALITY	183
ANEXO 28: ESPECIFICACIONES GENERALES FILTRO DESHIDRATADOR EMERSON.....	183
ANEXO 29: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS FILTRO DESHIDRATADOR EMERSON REFERENCIADAS AL R-134a.....	184

ANEXO 30: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VISOR DE LÍQUIDO Y HUMEDAD MARCA EMERSON	184
ANEXO 31: GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO	185
ANEXO 32: MEMORIA FOTOGRÁFICA DE CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO RECUPERADOR DE REFRIGERANTE R-134a.....	190
ANEXO 33: MEMORIA FOTOGRÁFICA DETECCIÓN DE FUGAS DEL EQUIPO.....	197
ANEXO 34: PLANOS CONSTRUCTIVOS Y ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO RECUPERADOR DE REFRIGERANTE	198

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, nuestro medio ambiente ha sufrido un grave deterioro, tal es el caso de la contaminación de los mantos acuíferos, contaminación de las tierras, aumento de la temperatura ambiente debido al calentamiento global, etc.; no obstante en este trabajo de graduación nos dirigiremos especialmente a la problemática generada por el escape indiscriminado hacia la atmósfera de refrigerantes clorofluorcarbonados e hidroclorofluorcarbonados (CFC y HCFC) cuyo contenido de cloro está ocasionando el daño progresivo de la capa de ozono, la cual cumple un papel importante como filtro de los rayos ultravioletas hacia el planeta.

Cabe mencionar que, en 1987, los gobiernos de los países más influyentes del mundo acordaron tomar las medidas necesarias para solucionar este grave problema firmando el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Mientras, en 1990 se hicieron enmiendas importantes al Protocolo de Montreal, en Londres, y en 1992 en Copenhague, para acelerar la eliminación de las sustancias destructoras del ozono.

Por tanto, actualmente las fábricas de refrigeradores y aire acondicionado domésticos, comerciales e industriales se han dado a la tarea de no utilizar sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), por lo que la tecnología alternativa elegida es utilizar el gas R-134a, R427A, R422D o R404a/R507 para refrigeración o enfriadores; y el R427A y R417A para aire acondicionado.

En este sentido, como proyecto de trabajo de graduación se realizó la investigación de las propiedades de distintos tipos de refrigerantes existentes en el mercado, con el fin de determinar si las tecnologías utilizadas son las más convenientes económicamente y ambientalmente a largo plazo, enfocando el estudio hacia el refrigerante R-134a, evaluando todas sus propiedades y si existe algún posible refrigerante sustituto para el mismo, debido a que este gas tiene la desventaja de poseer un elevado PCG, lo cual afecta el calentamiento global del planeta. Por lo cual, se busca fomentar la implementación de las buenas prácticas en refrigeración para toda actividad que conlleve el uso y manipulación de refrigerante R134a, haciendo énfasis en la utilización de una

unidad recuperadora de refrigerante para evitar la liberación desmedida de éste y otros refrigerantes al ambiente.

Se presenta el diseño y proceso de construcción de un equipo recuperador de refrigerante R-134a, del cual se describen sus componentes principales, tanto mecánicos, eléctricos y estructurales, así como, sus ventajas y desventajas frente a una unidad de recuperación comercial.

De igual manera, se propone un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de alargar la vida útil del equipo y sus componentes. Se dan a conocer los planos constructivos de unidad de recuperación diseñada, así como, su respectivo diagrama de conexiones eléctricas.

Finalmente se muestra una guía práctica de laboratorio para la utilización de la unidad recuperadora como un módulo didáctico de aprendizaje para futuras generaciones de estudiantes de esta rama de la ingeniería.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un equipo de recuperación de refrigerante R-134a de uso didáctico para la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un equipo de recuperación de refrigerante para R-134a, que pueda ser utilizado en aplicaciones didácticas.
- Seleccionar los materiales y elementos necesarios para la construcción del equipo de recuperación de refrigerante R-134a.
- Crear los planos constructivos del equipo de recuperación de refrigerante R-134a.
- Elaborar un presupuesto de los costos para lograr la construcción del equipo de recuperación de refrigerante R-134a.
- Establecer el proceso constructivo del equipo de recuperación.
- Construir un equipo de recuperación de refrigerante para R-134a.
- Realizar pruebas para verificar el cumplimiento de funcionamiento del equipo.
- Elaborar un manual de usuario para la utilización del equipo de recuperación.

CAPÍTULO 1: OZONO Y MEDIO AMBIENTE

1.1 EL OZONO

El ozono es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno, cuya molécula es O_3 . El ozono es una molécula inestable, dado que es una forma alotrópica del oxígeno, que sólo es estable en determinadas condiciones de presión y temperatura. Las radiaciones altamente energéticas del sol no sólo lo crean, sino que lo vuelven a descomponer, creando oxígeno molecular (O_2) y átomos de oxígeno libres. La concentración de ozono en la atmósfera depende de un equilibrio dinámico entre la velocidad con que se forma y la velocidad a que se destruye.

El ozono actúa como filtro o escudo protector, de las radiaciones nocivas y de alta energía, que llegan a la Tierra permitiendo que pasen otras como la ultravioleta de onda larga (rayos UV-B), que de esta forma llega a la superficie. Esta radiación ultravioleta es la que contribuye a la vida en el planeta, ya que es la que permite que se realice la fotosíntesis del reino vegetal.

1.2 LA CAPA DE OZONO

El ozono se encuentra principalmente en dos regiones de la atmósfera de la Tierra.

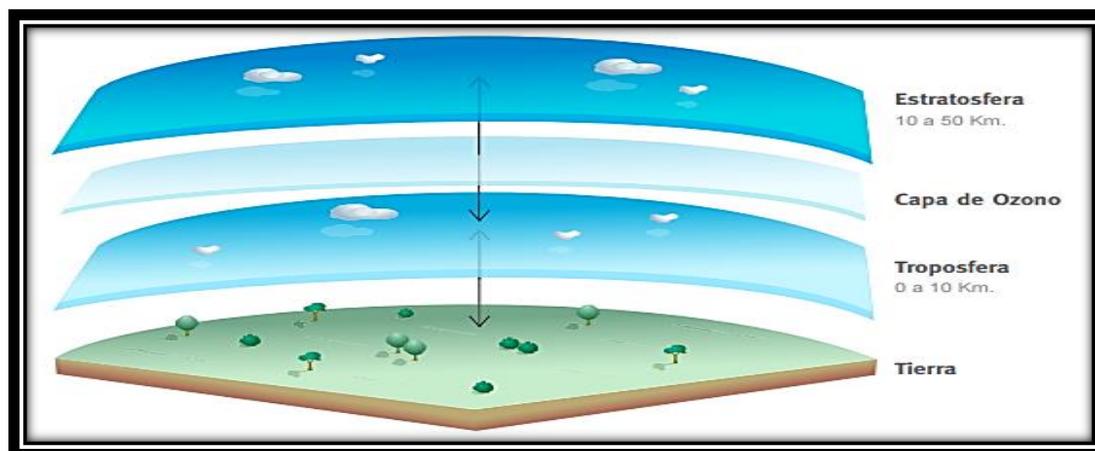


Figura 1-1: Capas de la atmósfera terrestre.

En la estratosfera se encuentra aproximadamente el 90% del ozono, la cual se encuentra entre los 8 y 18 kilómetros por encima de la superficie de la Tierra hasta una altura aproximada de 50 kilómetros. El ozono de esta región se denomina capa de ozono. El resto del ozono está en la región más baja de la Tierra que denominada troposfera.

1.3 SAO_s

SAO_s es la abreviación que se le da a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono. En el Protocolo de Montreal están listadas y clasificadas las sustancias que agotan la capa de ozono, entre las que se encuentran los Clorofluorocarbonos (CFCs), Halones, Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) y Bromuro de Metilo, utilizadas como gases refrigerantes, aire acondicionado, propelentes de aerosoles, limpieza de componentes electrónicos, solventes industriales, disolventes, sustancias extintoras de fuego, y la última utilizada como plaguicida. Estas sustancias están compuestas de elementos químicos que tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de ozono de la estratosfera.

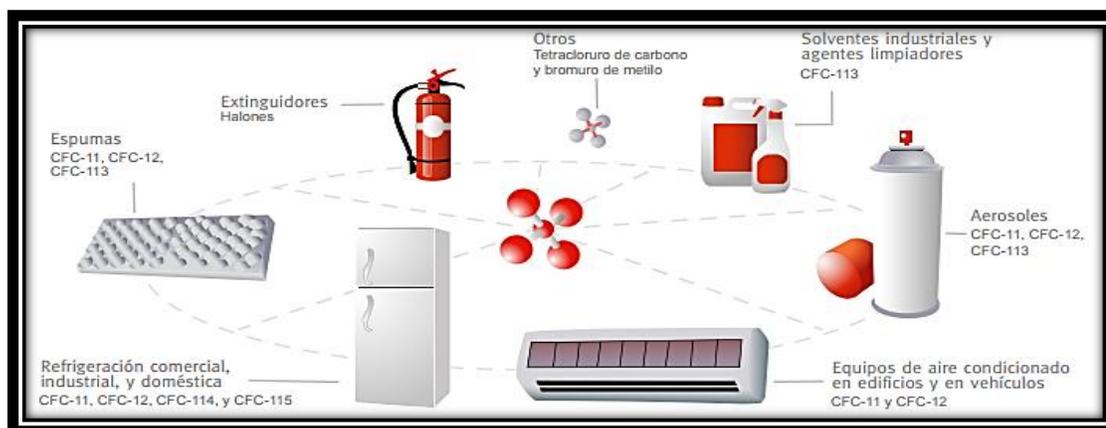


Figura 1-2: Usos de las SAO.

1.4 ¿CÓMO SE DESTRUYE EL OZONO?

El proceso de destrucción del ozono causada por los CFC se describe a continuación :

- La energía UV remueve el átomo de cloro de la molécula del CFC.
- El radical de cloro rompe el enlace en la molécula de ozono.
- El oxígeno (O_2) se libera a la atmosfera; y se forma monóxido de cloro (ClO).
- Luego se rompe el enlace de la molécula de monóxido de cloro; lo que produce oxígeno diatómico y un radical libre de cloro.
- Se inicia nuevamente el ciclo de destrucción del ozono.

Para mayor información, verificar anexo 1.

1.4.1 CAUSAS NATURALES Y ARTIFICIALES

Existen estudios que sostienen que la influencia de las 7,500 toneladas de cloro provenientes de CFCs que ascienden anualmente a la estratosfera es mínima frente a las 600,000,000 toneladas de cloro y flúor (otro gas agresivo) en forma de sales que escapan de los océanos y aerosoles.

A estas cantidades de compuestos químicos de origen natural habría que sumarles los aportes de metilcloro por incendios de bosques y por lo menos, otras 36,000,000 de toneladas anuales en forma de HCl proveniente de erupciones volcánicas. Otro factor natural que influye en la velocidad de reconstitución de la capa de ozono es la variación de la actividad solar, ya que cuando hay mayor irradiación ultravioleta se genera más ozono, pero también más óxidos de nitrógeno que deprimen el ozono.

El poder destructivo de las SAO_S es enorme porque reaccionan con las moléculas de ozono en una reacción fotoquímica en cadena. Una vez destruida una molécula de ozono, la SAO está disponible para destruir otras más. La duración de la vida destructiva de una SAO puede extenderse entre los 100 y 400 años, dependiendo del tipo de SAO. La habilidad que estas sustancias químicas tienen para agotar la capa de ozono se conoce como potencial de agotamiento del ozono (PAO). A cada sustancia se le asigna un PAO relativo al CFC-11, cuyo PAO por definición tiene el valor 1.

1.5 CONSECUENCIAS DEL AGOTAMIENTO DEL OZONO

El calentamiento global de la atmósfera y cambio climático, es producido por la emisión de gases de efecto invernadero que atrapan el calor que sale de la Tierra, haciendo que la temperatura de la atmósfera aumente.

Los gases de efecto invernadero incluyen: dióxido de carbono, metano, CFC, HCFC y halones. El potencial de calentamiento global de la atmósfera (PCG) es la contribución de cada uno de los gases de efecto invernadero en el calentamiento global de la atmósfera, es decir, es la razón entre el impacto sobre el ozono causado por una sustancia determinada y el impacto causado por una masa similar de CFC-11 (el potencial de agotamiento del CFC-11 es 1).

1.1.5.1 AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO

Se denomina agujero de la capa de ozono a la zona de la atmósfera terrestre donde se producen reducciones anormales de la capa de ozono, fenómeno anual observado durante la primavera en las regiones polares y que es seguido de una recuperación durante el verano. El contenido de ozono se mide en Unidades Dobson, kilogramos por Metro cúbico.

1.6 CALENTAMIENTO GLOBAL Y EFECTO INVERNADERO

1.6.1 CALENTAMIENTO GLOBAL

Calentamiento global es un término utilizado habitualmente en dos sentidos:

- 1) Es el fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas.
- 2) Es una teoría que predice, a partir de proyecciones basadas en simulaciones computacionales, un crecimiento futuro de las temperaturas.

1.6.2 TEORÍA DE LOS GASES TIPO INVERNADERO

La hipótesis de que los incrementos o descensos en concentraciones de gases de efecto invernadero pueden dar lugar a una temperatura global mayor o menor fue postulada extensamente por primera vez a finales del siglo XIX por Svante Arrhenius, como un intento de explicar las eras glaciales. Sus detractores rechazaron radicalmente su teoría.

1.6.3 EFECTO INVERNADERO

Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar.

De acuerdo con el actual consenso científico, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debido a la actividad económica humana. Este fenómeno evita que la energía solar recibida constantemente por la Tierra vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.

- 1) La energía solar atraviesa la atmósfera. Parte de ella es absorbida por la superficie y otra parte es reflejada.
- 2) Una parte de la radiación reflejada es retenida por los gases de efecto invernadero.
- 3) Otra parte vuelve al espacio.

Potencial de Calentamiento Global (PCG) Medida del efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea hoy de 1 kg de un gas efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂ en base a un tiempo horizonte de 100 años. El caso de la emisión de 1 kg de HCFC-22 equivale a 1.700 kg de CO₂.

Para mayor información sobre calentamiento global y efecto invernadero, remitirse a anexo 2.

1.7 PROTOCOLO DE MONTREAL

El Protocolo de Montreal, elaborado en 1987 bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, entro en vigor el 1° de Enero de 1989. El Protocolo definió las medidas que debían adoptar sus signatarios para limitar la producción y el uso de sustancias controladas, inicialmente cinco CFCs (Clorofluorocarbonos) y tres Halones. En 1998 el Protocolo tenía más de 160 países. El Protocolo de Montreal y el Convenio de Viena del cual dieron los primeros acuerdos mundiales destinados a proteger la atmósfera (para más detalles sobre el tema, revisar anexos 6 y 7).

1.7.1 EL CONVENIO DE VIENA

En el Protocolo de Montreal se detalla la manera en que los signatarios deben reducir y eliminar la producción y utilización de los productos químicos que agotan la capa de ozono, el cual, fue firmado por 21 Estados y la Comunidad Económica Europea en Marzo de 1985.

Este Convenio creo un régimen de cooperación internacional, cuyos fines son establecer controles globales sobre la producción, el consumo y el uso de sustancias que agotan la capa de ozono, mediante controles basados en la evidencia científica y en la discusión de la viabilidad técnica para la eliminación de éstas.

Además se estableció un Fondo Multilateral para la aplicación del Protocolo de Montreal, con el fin de apoyar a los países en desarrollo en el cumplimiento de los controles establecidas por el Protocolo (para más información sobre el tema, revisar anexo 8).

1.7.2 ANALISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PROTEGEN DEL AGOTAMIENTO A LA CAPA DE OZONO EN EL SALVADOR

El Protocolo de Montreal entró en vigor el 1° de enero de 1989. Ha sido ratificado por 191 países hasta la fecha, incluido El Salvador.

El Salvador, ha adquirido compromisos de reducción para las importaciones y consumo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, ha logrado desarrollar una legislación acorde a las necesidades a nivel mundial de protección a la misma.

En la Constitución de la Republica en su artículo 117, que nos permite proteger, conservar y mejorar los recursos naturales y el medio ambiente; como a su vez nos manda a desarrollar la temática ambiental en leyes especiales.

Por lo que se crea la Ley del Medio Ambiente, en el año 1998, que regula la protección a la atmósfera, en su artículo 47. En el inciso B del mismo artículo, habla de la prevención disminución y eliminación gradual de las emisiones contaminantes en la atmósfera en beneficio de la salud y el bienestar humano y del ambiente.

Revisar anexo 9, para conocer la fecha en que El Salvador se adhirió al Convenio de Viena).

1.8 PROTOCOLO DE KYOTO

El Protocolo de Kyoto es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs) y Hexafluoruro de azufre(SF₆).

Este instrumento se encuentra dentro del marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (para más información sobre el tema, revisar anexo 11).

1.8.1 ADHESIÓN DE EL SALVADOR AL PROTOCOLO DE KYOTO

Según el Decreto N° 321 aprobado por La Asamblea Legislativa De La Republica De El Salvador:

- I. Que el Artículo 65 de la Constitución, establece que "La salud de los habitantes de la República constituye un bien público. El Estado y las personas están obligados a velar por su conservación y restablecimiento.";
- II. Que el Artículo 117 de la Constitución, establece que es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible y declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales;
- III. Que nuestro país ha suscrito la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas de 1992, ratificando el mismo en el año 1995, así mismo en el año 1998 suscribió y ratifico el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático; por lo cual el mismo tiene responsabilidades comunes pero diferenciadas en cuanto a las estrategias para la reducción de emisiones de gases de invernadero de origen humano; prevenir el aumento de temperatura media mundial; y, la adaptabilidad forzada al fenómeno del Cambio Climático.

CAPITULO 2: REFRIGERANTES

2.1 ¿QUÉ SON LOS REFRIGERANTES?

Son fluidos capaces de transportar el calor de un lado a otro en cantidades suficientes para desarrollar una transferencia de calor, que actúan en un ciclo, accionados por un compresor que conduce la energía calorífica desde un nivel de baja temperatura (evaporador) a un nivel de alta temperatura (condensador), generando cambios de temperatura en un medio determinado.

A lo largo de la historia de la refrigeración, se han utilizado varios tipos de refrigerantes, algunos tóxicos, otros inflamables, algunos con propiedades ambientales limitadas, etc. Lo que ha llevado a la conclusión de que no existe hasta el momento un refrigerante ideal.

Para poder tener una mejor decisión de qué tipo de refrigerante se debe utilizar en una instalación de refrigeración y/o aire acondicionado, es importante considerar 4 factores básicos:

- 1) Factores Ambientales.
- 2) Factores Económicos
- 3) Factores de Seguridad.
- 4) Factores de Desempeño.

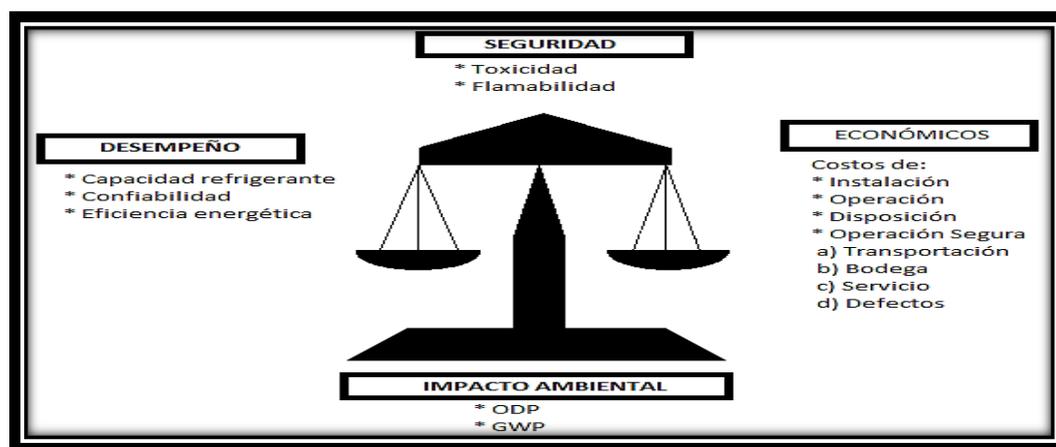


Figura 2-1: Factores considerados en la selección de un refrigerante.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES

El refrigerante en una instalación de refrigeración debe tener las siguientes características:

- Calor latente de evaporación alto cuanto mayor sea su valor menor cantidad de refrigerante hay que utilizar en el proceso de refrigeración para obtener una temperatura determinada.
- Presión de evaporación superior a la atmosférica para evitar la entrada de aire y de humedad en el sistema en caso de fuga.
- Punto de ebullición lo suficientemente bajo para que sea inferior a la temperatura de trabajo del evaporador.
- Temperaturas y presión de condensación bajas así se evita trabajar con presiones de condensación altas en el compresor lo que se traduce en un considerable ahorro tanto de energía como en el costo de la instalación.
- Inercia química, es decir, que no reaccione con los materiales que componen el circuito ni con el aceite del compresor.
- Ha de ser inmisible o totalmente miscible con el aceite del compresor la solubilidad parcial da origen a problemas de depósitos de aceite en el evaporador.
- Debe de ser químicamente estable hasta el grado de no ser inflamable ni explosivo, tanto en estado puro como cuando esté mezclado con el aire en determinada proporción.
- Ha de ser soluble en agua: de esta formase evita que el agua libre pueda formar cristales de hielo. Por este motivo los circuitos de refrigeración van provistos de filtros deshidratantes.
- Debe ser no tóxico para el hombre.
- Debe tener un impacto ambiental bajo o nulo en el caso de ser liberado por posibles fugas. Debe ser fácilmente detectable por el olfato para poder localizar las fugas que se produzcan en el sistema.

2.1.2 DENOMINACIÓN SIMBÓLICA DE LOS REFRIGERANTES

Los refrigerantes además de su fórmula química pueden identificarse por un código adoptado internacionalmente siguiendo las reglas en que el código va precedido de una R, y a continuación aparecen unas cifras relacionadas con la fórmula química del refrigerante que indican lo siguiente:

- I. La primera cifra de la derecha en los compuestos que carezcan de Br indica el número de átomos de F en sus moléculas.
- II. La segunda cifra de la derecha es el número de átomos de H+1.
- III. A la izquierda de la anterior se indica con otra cifra el número de átomos de C-1. R-(C-1)-(H+1)-(F).
- IV. Si la molécula contiene átomos de Br se procede según lo visto añadiendo luego a la derecha una B seguida del número de dichos átomos.
- V. Los derivados cíclicos se expresan según la regla general, encabezándolos por una C a la izquierda del número del refrigerante.
- VI. Los compuestos no saturados siguen las mismas reglas anteponiendo el número 1 como cuarta cifra contada desde la derecha.
- VII. Las mezclas determinadas de refrigerantes o azeótropos (disolución de 2 o más líquidos cuya composición no cambia por destilación) se expresan por las denominaciones de sus componentes intercalando entre paréntesis el porcentaje en peso correspondiente a cada uno. También pueden designarse por un número de la serie 500 completamente arbitrario.
- VIII. Los refrigerantes de los compuestos inorgánicos se identifican añadiendo a la cifra 700 el peso molecular de los compuestos.

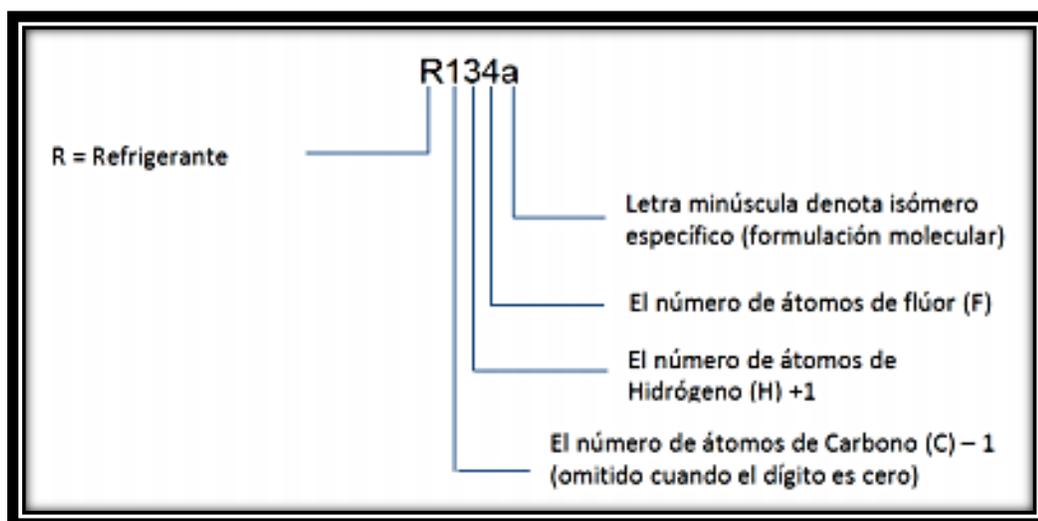


Figura 2-2: Esquema de la nomenclatura para la designación de los tipos de refrigerantes.

2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

Los refrigerantes pueden clasificarse de acuerdo a muchos criterios, entre estas clasificaciones tenemos las que se presentan a continuación.

2.1.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES POR LAS PRESIONES DE TRABAJO

Las presiones que actúan en un sistema de refrigeración, son extremadamente importantes. En primer término, se debe operar con presiones positivas; es decir, las presiones tanto en el condensador como en el evaporador, deben ser superiores a la presión atmosférica. Si la presión en el evaporador es negativa, es decir, que se esté trabajando en vacío, hay riesgo de que por una fuga entre aire al sistema. Por esto, el refrigerante debe tener una presión de evaporación lo más baja posible, pero ligeramente superior a la presión atmosférica.

Es por ello, que los refrigerantes se clasifican de acuerdo a su presión de trabajo de la siguiente manera.

- Baja presión. A presión atmosférica su Temperatura de ebullición es alta, superior a los +20°C.
- Media presión. Su temperatura de ebullición se encuentra entre los +20°C y -30°C.
- Alta presión. Su temperatura de ebullición es baja, entre los -30°C y -80°C.
- Muy alta presión. Su temperatura de ebullición es muy baja, inferior a los -80°C.

2.1.3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES POR EL REGLAMENTO DE SEGURIDAD

Según los efectos sobre la salud y la seguridad (que atienden a los posibles efectos causados en las personas por su inhalación y a su poder combustible al mezclarse con el aire, los refrigerantes se clasifican en estos tres grupos de seguridad.

- GRUPO PRIMERO: Refrigerante no es combustible ni toxico.
- GRUPO SEGUNDO: Refrigerantes de acción tóxica o corrosiva; combustible o explosiva mezclados con aire en un porcentaje en volumen igual o superior al 3,5 %.
- GRUPO TERCERO: Refrigerantes combustible o explosiva mezclados con aire en un porcentaje en volumen inferior al 3,5%.

Tablas 2-1: Clasificación de acuerdo al reglamento de seguridad.

G 1°	G 2°	G 3°
R-12 / R-22	R-717	Propano R-290
R-134a		Butano R-600
R-404A		

2.1.3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES EN FUNCIÓN DE SU INFLAMABILIDAD

Los refrigerantes deberán incluirse dentro de uno de los tres grupos siguientes, basándose en el límite inferior de inflamabilidad a presión atmosférica y temperatura ambiente.

- Grupo 1: Refrigerantes no inflamables en estado de vapor a cualquier concentración en el aire.
- Grupo 2: Refrigerantes cuyo límite inferior de inflamabilidad, cuando forman una mezcla con el aire, es igual o superior al 3.5% en volumen (V/V).
- Grupo 3: Refrigerantes cuyo límite inferior de inflamabilidad, cuando forman mezcla con el aire, es inferior al 3.5% en volumen (V/V).

2.1.3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES EN FUNCIÓN DE LA TOXICIDAD

La toxicidad es propiedad de una sustancia que la hace nociva o letal para personas y animales debido a una exposición intensa o prolongada por

contacto, inhalación o ingestión (no se considera nocivo todo malestar temporal que no perjudica a la salud).

Los refrigerantes deberán incluirse dentro de uno de los siguientes grupos dependiendo de su toxicidad.

- Grupo A: Refrigerantes cuya concentración media en el tiempo no tiene efectos adversos para la mayoría de los trabajadores que puedan estar expuestos al refrigerante durante una jornada laboral de 8 horas diarias y 40 semanales y cuyo valor es igual o superior a una concentración media de 400 ml/m^3 (400 ppm (V/V)).
- Grupo B: Refrigerantes cuya concentración media en el tiempo no tiene efectos adversos para la mayoría de los trabajadores que puedan estar expuestos al refrigerante durante una jornada laboral de 8 horas diarias y 40 semanales y cuyo valor es inferior a una concentración media de 400 ml/m^3 (400 ppm (V/V)).

2.1.4 TIPOS DE REFRIGERANTES

2.1.4.1 FLUIDOS INORGÁNICOS

Los primeros refrigerantes utilizados por reunir varias de las características antes mencionadas y por ser los únicos disponibles cuando aparecieron las primeras máquinas de producción mecánica de frío (1867) fueron el amoníaco (NH_3), el dióxido de carbono (CO_2) y el dióxido de azufre (SO_2). Pero estos refrigerantes presentaban grandes problemas de toxicidad, explosión y corrosión en las instalaciones de modo que su utilización estaba restringida a usos industriales.

Con excepción del amoníaco todos estos refrigerantes han dejado de usarse siendo reemplazados por otros denominados freones que aparecen en el mercado a partir del año 1928 y no presentan los inconvenientes de los primeros. El amoníaco (NH_3) hoy en día se sigue empleando en instalaciones de gran tamaño debido a que es el refrigerante conocido que tiene el efecto refrigerante más alto. Es uno de los más baratos y fáciles de conseguir y tiene gran estabilidad química. Es inmiscible con el aceite, por lo tanto debe usarse un separador de aceite en la tubería de descarga del compresor hacia el

condensador. Como inconveniente: es tóxico, algo inflamable y puede llegar a ser explosivo en grandes concentraciones, pero puede ser detectado fácilmente por el olor por lo que estos inconvenientes tiene poca importancia en industrias con alto nivel de control.

Las fugas de amoníaco se detectan con velas de azufre, formándose un humo denso en presencia de vapor de amoníaco (NH₃) o también se puede aplicar una solución de jabón en el punto donde se cree que puede haber una fuga formándose burbujas en caso positivo.

2.1.4.2 FLUIDOS ORGÁNICOS

Basados en la química del carbono tenemos:

- **HIDROCARBUROS HC.** Formados por carbono e hidrogeno con diferentes tipos de enlace. Presentan buenas características como refrigerante. No son corrosivos. Presentan serios problemas de seguridad debido a su alta inflamabilidad. Para mejorar las condiciones de seguridad, se sustituyen los átomos de hidrogeno por alógenos.
- **HIDROCARBUROS HALOGENADOS.** Es un grupo de refrigerantes derivados de hidrocarburos de bajo peso molecular fundamentalmente derivados del metano y el etano en los que alguno o todos sus átomos de hidrógeno se han sustituido por halógenos normalmente flúor, cloro y bromo, Br. En función de su composición estos refrigerantes pueden clasificarse en tres grupos: CFC (clorofluorocarbonos), HCFC (hidroclorofluorocarbonos) y HFC (hidrofluorocarbonos), los cuales se describen a continuación.

2.1.4.3 FREONES

Es un grupo de refrigerantes derivados de hidrocarburos de bajo peso molecular fundamentalmente derivados del metano y el etano en los que alguno o todos sus átomos de hidrógeno (H) se han sustituido por halógenos normalmente flúor, F; cloro, Cl; y bromo, Br. En función de su composición estos refrigerantes pueden clasificarse en tres grupos:

- CFC (clorofluorocarbonados).
- HCFC (hidroclorofluorocarbonados).
- HFC (hidrofluorocarbonados).

2.1.4.3.1 CFC (CLOROLFUOROCARBONADOS)

Son hidrocarburos totalmente halogenados, es decir, todos sus hidrógenos están sustituidos por cloro (Cl) y flúor (F). Se caracterizan por ser gases muy estables que persisten en la atmósfera muchos años y por tanto pueden llegar a la estratosfera donde destruyen la capa de ozono. Por este motivo dejaron de fabricarse y usarse a partir de 1995 según lo acordado en el protocolo de Montreal.

Han sido los refrigerantes por excelencia, llegando a dominar todos los campos de la técnica frigorífica, desde el frío doméstico hasta el industrial, pasando por el comercial y cubriendo todo el campo de la climatización.

Sus características generales son las siguientes:

- Los refrigerantes CFC presentan un ODP elevado, lo que hace que estén en fase de eliminación y no se estén fabricando actualmente. Son refrigerantes del primer grupo, de alta seguridad. No son inflamables ni explosivos, aunque se descomponen en presencia de llama dando lugar a un gas irritante llamado fosgeno.
- El hecho de que se produzca este gas en presencia de llama hace que se tenga que ventilar los locales cuando se manipulen refrigerantes de este tipo y existan posibilidades de contacto con llama o superficie incandescente.
- Permanecer más de dos horas en una atmósfera con más del 10% de estos refrigerantes puede causar graves molestias al organismo humano.
- En estado líquido son incoloros. Inodoros mezclados con el aire, aunque en estado puro presentan un ligero olor a éter.
- Las temperaturas de descarga del compresor son moderadas.
- No son compatibles con el magnesio ni con aleaciones de este material y su miscibilidad con todo tipo de aceite es elevada.

- Para detectar las fugas se pueden utilizar los métodos tradicionales como la espuma de jabón, pasando por las lámparas halogenadas, los detectores de fuga electrónicos, hasta las lámparas ultravioletas.

En las tablas de los anexos 18 y 19 se muestran las características particulares de los CFC más representativos.

2.1.4.3.2 HCFC (HIDROCLOROFLUOROCARBONADOS)

Son hidrocarburos halogenados que contienen un átomo de hidrógeno en su molécula lo cual le permite oxidarse con mayor rapidez en la parte baja de la atmósfera siendo su poder de destrucción de la capa de ozono menor. Son sustitutos a medio plazo de los CFC.

Actualmente se está reduciendo gradualmente la producción de estos refrigerantes. Su presencia en el mercado estaba limitada hasta el año 2010, aunque muchos países, por su cuenta, han adelantado esta fecha. A partir de ese momento comenzará un período de eliminación en las instalaciones que los tengan como refrigerante. Al igual que los CFC son refrigerantes que han tenido una gran presencia en el mercado, principalmente el R-22 (clorodifluormetano ODP= 0,05).

Los HCFC tienen las siguientes características:

- Son refrigerantes del primer grupo, de alta seguridad.
- No son inflamables ni explosivos.
- Se descomponen en presencia de llama dando lugar a un gas irritante llamado fosgeno; por lo que habrá que tomar las mismas precauciones que con los CFC.
- Permanecer más de dos horas en una atmósfera con una concentración superior al 10% de este refrigerante causa graves molestias.
- En estado líquido son incoloros, inodoros mezclado con el aire, aunque en estado puro presentan un ligero olor a éter.
- Su solubilidad con los aceites es peor que la de los CFC y disminuye con la temperatura.

- Por esta razón las tuberías deben ser calculadas e instaladas cuidadosamente.
- En muchos casos se hace recomendable la instalación de un separador de aceite, para garantizar el retorno de éste al compresor.
- Principalmente en aplicaciones de baja temperatura.
- Son compatibles con los lubricantes del tipo alquilbenceno.
- Con los aceites minerales la miscibilidad disminuye.
- Para detectar las fugas se pueden utilizar los métodos tradicionales como la espuma de jabón, pasando por las lámparas halogenadas, los detectores de fuga electrónicos, hasta las lámparas ultravioletas.

Según el protocolo de Montreal su uso y producción tendrá que estar reducido al 100 % en enero del 2030.

2.1.4.3.3 HFC (HIDROFLUOROCARBONADOS)

Derivados halogenados que no contienen cloro en su molécula oxidándose con gran rapidez en capas bajas de la atmósfera, con ODP= 0.

Los refrigerantes HFC se consideran de nueva generación, ya que han sido creados para sustituir a los CFC y HCFC. En un principio han sido considerados como ecológicos, por no ser dañinos para la capa de ozono atmosférico.

La presencia de flúor en su composición provoca que al ser emitidos contribuyan al aumento del calentamiento de la atmósfera (efecto invernadero). Por esta razón, tendrán que ser sometidos a restricciones en cuanto su uso para reducir al mínimo sus emisiones y de esta forma paliar sus efectos.

Sus características generales son las siguientes:

- Su ODP es nulo por lo que se considera un refrigerante definitivo.
- En general tienen valores de GWP elevados, lo que implica una influencia elevada en el efecto invernadero.
- Esto significa que en el futuro, sus instalaciones estarán afectadas por las reglamentaciones relacionadas con el ambiente.

- Son refrigerantes seguros, es decir, no inflamables ni explosivos, sin embargo, en caso de estar sometidos en el ambiente altas temperaturas, la descomposición del refrigerante en gases tóxicos puede afectar a las personas presentes. Concretamente el R-407C y el R-410A forman, entre otros CO y ácido fluorhídrico, que pueden producir la muerte por asfixia y ceguera en determinadas concentraciones.
- En estado líquido son incoloros, inodoros mezclado con el aire, aunque en estado puro presentan un ligero olor a éter. Son refrigerantes estables ante las variaciones de temperaturas.
- En comparación con las instalaciones que trabajan con CFC, las instalaciones de refrigerantes del tipo HFC necesitan de un 5% a un 30% de refrigerante menos para las mismas condiciones de trabajo. Presentan una mala miscibilidad con los aceites minerales y los alquilbencénicos.
- Incompatibles con el teflón, caucho, silicona, cinc, magnesio, plomo y aleaciones de aluminio y magnesio. Al estar constituidos por moléculas mucho más pequeñas que las de los refrigerantes antiguos, las probabilidades de fugas son mucho mayores. Esta particularidad hace que se deban extremar las medidas para asegurar la estanqueidad de las instalaciones.

Los HFC son menos tolerantes a las impurezas que pueden introducirse en la instalación que los HCFC y los CFC. Esto hace que haya que extremar las precauciones para evitar la presencia de impurezas en la instalación.

2.1.4.3.4 REFRIGERANTES ZEOTRÓPICOS

Están formadas por dos o más sustancias simples o puras, que al mezclarse en las cantidades preestablecidas generan una nueva sustancia la cual tiene temperaturas de ebullición y condensación variables. Para estas mezclas se definen el punto de burbuja como la temperatura a la cual se inicia la evaporación y el punto de rocío como la temperatura a la cual se inicia la condensación. También se requieren definir otras características como el fraccionamiento, que es el cambio en la composición de la mezcla cuando ésta cambia de líquido a vapor (evaporación) o de vapor a líquido (condensación), y el deslizamiento de la temperatura, que es el cambio de temperatura durante la evaporación debido al fraccionamiento de la mezcla.

Estas mezclas aceptan lubricantes minerales, Alquil benceno o Poliéster, según los casos, facilitando enormemente el retrofit; ejemplos: R-401A, R- 402A, R-404A, R-407A, R-407B, R-407C, R- 408A, R- 409A, R-410A y R-410B.

Las mezclas zeotrópicas deben ser cargadas en su fase de líquido en razón de la tendencia de fraccionamiento en estado de reposo. Cuando se requiere cargar en estado de vapor, debe recurrirse a emplear un dispositivo intermedio de trasvase.

El diagrama de Mollier que representa la condición termodinámica para el análisis de este tipo de refrigerantes se indica a continuación.

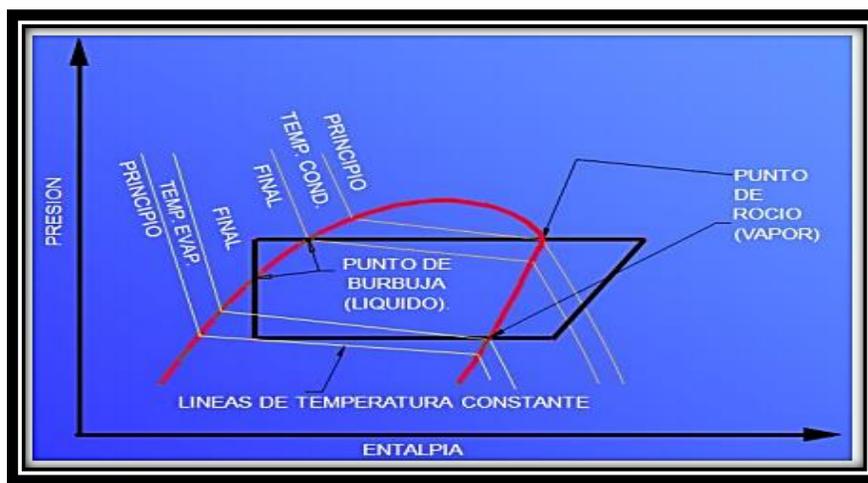


Figura 2-3: Diagrama P – h Mezclas Zeotrópicas.

2.1.4.3.5 MEZCLAS AZEOTRÓPICAS

Se identifican por un número de tres cifras que comienza con la cifra "5", como por ejemplo: R-502, R-500, R-503.

Están formadas por dos o más sustancias simples o puras que tienen un punto de ebullición constante y se comportan como una sustancia pura (ver cuadro de refrigerantes), logrando con ellas características distintas de las sustancias que las componen, pero mejores.

El R-502 es una mezcla azeotrópica de R-22 (48.8%) y R-115 (51.1%). Ideal para bajas temperaturas (túneles de congelamiento, cámaras frigoríficas y transporte de sustancias congeladas). Posee cualidades superiores al R-22 para ese rango de trabajo. Posee un PAO de 0.32 pero tiene más elevado potencial de calentamiento global (PCG) igual a (5. 1).

La dificultad para conseguir R-115 ha dificultado su producción y facilitado la introducción de mezclas sustitutas, de entre las cuales la más adoptada hasta ahora ha sido R-404A.

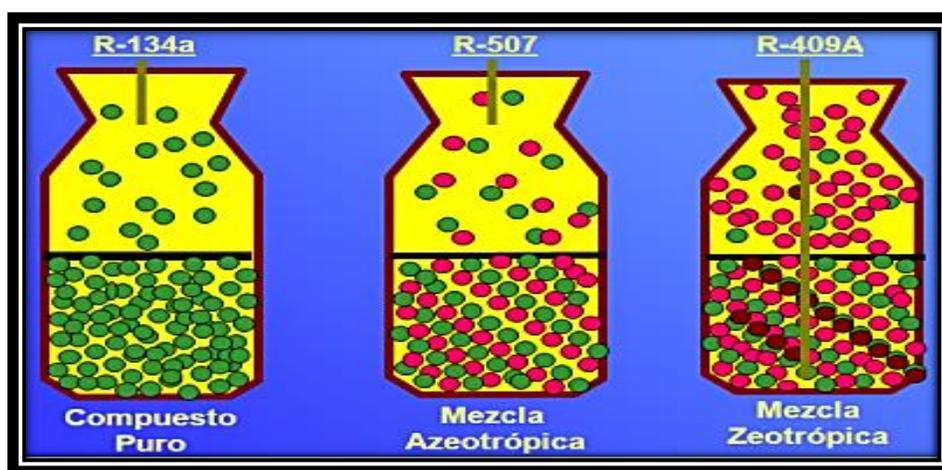


Figura 2-4: Composición del Refrigerante Dentro de un Cilindro.

2.1.5 EVOLUCION DE LOS FLUIDOS REFRIGERANTES

Ante la actual situación de los fluidos refrigerantes, regulación de los CFCs y actualmente de los HCFCs, las familias de los fluidos que se están considerando como posibles alternativas de sustitución a largo plazo son los fluidos de la familia HFC (puros y mezclas) y los refrigerantes naturales, entre los cuales se incluye el amoniaco, los hidrocarburos lineales o cíclicos y sus mezclas, CO₂, agua, etc.

Tabla 2-2: Evolución de los Refrigerantes.

Aplicaciones	Refrigerantes antes utilizados		Refrigerantes de Transición		Refrigerantes a Largo plazo	
Aparatos Domésticos	CFC CFC	R12 R500	HCFC HCFC	R401A R409A		R134A R290 R600A
Generadores de agua helada (Chillers)	CFC CFC	R11 R12 Amoniaco	HCFC	R123		R134A Amoniaco
Frío comercial (>0 °C)	CFC	R12	HCFC HCFC HCFC	R22 R401A R409A	HFC	R134A
Frío comercial (<0 °C)	CFC	R502	HCFC HCFC	R402A R408A	HFC HFC	Amoniaco R404A R507A
Frío Industrial	HFC	R22 Amoniaco	HCFC	R22	HFC HFC	R404A R507A Amoniaco
Frío baja Temperatura	CFC CFC	R13 R503			HFC HFC	R23 R508B
Aire Acondicionado	HCFC CFC	R22 R12	HCFC	R22	HFC HFC HFC HFC	R134A R407C R417A R410 A
A/A del automóvil	CFC	R12			HFC	R134A

2.1.6 REFRIGERANTES ALTERNATIVOS Y DEFINITIVOS

Los Clorofluorocarbonos (CFCs) están desapareciendo progresivamente para proteger el ozono. Los Estados Unidos se comprometieron a una reducción total de la producción de los (CFCs) para fines de 1995. El Protocolo de Montreal estableció el primero de enero de 1996, como la fecha de la reducción total (CFCs). Este plan de reducción total requerirá que casi

todas las industrias recuperen o reciclen los (CFCs), y que utilicen productos alternativos los cuales sean ambientalmente aceptables.

2.1.6.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS AL UTILIZAR REFRIGERANTES PUROS Y MEZCLAS

2.1.6.1.1 VENTAJAS DE UTILIZAR REFRIGERANTES PUROS Y MEZCLAS AZEOTRÓPICAS

- Se pueden cargar en fase líquida o gas.
- No hay deslizamiento o fraccionamiento.
- La temperatura y presión se mantienen constantes durante el cambio de fase.
- Las fugas no alteran su composición.

2.1.6.1.2 DESVENTAJAS DE LAS MEZCLAS NO AZEOTRÓPICAS DE REFRIGERANTE

- Se deben cargar necesariamente en fase líquida.
- Existe un deslizamiento dependiendo del tipo de mezcla.
- La temperatura y presión no se mantienen constantes durante el cambio de fase.
- Las fugas alteran su composición.

2.1.7 ASIGNACIÓN DE COLORES PARA CILINDROS DE GAS REFRIGERANTE

Los gases refrigerantes generalmente vienen envasados en cilindros metálicos desechables. Los hay de 6.8 Kg, 13.6 Kg y 22.6 Kg. Estas presentaciones pueden variar según el tipo de gas refrigerante o según la especificación del fabricante.

Los fabricantes de gases refrigerantes los envasan en cilindros de colores, respetando el código de colores de ARI (American Refrigeration Institute); que a su vez utiliza el lenguaje PMS (Pantone Matching System) que es un lenguaje internacional de impresión que se utiliza para los colores. El ARI

asigna los colores de acuerdo con el Standard 34 de ASHRAE siguiendo la siguiente clasificación:

- **Clase I:** Refrigerantes Líquidos. Estos son refrigerantes que tienen un punto de ebullición superior a los 20°C (68° F). La presentación de estos gases normalmente se efectúa en un tambor. Ejemplos: R-11, R-113, R-123.
- **Clase II:** Refrigerantes de “Baja Presión”. Los envases de estos gases pueden soportar una presión interior máxima hasta de 500 psi (Libras por pulgada cuadrada). Ejemplos: R-12, R-134a y el R-22
- **Clase III:** Refrigerantes de “Alta Presión”. Estos gases se envasan en cilindros que tienen una presión mínima de trabajo de al menos 500 psi. Ejemplos: R-13, R-23 y el R-503
- **Clase IV:** Refrigerantes Inflamables. Estos refrigerantes ya sean zeotropos o azeotropos que tienen la clasificación 2 ó 3 de inflamabilidad otorgada por ASHRAE en el Standard 34. Ejemplos: R-114B o el R-411A

La especificación DOT-39 estipula que los cilindros diseñados para soportar una presión de 260 psi, deben de ser probados a una presión de fuga de 325 psi. Un cilindro de cada 1000 se presuriza hasta el punto de falla o de fuga. Cada cilindro está equipado con un dispositivo o fusible de alta presión, que liberará o venteará el gas antes de llegar a la presión de ruptura. Existen dos versiones de cilindros aprobados bajo la especificación DOT-39. El más común es un disco de ruptura o disco fusible, generalmente soldado en la parte superior (hombro del cilindro). Si la presión supera los 340 psi, este disco se romperá y el gas refrigerante será venteadado a la atmósfera, previniendo una explosión del tanque.

La presión interna de los cilindros puede elevarse por diferentes razones, pero la principal es el calor. Cuando la temperatura se eleva, el refrigerante líquido se expande. A este estado se le llama condición hidrostática. Cuando un cilindro alcanza esta condición, la presión interna se eleva rápidamente, aunque aumente ligeramente la temperatura del gas. Si el disco de ruptura o fusible de alivio no se abre, el cilindro puede explotar, ocasionando daños a los objetos cercanos, al técnico o, en el caso más grave, la muerte del técnico. No se debe de bloquear el fusible de venteo, de seguridad o disco de ruptura.

Tabla 2-3: Código de colores para los contenedores de algunos refrigerantes comunes.

Refrigerante N°	Color	PMS*
R-11	Naranja	0.21
R-12	Blanco	
R-13	Azul claro / Banda azul oscuro	2975
R-22	Verde	352
R-123	Gris claro (Plata)	428
R-134a	Azul claro (Celeste)	2975
R-401a (MP-39)	Rojo - Rosado (Coral)	177
R-401B (MP-66)	Amarillo - Café (Mostaza)	124
R-402a (HP-80)	Café claro (Arena)	461
R-402B (HP-81)	Verde aceituna	385
R-404a (HP-62)	Naranja	0.21
R-407C (AC-9000)	Gris	
R-500	Amarillo	109
R-502	Morado claro (Orquídea)	251
R-503	Azul - Verde (Aqua)	3268
R-507 (AZ-50)	Marrón	167
R-717	Plata	877

CAPÍTULO 3: BUENAS PRACTICAS DE REFRIGERACION

A continuación se mencionarán aspectos principales de los problemas en un sistema de refrigeración o de aire acondicionado de compresión de vapor, así como las precauciones principales que se deben tomar al proceder al servicio de nuevas instalaciones o al abrir el equipo para fines de servicio.

3.1 HUMEDAD Y ÁCIDOS

La humedad es la causa de varios problemas de funcionamiento en los sistemas de compresión de vapor y es importante entender en que se basan estos problemas. Básicamente, la humedad puede clasificarse como visible e invisible.

La humedad “visible” consiste en una alta concentración de agua y puede constatarse a simple vista, presentándose en forma de líquido. Ocasionalmente se encuentra agua en forma líquida en los sistemas, pero esto es un tanto raro.

La humedad “invisible” es una baja concentración de agua y no se puede constatar a simple vista (esta en forma de vapor). Esta forma de humedad existe en todas partes, en todos los sólidos, líquidos y gases. Su contenido en el aire se expresa en términos de humedad relativa. En los sistemas de refrigeración, esta es habitualmente la fuente de los problemas.

Una simple gota de agua puede parecer algo inofensivo, pero para un sistema de refrigeración es un problema grave, el enemigo número uno a combatir por los especialistas del servicio de refrigeración.

Lo que convierte a la humedad en un enemigo tan formidable es el hecho de que puede entrar fácilmente en un sistema y es muy difícil eliminarla.

¿Qué puede hacer la humedad en un sistema?

- La humedad dentro de un sistema puede congelarse y detener el flujo del refrigerante. La humedad entrará por lo general en el flujo del refrigerante y podrá ser llevada por el líquido cerca del dispositivo de expansión y transformarse en hielo causando una restricción o incluso el bloqueo completo del flujo.
- Tener presencia de humedad en el sistema puede ocasionar problemas en el compresor, debido a que las gotas de humedad no son comprimibles por el compresor, pudiendo crear deformaciones y roturas en las partes más frágiles de este, como las bielas o pistones.
- A medida que la válvula de expansión se calienta, debido a la falta de refrigerante, el hielo se funde y la humedad vuelve a la válvula de expansión y una vez más genera un enfriamiento intermitente.
- Que se produzca o no realmente una “congelación” depende sobre todo de la cantidad de agua y del tamaño de las partículas de hielo formadas. Pero un taponamiento por “congelación” no es el único problema provocado por la humedad.
- Con los nuevos sistemas de refrigeración y aire acondicionado operando con lubricantes sintéticos a base de poliolester, el problema de la humedad es todavía más grande debido a que estos lubricantes son altamente higroscópicos y absorben la humedad con una velocidad mucho mayor a los lubricantes tradicionales.
 - ✓ “Higroscopia: es la capacidad de algunas sustancias de absorber humedad del medio circundante. Son higroscópicos todos los compuestos que atraen agua en forma de vapor o de líquido de su ambiente.”

3.2 CORROSIÓN

La humedad induce también a la corrosión que puede crear a menudo graves problemas debido a que los efectos de ésta no son evidentes sino después de haberse producido graves daños. Por ejemplo, la humedad en forma de agua sola puede causar herrumbre después de cierto tiempo.

No obstante, la humedad con el refrigerante crea mucha más corrosión (Humedad + Refrigerante = Ácido).



Figura 3-1: Corrosión y lodos en elementos del compresor.

El calor aumenta el ritmo de la corrosión provocada por los ácidos debido a que a altas temperaturas el proceso de formación de ácido se acelera. Este ácido por supuesto, ataca a todos los materiales con los que entra en contacto, el ritmo de corrosión de cada material está determinado por sus cualidades de resistencia a la corrosión.



Figura 3-2: Filtro de piedra saturado de humedad y corrosión del sistema.

El lubricante presenta otro problema que plantea la humedad. El lubricante sintético a base de poliolester es una excepción a la regla de que el aceite y el agua no se mezclan. De hecho, este tipo de lubricante tiene una afinidad con la humedad y la absorberá rápidamente si es expuesto a la atmosfera solo algunos minutos.

Los lubricantes minerales no se mezclan con el agua en las mismas condiciones que los lubricantes de poliolester, sin embargo como vienen deshidratados y preparados para ser instalados en sistemas de refrigeración, estos lubricantes también tienen el poder de absorber humedad en forma muy rápida.

El agua transformada en ácido se emulsiona con los lubricantes refrigerantes, formando ambos una mezcla íntima de glóbulos sumamente finos. Se denomina a este efecto enlodamiento del aceite y reduce grandemente su capacidad de lubricación.

El lodo o los sedimentos pueden tomar la forma de líquidos fangosos, polvos finos, sólidos granulosos o sólidos pegajosos, y provoca una variedad de problemas. Estas formas pueden tapar filtros finos, válvulas de expansión y tubos capilares. Y debido a que habitualmente contienen ácidos, corroen cualquier cosa a la que se adhieren, acelerando el daño.

El modo más eficaz de eliminar la humedad de un sistema es utilizar una bomba de vacío apropiadas para este proceso y el elemento clave el nivel de vacío. El nivel recomendado de vacío es de 250 micrones para sistemas que contengan lubricantes poliolester y de 500 micrones para los sistemas que contengan lubricantes minerales o sintéticos a base de alquilbenceno.

3.3 ACEITE EN EL SISTEMA

Para la lubricación de los compresores de refrigeración se utilizan aceites especiales. La marca de aceite proporcionado originalmente se especifica a menudo sobre una placa de datos relativos al aceite y es apropiado para las condiciones de funcionamiento pertinentes. Si hay que añadir aceite, debe utilizarse la misma marca. Evítese mezclar diferentes marcas de aceite. Los aceites para motores no pueden utilizarse en un sistema de compresores a base de CFC-12 o HCFC-22 ni se puede utilizar aceite usado incluso cuando es regenerado. El aceite utilizado absorbe humedad del aire y también provoca corrección en el compresor, especialmente en los compresores de amoníaco.

El aceite debe almacenarse en un lugar libre de humedad en recipientes cerrados herméticamente usándose únicamente envases secos para el

rellenado es aconsejable colocar un cartucho secador en la ventilación de aire del recipiente de almacenamiento para impedir la entrada de humedad cuando se extrae el aceite.

3.3.1 ACEITE LUBRICANTE

Dentro de los sistemas herméticos el lubricante está en contacto íntimo con el bobinado de los motores eléctricos. El aceite debe por lo tanto tener gran compatibilidad con los materiales y gran estabilidad térmica.

Las propiedades de miscibilidad de aceite y refrigerante son indispensables para garantizar un mantenimiento mínimo del sistema y retorno de lubricante al compresor evitando de esa manera la condición extrema de agotamiento del aceite del compresor. Las propiedades combinadas de viscosidad características de humedecimiento de las superficies y solubilidad de refrigerante (para mantener la fluidez del aceite de baja temperatura) no solamente contribuyen a la circulación del lubricante si no que afectan también a las características de la películas sobre las superficies de transferencia de calor y, posteriormente a la eficiencia energética. Un buen aceite lubricante tiene las siguientes propiedades:

- a) Bajo contenido parafínico, la separación de la parafina de la mezcla del aceite lubricante puede tapar los orificios de control.
- b) Buena estabilidad térmica. No deben formarse depósitos duros de carbón en los puntos calientes del compresor.
- c) Buena estabilidad química. No debe hacer ninguna reacción química con el refrigerante ni los materiales que habitualmente se utilizan en los sistemas.
- d) Bajo punto de fluidez. Capacidad del aceite de mantenerse fluido a la más baja temperatura del sistema.
- e) Baja viscosidad. Capacidad de lubricante de mantener buenas propiedades de lubricación a temperaturas elevadas y buena fluidez a bajas temperaturas; de proporcionar una buena película lubricante en todo tiempo.

A fin de mejorar la eficacia del aceite, muchos fabricantes añaden más sustancias químicas que están destinadas a inhibir la formación de lodo o

espuma (el aceite que contenga humedad o aire formara lodo o barnices y puede provocar daños a la unidad). El aceite sucio de un sistema hermético puede volverse ácido y provocar quemaduras en las manos. Cambiar siempre los filtros cuando esto haya sucedido para mantener limpio el nuevo aceite.

3.3.2 LUBRICANTES EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Los compresores de refrigeración requieren de un lubricante que, además de mantener aceitadas las partes mecánicas del compresor, sirva como barrera para separar el gas del lado de la descarga, del de la succión. También actúa como medio enfriador, transfiriendo el calor de los bujes, y de todos los elementos del mecanismo del compresor, al cárter, de donde es enviado a las paredes del compresor. Generalmente, mientras se tenga una mayor viscosidad en el lubricante, será mejor el sellado y menor el nivel de ruido.

En un sistema hermético o semihermético, en donde el motor eléctrico es expuesto al gas refrigerante y al aceite, se requiere de un lubricante con propiedades dieléctricas. El refrigerante va transportando una pequeña porción de lubricante a lo largo del sistema de refrigeración. Este lubricante debe de regresar al compresor rápidamente y debe de ser capaz de fluir en bajas temperaturas, estar libre de partículas suspendidas o de elementos tales como la cera, que pudieran tapar el control de flujo, o quedarse depositadas en el evaporador y afectar la transferencia de calor.

En el sistema hermético, el lubricante sólo debe de cargarse una vez, y éste debe de durar toda la vida del compresor. La estabilidad química requerida, en la presencia de gas refrigerante, metales, barniz aislante del motor eléctrico del compresor, y contaminantes, es tal vez la característica que hace diferentes a los lubricantes para sistemas de refrigeración, de los usados en otras aplicaciones

3.3.3 LUBRICANTES MINERALES

Son los aceites que son obtenidos de la destilación del petróleo, también llamados lubricantes nafténicos y son utilizados principalmente para los refrigerantes CFC's existentes en el mercado.

3.3.3.1 LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO ALQUILBENCENO

Los lubricantes sintéticos tipo alquilbenceno, debido a sus características sobresalientes en propiedades lubricantes y sobre todo a su alta estabilidad química y térmica, y la ausencia de parafinas, han sustituido a los aceites minerales en sistemas operados con gases CFC ó gases HCFC. El hecho de ser altamente higroscópicos es considerado por los fabricantes de compresores como una variable manejable, mediante la implementación de medidas de control de humedad durante la producción y carga del lubricante, y la creación de las condiciones aceptables en un sistema, para alcanzar niveles de deshidratación máximos, que se logran mediante el empleo de filtros secadores de suficiente capacidad, y un efectivo procedimiento de deshidratado del sistema mediante un proceso de alto vacío.

3.3.3.2 LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO POLIOLÉSTER

Los lubricantes sintéticos denominados polioléster son muchísimo más higroscópicos que los aceites minerales, aún comparados con los sintéticos tipo alquilbenceno. Sus niveles de saturación de humedad son del orden de 1000 partes por millón (ppm), en comparación con 100 ppm de los aceites minerales y 200 ppm de los alquilbencenos.

Por lo tanto, las precauciones necesarias durante su carga, así como los niveles de humedad requeridos son igualmente estrictos y deben de emplearse métodos cuidadosamente controlados durante su uso.

- Al abrir una lata de aceite polioléster se debe de utilizar, de inmediato, todo su contenido, vaciándolo en el interior del sistema sin pérdida de tiempo, y proceder a hacer el vacío al sistema, debido a que el solo contacto del lubricante con el aire atmosférico provoca que sus niveles de humedad aumenten por encima de los valores tolerables para el sistema de refrigeración.
- No se debe cargar el sistema usando un embudo, sino mediante una bomba de aceite, ya que sólo se dispone de 12 minutos antes de que el aceite se vuelva húmedo.
- De quedar algo de aceite en el interior de la lata, deberá desecharse.

- Si se excede el tiempo con el sistema abierto, una vez que el lubricante se vuelve húmedo, es irreversible el proceso, ya que el enlace que se forma de la humedad con el lubricante es a nivel molecular, es decir que ni con el vacío, ni tampoco con los deshidratadores se podrá recomponer.

3.3.3.3 LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO ALQUILGLICOLES

Estos fueron los primeros lubricantes desarrollados para ser empleados con el refrigerante R-134a y en la actualidad sólo son destinados al aire acondicionado automotriz. Si bien sus propiedades lubricantes son mejores que las de los poliolésteres, son mucho más higroscópicos, con niveles de saturación de humedad del orden de 10,000 ppm. Ello exige extremo cuidado cuando se presta servicio a sistemas de aire acondicionado automotriz, a fin de evitar las consecuencias que estos niveles de humedad provocarían.

Los lodos que se forman obstruyen los filtros secadores y los dispositivos de expansión, producen daños a los compresores por falla de lubricación.

3.4 PURGA DE LOS SISTEMAS

Purga es el término que se utiliza para describir el proceso de extracción del aire, vapores, polvo o humedad que se quiere eliminar del sistema.

Se permite a un gas neutro como el nitrógeno que circule a través de la parte del refrigerador o de la tubería, forzando hacia fuera el aire y los vapores que hay que eliminar.

3.4.1 GASES NO CONDENSABLES

Los gases no condensables son contaminantes que se encuentran frecuentemente en los sistemas de aire acondicionado y de refrigeración. Estos gases se infiltran en los sistemas herméticos del siguiente modo:

- Hay gases no condensables presentes durante la fabricación de los sistemas y permanecen debido a una evacuación incompleta.
- Los gases no condensables se desabsorben de diversos materiales del sistema o se forman por descomposición de los mismos a elevadas temperaturas durante el funcionamiento del sistema.
- Los gases no condensables entran debido a pérdidas en el lado que baja (presión inferior a la atmosférica).
- Se forman gases no condensables a partir de reacciones químicas entre los refrigerantes, lubricantes y otro material durante el funcionamiento. Los gases reactivos químicamente, como, por ejemplo el cloruro de hidrógeno, atacan a otros componentes en el sistema de refrigeración. En casos extremos, la unidad refrigerante falla.

Los gases químicamente inertes en el sistema, que no se condensan en el condensador, disminuyen la eficiencia del enfriamiento. La cantidad de gas inerte no condensable que es perjudicial depende del diseño y del tamaño del sistema de refrigeración y del tipo de refrigerante. Su presencia contribuye a tener presiones de descarga superiores a las normales y a la consiguiente temperatura de descarga más elevada. Las temperaturas más elevadas aceleran las reacciones químicas indeseables.

Los gases que se pueden encontrar en las unidades de refrigeración herméticas incluyen al nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano e hidrógeno.

Los primeros tres gases enumerados provienen de la evacuación incompleta del aire o de una fuga en el lado de baja del sistema. El dióxido de carbono y el monóxido de carbono habitualmente se forman cuando se recalientan los materiales aislantes orgánicos.

Se ha detectado hidrógeno cuando el compresor está sufriendo mucho desgaste en los rodamientos. En un equipo bien diseñado y que funciona debidamente se encuentran solo trazas de estos gases.

3.5 VACÍO EN LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

En los procedimientos normales de servicio es importante saber qué nivel de vacío se requiere para cada sistema y esto muchas veces depende del tipo de lubricante que contiene el equipo (compresor).

El micrón se utiliza para medir vacíos cercanos al vacío absoluto. Es también importante que se comprenda la relación entre la presión absoluta y la manométrica cuando se procede a la extracción del fluido del sistema (procedimiento de vacío). Los manómetros están calibrados normalmente de manera que el "0" corresponda a la presión atmosférica.

Al evacuar un sistema habrá necesidad de un manómetro especial de vacío para controlar el vacío real en el sistema. Estos dispositivos de medición de vacío se nombran vacuómetros y se encuentran disponibles en la industria.

Si el sistema contiene aceite mineral o alquilbenceno es suficiente alcanzar los 500 micrones de vacío para asegurar que el nivel de humedad no afecte la operación del equipo.

El vacío de un sistema no se mide por tiempo, se mide por la cantidad de micrómetros, mili pascales o cualquier otra medida de vacío que se maneje con mayor familiaridad.

Si el sistema contiene aceite sintético a base de Poliéster el vacío que se debe alcanzar es de 250 micrones.

El nivel de vacío necesario en un sistema no se mide por tiempo, más sin embargo existen variables que afectan el tiempo de dicho proceso:

- Altura sobre el nivel del mar.
- Temperatura del sistema o del equipo.
- Diámetro de las mangueras.
- Longitud de las mangueras.
- Colocación del múltiple.

3.5.1 VACÍO CON EL COMPRESOR DEL SISTEMA

En forma por demás equivocada, muchos técnicos de refrigeración utilizan el compresor del sistema para realizar “el vacío” al sistema, sin percatarse que este procedimiento puede dañar definitivamente el compresor y no se va a alcanzar el nivel de vacío correcto debido a que los compresores no son equipos diseñados para hacer este trabajo, en seguida se explican algunas de las consecuencias de hacer esta mala práctica:

- En compresores herméticos y semi herméticos es muy probable que el aislante se dañe ya que una de las características de estos compresores es que el refrigerante es el medio de enfriamiento, si se ponen a trabajar estos equipos sin su medio de enfriamiento, los devanados del motor se calientan y se daña todo el equipo.
- Cuando se hace vacío a una bobina eléctrica, éstas hacen un arco eléctrico solo porque se hace circular una corriente eléctrica a través de ellas.
- El vacío que se logra al hacer esta práctica no es de ninguna forma el adecuado para ningún tipo de sistema.

3.5.2 BOMBA DE VACÍO

Para saber qué capacidad debe tener la bomba debemos conocer previamente que capacidad en TR (toneladas de refrigeración) o Kcal /h tiene el equipo que estamos instalando o reparando.

Para poder elegir la bomba de vacío adecuada debemos considerar que por cada pie cúbico por minuto o por cada 28,56 litros por minuto que dispone la bomba de vacío (capacidad), podemos emplearla para evacuar o deshidratar equipos con capacidad hasta 6 TR (18.000 Kcal/h o 72000 BTU/h).

Una regla aproximada será entonces: Con 1 cfm o 28,56 l/min se puede evacuar equipos hasta 6 TR.

El equipo al cual se le hará vacío:

Debemos asegurarnos que el circuito en cuestión tendrá todas sus válvulas abiertas en dónde corresponda para que no existan limitaciones en la evacuación. De no tenerse en cuenta puede haber zonas no deshidratadas convenientemente.

Las prensas de estas válvulas deben estar debidamente cerradas y en condiciones para evitar fugas invisibles en depresión que puedan hacer fracasar el vacío o equivocar los diagnósticos ante posibles pérdidas.

Cuándo los circuitos son de gran capacidad se deberá estudiar el recorrido y asegurarse que restricciones insalvables cómo tubos capilares, válvulas de expansión, válvulas de retención no desmejoren o impidan la deshidratación. En los casos de circuitos de gran volumen, el uso de 2 bombas instaladas en dos lugares estratégicos del circuito, puede ser una muy buena solución. Los lugares apropiados pueden tener límites simétricos con la restricción más severa, como por ejemplo la válvula de expansión, el tubo capilar, etc.

Las mediciones de vacío, deben ser hechas en general en lugares alejados a la conexión de la bomba de vacío, y las mismas se deben tomar como válidas, cuando hayan pasado algunos minutos después de detener a la bomba, a fin de lograr que se estabilice el sistema.

Un circuito puede haber llegado después de cierto tiempo al nivel de evacuación esperado, por lo tanto si se detiene la bomba y por medio del instrumento medimos el vacío, se percibe una pérdida de dicho vacío hasta un cierto nivel, dónde el instrumento queda detenido, en principio puede atribuirse a una pérdida, pero si el instrumento se detiene manteniendo aún un nivel de vacío no despreciable, puede ser que el circuito aún contenga humedad, y al momento de detener la bomba, las micro gotas que aún quedan dentro del circuito al evaporarse aumenta la presión existente del circuito. Cuando un circuito, después de cierto tiempo de evacuación, llega al nivel de vacío esperado, es recomendable que la bomba continúe el proceso de evacuación por más tiempo, el tiempo sugerido debería ser no inferior a $1/3$ del tiempo total empleado para llegar al vacío requerido.

Finalizado el proceso de vacío el vacuómetro podrá ser leído y en este caso podemos comentar algunos posibles resultados:

- El vacuómetro disminuye su valor hasta mantenerse invariable. Este movimiento, que surge a partir de la detención de la bomba, es atribuible a la búsqueda de equilibrio interno del sistema. Si la medición no sufre modificaciones con el transcurso del tiempo, se habrá logrado el fin buscado.
- El vacuómetro muestra un crecimiento acelerado. En este caso estaremos frente a una pérdida en presión, que debemos localizar. Si bien esta búsqueda deberá ser orientada a cargar al sistema con Nitrógeno, a fin de su localización. No debe pasar inadvertido que exista el problema de pérdida en las conexiones realizadas para esta tarea.
- Por último si se presenta una pérdida, que detiene al instrumento en un valor de vacío no deseado, y dicho valor permanece con un crecimiento casi imperceptible, podremos estar frente a un sistema donde aún permanecen micro gotas que al evaporarse hacen aumentar la presión interna del sistema. En este último caso debemos intentar continuar haciendo vacío y transcurrido cierto tiempo reiterar la medición.

Como evacuar un sistema:

Existen varios procesos para llegar al vacío que requiere un sistema, el proceso más sencillo que es el del vacío directo conectando la bomba de vacío hasta llegar a la cantidad de micrones requerida según el tipo de lubricante que posee el sistema. Esto es alcanzar los 500 micrones si el sistema contiene lubricante alquilbenceno y/o mineral. O alcanzar los 250 micrones si el sistema contiene un lubricante sintético a base de poliolester.

Se puede hacer un proceso de vacío más estricto que involucra un tiempo adicional pero es más seguro y es especialmente adecuado en sistemas grandes. Como sigue:

- a) Como primer paso podemos hacer un arrastre de nitrógeno seco en el sistema, esto va a permitir que gran parte de la humedad que se encuentra en el sistema pueda ser absorbida por el nitrógeno. Es muy

importante asegurarse de utilizar un regulador de presión para el manejo de este tipo de gas.

- b) Presurizar el sistema con nitrógeno (N₂). Verificar si hay fugas y mantener la presión durante un lapso y ver si el manómetro indica un cambio.
- c) Cuando se constate que el sistema no tiene fugas eliminar el N₂. Conectar una bomba de vacío adecuada tanto del lado de aspiración como del lado de descarga del compresor. Abrir todas las válvulas, al igual que las válvulas solenoides. Utilizar un múltiple de manómetros y vacuómetro. Dar tiempo para la difusión del vapor de agua y de aire.
- d) Es importante que se caliente el sistema para hacer que la humedad sea removida con mayor facilidad. En la siguiente figura se puede observar un arreglo de un sistema para realizar el vacío.

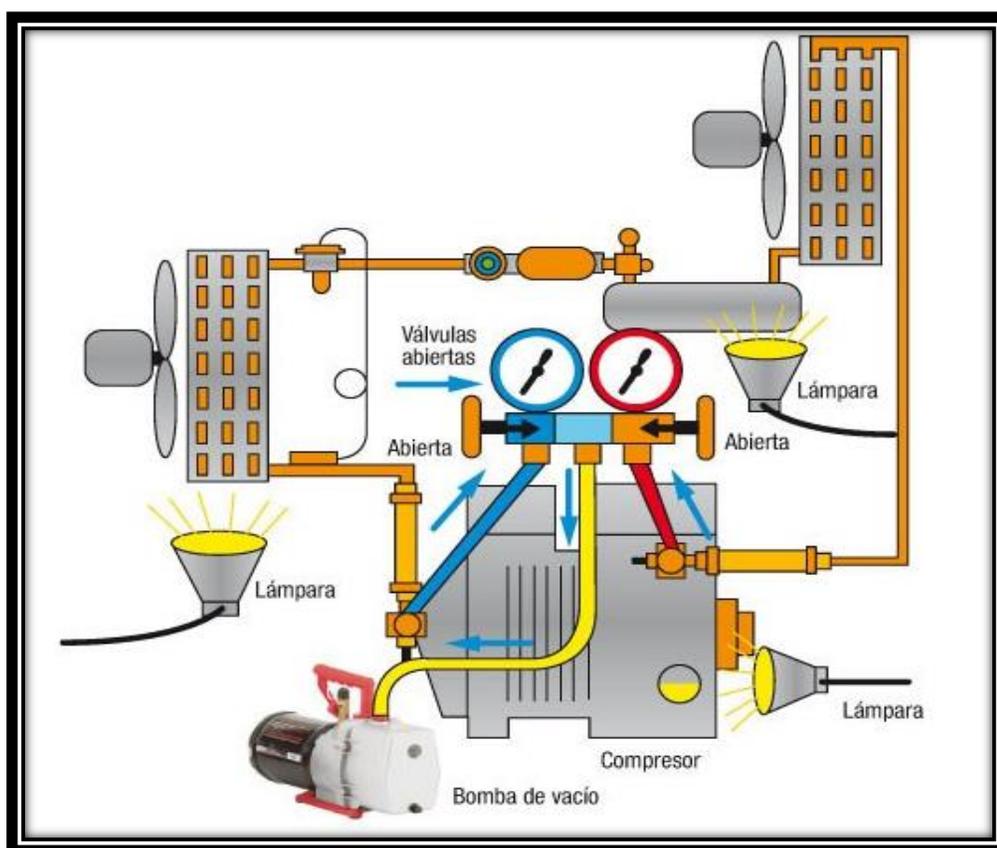


Figura 3-3: Arreglo de un sistema de refrigeración para realizar vacío.

- e) Cuando se haya logrado un vacío satisfactorio, detener la bomba y dejarla por un tiempo prudencial, para ver si la aguja del vacuómetro se mueve hacia el lado de presión atmosférica. Si sucede esto, podría deberse a dos razones; o bien hay una fuga, o bien hay todavía humedad en el sistema. Si la presión de vacío se mantiene considerablemente estable durante el mismo lapso de tiempo, el circuito esta evacuado correctamente, está seco y libre de fugas.

Consecuencias de realizar un mal procedimiento de vacío en el sistema:

Lo primero que ocurre es que se tiene la presencia de gases no condensables en el circuito, lo que puede ocasionar los siguientes problemas no visibles pero que afectan gravemente al funcionamiento del equipo.

- 1) Que suba la temperatura en la parte de alta presión del sistema frigorífico.
- 2) Que la válvula de descarga del compresor se caliente más de lo debido.
- 3) Que se formen en el compresor sólidos orgánicos que pueden terminar por dañarlo.

3.6 MANTENIMIENTO

3.6.1 DETECCIÓN DE FUGAS

Existe una reciente necesidad por productos y tecnologías que requieren de un sello hermético en diferentes elementos como recipientes y tubos.

Cubiertas con mayor o menor grado de vacío tienen que asegurar un aislamiento entre la atmosfera externa y la presión interna. Algunos zonas típicas de fuga en sistemas sellados son: conexiones, empaques, soldaduras por arco o autógenas, materiales defectuosos entre otros. Los requerimientos de calidad en diferentes procesos, conducen frecuentemente a que los técnicos se enfrenten a diferentes normas en las pruebas de sellado. Cuando definimos si un elemento cumple con las normas, tenemos que estar familiarizados con los procedimientos que nos permiten determinar:

- Si hay una fuga o no.
- Determinar el tamaño de la fuga
- Determinar el lugar de la fuga

Una fuga implica una fisura, perforación o porosidad en la pared de la envolvente que contiene o separa diferentes líquidos o gases permitiendo el escape de un medio cerrado. La función básica de la detección de fugas es la localización y medición de la fuga en productos o sistemas sellados. En la mayoría de los casos, una prueba de fugas es un paso en el control de calidad para asegurar la integridad de un sistema y es usualmente una prueba no destructiva.

3.6.1.1 CAUSAS DE LAS FUGAS

Podemos diferenciar los siguientes tipos de fuentes de fugas:

- Fugas causadas por defectos, en el contenedor. Por ejemplo una pared muy delgada en una botella de plástico, la cual puede dar lugar a fisuras microscópicas cuando la diferencia de presión es lo suficientemente grande, o en el caso de la industria de enlatado que el anillo para abertura falle, o una fundición porosa en una carcasa.
- Fugas causadas por defectos en el ensamble, se deben usualmente a uniones o sellos imperfectos entre las diferentes partes que forman el artículo final. Estos artículos contienen piezas desarmables o unidas permanente mente por soldaduras de arco, autógena, uniones de vidrio con metal, cerámica con metal, aro sellos, empaques etc.
- Materiales que permiten la difusión de gases o que son permeables en sus paredes.
- Fuga virtual, es un tipo especial de fuga en la tecnología de vacío, la cual no significa que algo este entrando al sistema; pero que existe una fuente interna que genera gas o vapor.

3.6.2 MÉTODOS PARA LA DETECCIÓN DE FUGAS

Un instrumento de detección de fugas mide la cantidad de fluido, aire o gas que se pierde bajo una serie de condiciones determinadas. Por tal razón es importante establecer tanto las tasas de fuga como las condiciones operativas a

fin de realizar una detección adecuada en el sistema; para tal fin, existen métodos y técnicas.

3.6.2.1 DETECCIÓN DE FUGAS POR INFRARROJOS

Este detector de fugas utiliza una célula sensor de absorción infrarroja, extremadamente sensible a todos los refrigerantes, incluso con las más nuevas mezclas HFC.

Puede ofrecer diferentes niveles de sensibilidad ajustables y especialmente modo de contaminación para pequeñas fugas. Su manejo es práctico ya que su fuente de energía es una batería recargable de litio.



Figura 3-4: Detección de fugas de refrigerantes con detector infrarrojo.

3.6.2.2 MÉTODO DE PRUEBA CON JABÓN O BURBUJA

Consiste en aplicar con la ayuda de un pincel una mezcla de agua y jabón sobre los puntos del sistema susceptibles a presentar fuga de gas. Es muy efectiva en exteriores, ya que no le afecta el viento.

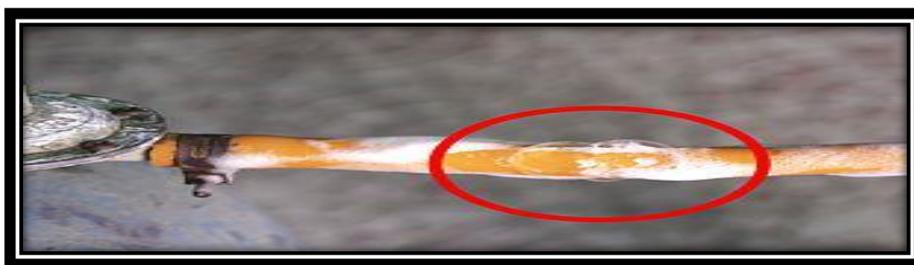


Figura 3-5: Fuga detectada con la aplicación de agua jabonosa.

3.6.2.3 DETECCIÓN ELECTRÓNICA

Si el sistema está presurizado, se tienen que limpiar todas las áreas donde se sospecha que se encuentra la fuga. Se debe de lijar el tubo, quitar pintura, restos de soldadura, aceite, grasa o agua. Estas últimas tres sustancias pueden contaminar la nariz del detector electrónico, ocasionando que éste se descomponga o envíe falsas alarmas o lecturas de detección de gas. En el caso del detector de propano, pueden ocasionar el cambio de color de flama y, al igual que el anterior, enviar falsas alarmas o lecturas de detección de gas.

El vapor se puede desplazar por debajo de una capa de pintura, o del aislante de la tubería, saliendo por otra parte, lejos de donde se encuentra originalmente la fuga.

Una fuga de gas refrigerante es más fácil de detectar, si se deja que ésta se acumule. Corrientes de aire pequeñas pueden disipar la fuga. En muchas ocasiones es muy recomendable que se envuelva el sistema refrigerante con película plástica auto adherente para acumular ahí el gas, ya que de lo contrario va a ser muy difícil localizar la fuga.

Este es el sistema más confiable para la detección de pérdidas de gases refrigerantes, supera ampliamente al nitrógeno, ya que permite localizar pequeñas fugas, que escapan a simple vista, además se evita forzar con excesiva presión, lo que provoca fugas innecesarias.

3.6.2.4 TRAZADOR FLUORESCENTE

Este método se basa en la utilización de un medio contrastante o trazador el cual se inyecta en el sistema y mediante una lámpara de luz azul o negra se apunta a la mirilla del cárter para determinar si se tiene suficiente trazador. Cuando la mirilla cambia de tonalidad a un color fluorescente, entonces se comienza a hacer el recorrido por todo el sistema hasta localizar la fuga. Generalmente se deben esperar cuatro horas para darle tiempo al trazador de que penetre en la o las fugas y se puedan localizar con éxito.

Actualmente existen gases refrigerantes que ya vienen precargados con el trazador, así que solamente se tendría que cargar el sistema con éstos y más tarde revisar el sistema. Tales versiones están liberadas y aprobadas para usarse en sistemas de aire acondicionado automotriz y sistemas de refrigeración o media temperatura que utilizan R-134a.

Permite encontrar cualquier fuga de refrigerante de manera rápida y fiable. Mediante el uso de un aditivo colorante, miscible con cualquier tipo de aceite presente en la instalación, se mancha el lugar de fuga por donde escapa junto con el gas refrigerante. Esta mancha es visible gracias a la utilización de una lámpara y en ocasiones es necesario el uso de lentes especiales.



Figura 3-6: Equipo para detección fluorescente.

Este método presenta diversas ventajas frente a los demás, algunas de ellas son:

- Al aditivo es miscible con cualquier gas refrigerante, de forma que se podrá utilizar tanto en instalaciones que funcionan con aceite mineral como las que funcionan con aceite polioléster.
- El reducido tamaño y el ligero peso de la lámpara permite acceder fácilmente a lugares donde no nos permite acceder la lámpara tradicional.
- El funcionamiento de la lámpara mediante baterías permite un uso de la misma menos limitado que la lámpara tradicional, donde el cable a la corriente limitaba los movimientos a realizar

CAPÍTULO 4: CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS Y EQUIPOS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE

Cada día es más importante la recuperación y el reciclaje de los refrigerantes, para evitar que las emisiones de gases afecten al medio ambiente. Para eso se emplean unidades de recuperación que extraen el gas de la instalación, lo deshidratan y extraen el aceite. Después este gas se puede emplear otra vez o almacenarse para su destrucción en el caso de los CFC y los HCFC.

4.1 RECUPERACIÓN

Recuperar es extraer un fluido frigorífico de un sistema frigorífico con el fin de ser almacenado, reciclado, regenerado o transportado. Las operaciones de recuperación implican la utilización de tres clases de materiales:

- 1) Recipientes específicos.
- 2) Equipos de recuperación.
- 3) Materiales y herramientas conexas.

RECUPERAR EXIGE:

- Extracción del fluido frigorífico de una instalación frigorífica.
- Transvasar el fluido a un recipiente específico, que normalmente posee dos válvulas, una para líquido (roja) y otra para vapor (azul).

UTILIZAR UTENSILIOS AFINES PARA:

- a) Crear accesos a las tuberías.
- b) Conectar los recipientes.

Los equipos de recuperación pueden clasificarse en función de los modos de transvase, líquido o gaseoso, esto se describe más adelante en este capítulo.

Por lo tanto, todo refrigerante restante en el sistema se debe recuperar, en particular los refrigerantes CFC, HCFC o HFC, que de ser liberados sería dañino al medioambiente. Además, existen implicaciones de seguridad asociadas con la liberación de refrigerantes no inflamables.

En consecuencia, se debe usar una máquina de recuperación para recuperar el refrigerante existente y almacenarlo en un cilindro de recuperación aprobado para dicho refrigerante. Identifique el tipo y la calidad del refrigerante existente, para decidir si se recupera para fines de reciclaje o destrucción. La identificación se debe realizar, tomando en cuenta el tipo de refrigerante de la placa de datos, comparando con el método de presión/temperatura/o con el uso de un identificador de refrigerante. Se debe prestar especial atención, para evitar mezclar refrigerantes y el sobrellenado del cilindro. Finalmente, marque el cilindro correctamente después del uso.

Además, es importante saber que si se recupera refrigerante HC (Hidrocarburo), la máquina de recuperación debe ser adecuada para uso con refrigerantes inflamables.

Muchas compañías han desarrollado el equipo necesario para los técnicos de servicio, a fin de evitar la liberación innecesaria de clorofluorocarbonos a la atmósfera. Los equipos para recuperación y manejo de refrigerante, pueden dividirse en tres categorías:

- 1) Recuperación: Unidad que recupera o remueve el refrigerante.
- 2) Recuperación/Reciclado (R y R): Unidad que recupera y recicla el refrigerante.
- 3) Reproceso: Unidad que reprocesa el refrigerante dentro de las normas de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

4.2 RECICLADO

Proceso que consiste en limpiar el refrigerante removiendo el aceite, la humedad, la acidez y la presencia de sólidos pasando el refrigerante por múltiples dispositivos como filtros deshidratadores con el objetivo de reutilizar el refrigerante.

En el caso de los refrigerantes, el reciclado normalmente entraña la recarga en el equipo. El termino reciclar usualmente se aplica a los procedimientos que se pueden implementar en sitio o en el taller de servicio.

4.3 REGENERAR

Es el reproceso de un refrigerante hasta que alcance las especificaciones de un refrigerante virgen. La reelaboración y purificación de una sustancia controlada recuperada mediante mecanismos como el filtrado, el secado, la destilación y el tratamiento químico a fin de restablecer el estándar de rendimiento especificado de las sustancias.

El termino regenerar implica en la mayoría de los casos el uso de procesos que solamente se pueden ejecutar en un equipo de reproceso o en las plantas productoras de refrigerantes.

4.4 ESTÁNDAR ARI 700 (INSTITUCIÓN AMERICANA DE REFRIGERACIÓN)

Este estándar nos brinda la información de las especificaciones que deben cumplir los refrigerantes regenerados para la gran mayoría de los refrigerantes utilizados en la industria de la refrigeración y aire acondicionado.

Cuando un refrigerante pasa por un proceso de regeneración éste debe pasar por un análisis que determine la composición química y el grado de contaminantes que tiene el producto final, la norma 700 del ARI (American Refrigeration Institute) indica las cantidades máximas de contaminantes que debe tener un refrigerante para considerarlo un refrigerante nuevo.

4.5 REUTILIZACIÓN DE REFRIGERANTES EN SITIO

Existen dos procedimientos con los cuales los técnicos pueden reutilizar el refrigerante sin salir del taller de servicio, estos son:

- 1) Recuperar el refrigerante y recargarlo en el mismo equipo. Esta práctica es aceptada cuando las condiciones del refrigerante son buenas porque se presume que el equipo donde estaba contenido operaba normalmente antes de extraer el refrigerante.
- 2) Recuperar el refrigerante y reciclarlo. Es una práctica común entre muchos técnicos de refrigeración y aire acondicionado, solo se debe tener una máquina recicladora de refrigerantes en el sitio para poder lograr la limpieza correcta del refrigerante, es importante insistir que si mezclas dos refrigerantes con diferente número de ASHRAE por más de una relación 98/2 en porcentaje en peso, esta mezcla sería imposible reciclar.

4.6 PROCEDIMIENTOS PREVIOS A LA RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES

- Antes de iniciar cualquier procedimiento de recuperación de refrigerantes de un sistema, se debe identificar el tipo de refrigerante que se va a extraer. Existen procedimientos específicos para identificar los refrigerantes pero mucho cuenta la experiencia del técnico para saber qué tipo de refrigerante está en el sistema. Es importante la identificación porque no se deben mezclar refrigerantes.
- El cilindro de recuperación debe ser apropiado para esta tarea, no se recomienda utilizar cilindros desechables para este fin porque estos envases están diseñados para usarse solo una vez. Los cilindros de recuperación de refrigerantes deben de cumplir con las normas DOT donde se especifique la presión máxima de trabajo la fecha de construcción del envase y la fecha recomendada para realizar pruebas de resistencia. En la figura que se presenta a continuación se observa un envase para recuperación con doble válvula y deben estar pintados de color amarillo en la parte superior y de gris en la parte inferior .
- Si el cilindro está vacío, se recomienda que se le realice un vacío de 1,000 micrones para asegurar que no contenga humedad u otros contaminantes el envase.
- Si el cilindro no está vacío, se debe estar seguro que refrigerante contiene para evitar contaminación cruzada si se le agrega otro tipo de refrigerante. En este caso es importante utilizar un medio de enfriamiento que ayude al trasvase de refrigerante del sistema al cilindro, esto puede ser colocando el cilindro en una cama de hielo para bajar la temperatura

del mismo y de esa forma mantener una presión baja en el cilindro facilitando la transferencia de refrigerante del sistema al cilindro.

- La máquina recuperadora que se utilice puede ser con aceite o libre de aceite, realmente no hay mucha diferencia en el refrigerante recuperado si se utiliza una u otra.

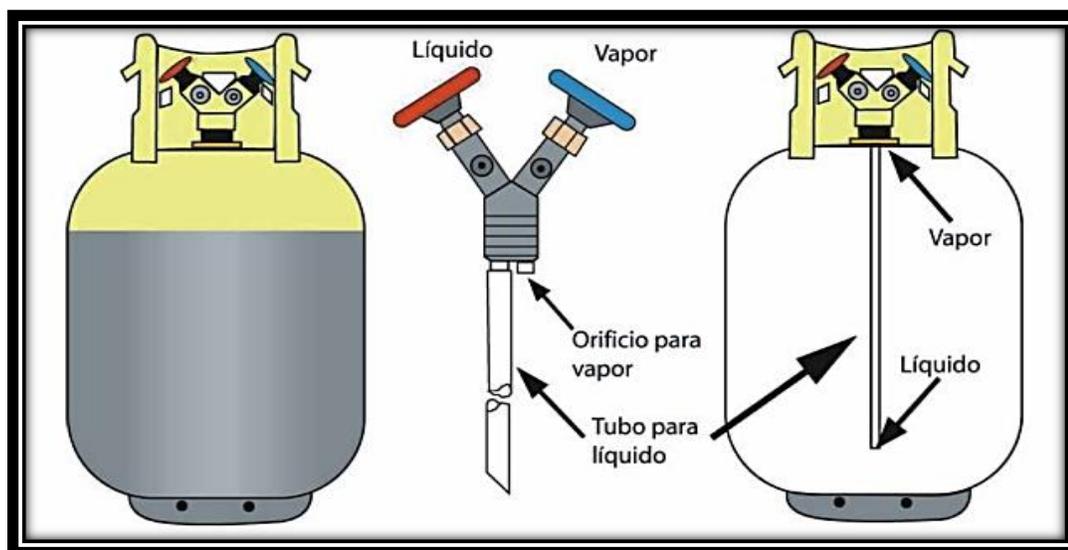


Figura 4-1: Cilindro de Recuperación de Refrigerantes.

4.7 PROCESO PARA LA RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES

Durante el proceso de recuperación, el refrigerante es removido del sistema en forma de vapor, utilizando la fuerza succión de la máquina recuperadora.

La recuperación es similar a la evacuación de un sistema con una bomba de vacío. Los procedimientos varían con cada fabricante. Básicamente, la manguera se conecta a un puerto de acceso en el lado de baja, hacia la válvula de succión de la unidad recuperadora. Una vez que la manguera de salida está conectada, el dispositivo de recuperación se arranca y comienza la recuperación. Algunas unidades tienen una señal para indicar cuando el proceso de recuperación ha terminado. Esto significa que el equipo de recuperación no está procesando más vapor. En algunas ocasiones, el dispositivo de recuperación cierra automáticamente el sistema de vacío.

Cuando se ha completado la recuperación, se cierra la válvula del lado de baja. El sistema deberá asentarse por lo menos 5 minutos. Si la presión se eleva a 10 psi o más, puede significar que quedaron bolsas de refrigerante líquido frío a través del sistema, y puede ser necesario reiniciar el proceso de recuperación.

Puesto que es mucho más rápido recuperar el refrigerante en fase líquida, que en fase vapor, el técnico puede preferir una máquina que remueva el refrigerante líquido. Muchas máquinas son diseñadas para llevar a cabo este proceso usando cilindros para refrigerantes normales. Algunas unidades de transferencia pequeñas, utilizan cilindros de recuperación especiales, que permiten al técnico remover refrigerante líquido y vapor.

Para remover refrigerante mediante el concepto de transferencia de líquido, las unidades de recuperación requieren un cilindro con válvula de dos puertos.

La unidad de transferencia succiona el vapor de refrigerante de la parte superior del cilindro, y presuriza la unidad de refrigeración. La diferencia de presión entre el cilindro y la unidad, transfiere el refrigerante líquido hacia el cilindro. Una vez que se ha removido el líquido, el vapor restante es removido al cambiar las conexiones.

Se recomienda cambiar el aceite del compresor de la unidad de recuperación, después de la recuperación de un sistema quemado, o antes de la recuperación de un refrigerante diferente. También se recomienda que el filtro deshidratador se reemplace, y que las mangueras se purguen, antes de transferir un refrigerante diferente.

El técnico deberá asegurarse que no se sobrellene el cilindro. Lo normal es llenarlo al 80% de su capacidad. Conforme se va llenando el cilindro, deberá observarse la presión. Si la unidad de recuperación cuenta con indicador de líquido y humedad, deberá notarse cualquier cambio que ocurra. Si el técnico utiliza un sistema que sólo recupera el refrigerante, la recarga puede llevarse a cabo de muchas maneras.

4.8 MÉTODOS PARA LA RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES

Cuando se va a realizar un servicio de mantenimiento o reparación de un equipo, en la mayoría de los casos se debe recuperar el refrigerante que representa el primer paso del trabajo a realizar. Como se mencionó anteriormente este proceso consiste en extraer el refrigerante del equipo y trasladarlo a un recipiente externo diseñado especialmente para almacenar refrigerante usado. Existen cuatro métodos principales para la recuperación de refrigerantes, y son los siguientes.

4.8.1 RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE EN FASE LÍQUIDA

El tipo de recuperación en fase líquida generalmente se utiliza cuando los equipos son muy grandes y el volumen de refrigerante es también considerable. En algunos casos se puede extraer el refrigerante del tanque receptor con bombas centrífugas o bombas neumáticas y enviarlas directamente a los tanques de recuperación.

Debido a que cuando se recupera en fase líquida siempre queda una fase de vapor, en los siguientes ítems se trata un poco más a detalle las diferentes formas de recuperación en fase de vapor que de alguna forma se relacionan con la recuperación en fase líquida.

4.8.2 RECUPERACIÓN EN FASE DE VAPOR - LÍQUIDO

Es un proceso sencillo que puede ser utilizado en cualquier sistema siempre que no contenga cantidades de refrigerante mayores a los 9 Kg de carga, para los sistemas de cargas superiores se sugiere el procedimiento "pushpull" que se explicará en las siguientes secciones de este capítulo.

Para llevar a cabo este procedimiento se recomienda quitar los pivotes de las válvulas para acelerar el proceso de extracción y como en todas las otras variedades de extracción de refrigerante también se recomienda utilizar mangueras con válvulas de bola manuales integradas a las mangueras para evitar mayores derrames de refrigerante. En la figura siguiente se muestra el arreglo de conexiones para realizar este proceso.

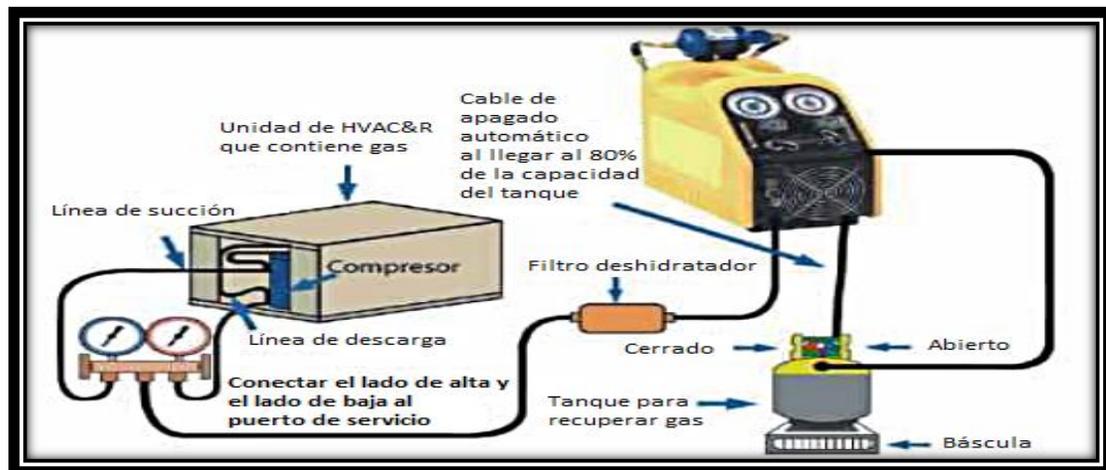


Figura 4-2: Método Recuperación Líquido – Vapor.

4.8.2.1 RECUPERACIÓN EN FASE DE VAPOR - LÍQUIDO CUANDO EL COMPRESOR NO ESTA OPERANDO

En este proceso se recomienda calentar el sistema con lámparas para evaporar el refrigerante diluido en el aceite del sistema. El presente diagrama muestra la forma de conectar el sistema para la recuperación.

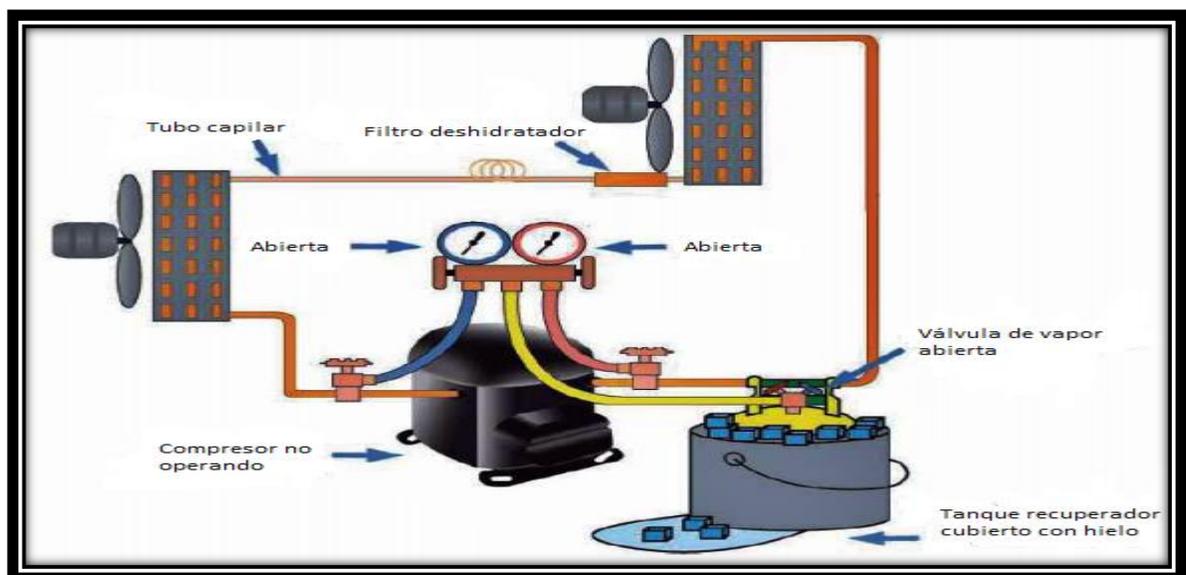


Figura 4-3: Recuperación de vapor cuando el compresor no trabaja.

Se debe tomar en cuenta algunas observaciones en este proceso:

- Se deben instalar válvulas del lado de alta y baja presión el refrigerante se extrae y se condensa en el cilindro recuperador, este proceso está aprobado por la EPA.
- Se estima una recuperación del 80% del refrigerante debido que parte del refrigerante se recupera en fase líquida y otra parte en fase de vapor.
- Es importante extraer el refrigerante de ambos lados.

4.8.2.2 RECUPERACIÓN EN FASE VAPOR - LÍQUIDO CUANDO EL COMPRESOR SI ESTÁ OPERANDO

En este proceso se aprovecha la fuerza del compresor para la extracción del refrigerante, no es necesario calentar el sistema porque la presión del compresor mueve el refrigerante hacia afuera del sistema.

- Solo se instala una válvula del lado de alta presión.
- Este proceso también está aprobado por la EPA y recupera más del 90% del refrigerante del sistema.

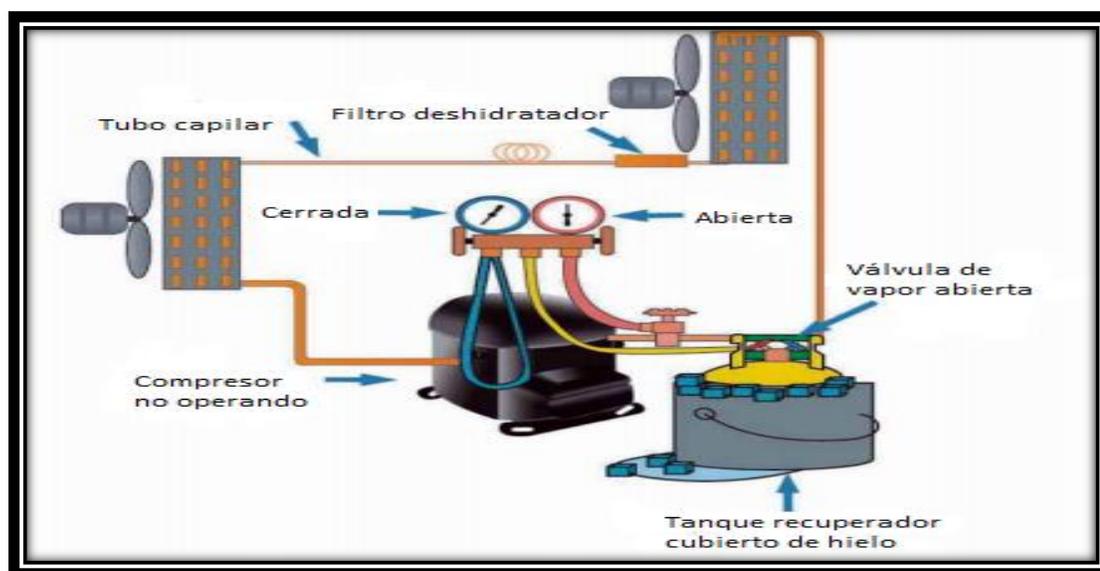


Figura 4-4: Recuperación de vapor cuando el compresor está operando.

4.8.3 RECUPERACIÓN EN FASE DE VAPOR

La recuperación de refrigerantes en fase de vapor es un poco más lenta y por consecuencia involucra un mayor tiempo para evacuar sistemas. Cuando los sistemas son grandes y en el diseño existen largos tramos de tubería la práctica de recuperación en fase de vapor no es recomendada pero en sistemas pequeños fraccionarios y hasta de 5 toneladas de refrigeración la recuperación en vapor puede ser una solución factible.

Para este proceso se requiere que las mangueras tradicionales de 1/4" de diámetro deban ser sustituidas por mangueras de 3/8" de diámetro que ayudaran al proceso de recuperación. En este proceso se utilizará una maquina recuperadora que absorberá el refrigerante en fase de vapor y lo condensará para trasladarlo al cilindro de recuperación.

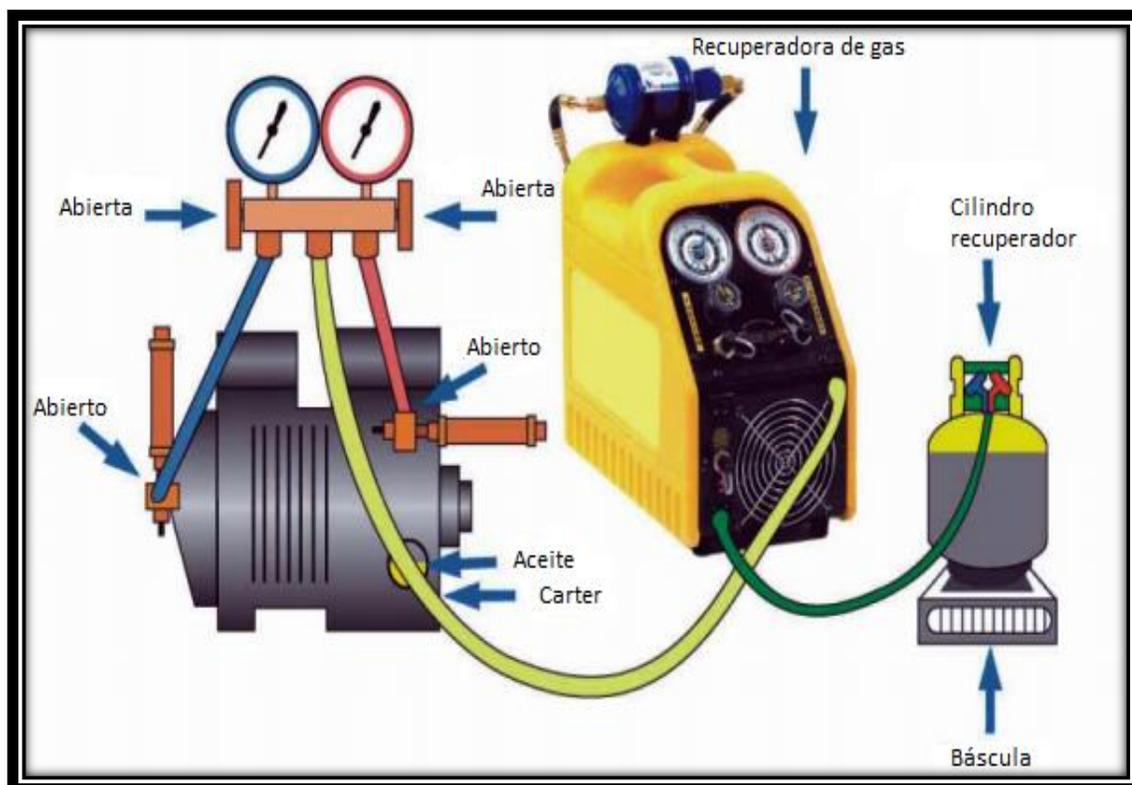


Figura 4-5: Recuperación en fase de vapor.



Figura 4-6: Ejemplo de recuperación en fase de vapor.

4.8.4 MÉTODO PUSH-PULL DE RECUPERACIÓN LÍQUIDA

Este proceso es utilizado cuando se tienen equipos de gran tamaño donde la extracción del refrigerante puede involucrar un tiempo considerable por la cantidad contenida en el sistema.

La operación de “jalar/empujar” se lleva a cabo utilizando el vapor del cilindro para empujar el refrigerante líquido fuera del sistema. Se conecta una manguera desde el lado del líquido de la unidad cuyo refrigerante se desea extraer a la válvula del líquido del cilindro de recuperación. Se conecta otra manguera de la válvula de vapor del cilindro recuperador hacia la succión de la maquina recuperadora y una tercer manguera se conecta de la descarga de la maquina recuperadora hacia el puerto de vapor del sistema.

Se debe asegurar que el sistema debe estar fuera de operación para llevar a cabo este trabajo que consiste en arrancar la maquina recuperadora

que succionará el vapor del cilindro de recuperación que a su vez retirará el líquido del equipo. El vapor succionado por la maquina será comprimido y enviado al sistema “empujando” el refrigerante líquido al cilindro recuperador, así seguirá hasta conseguir recuperar cerca del 90% del refrigerante. Es importante tomar en cuenta que cuando el líquido ya se ha extraído en su totalidad, se debe hacer un arreglo de tubería para extraer el vapor residual del sistema.

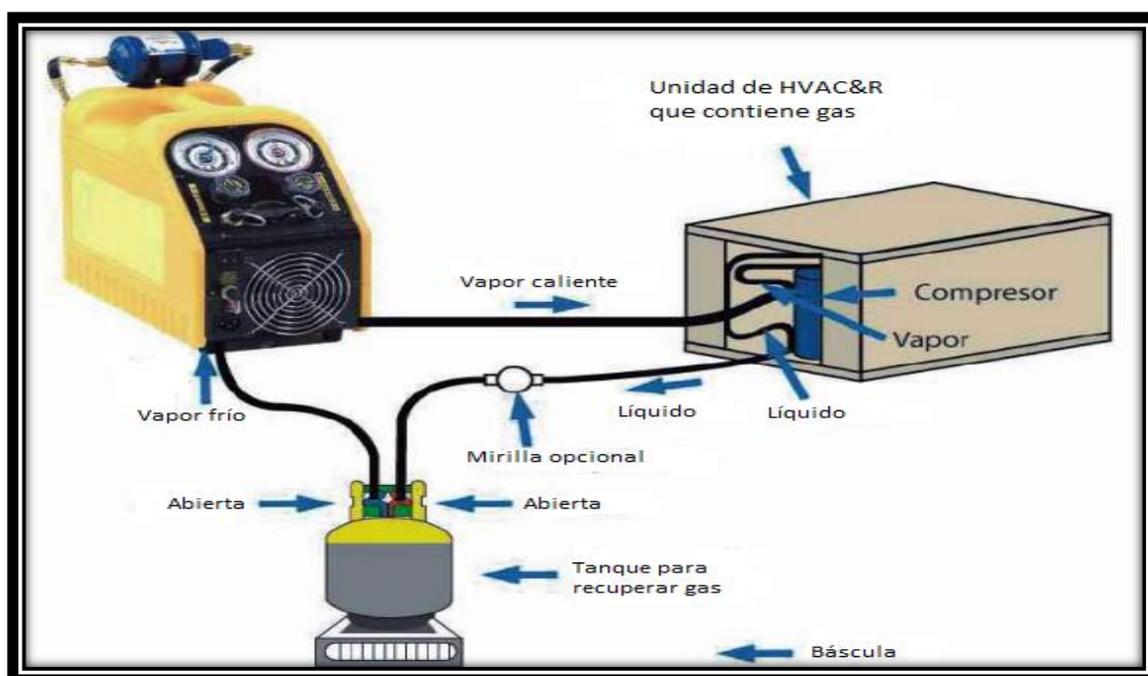


Figura 4-7: Diagrama de recuperación Push-Pull.

Se tienen algunas observaciones para aplicar este procedimiento:

- Es importante utilizar un visor (mirilla) para observar cuando el líquido sea removido.
- Se utilizará en este proceso las tres mangueras del manifold.
- No se debe utilizar si la carga de refrigerante del equipo es menor de 9 Kg.
- No se debe utilizar si el equipo es una bomba de calor u otro sistema donde el refrigerante pudiera quedar aislado.



Figura 4-8: Recuperación de refrigerante mediante push-pull.

4.9 CILINDROS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE

Los cilindros de recuperación de refrigerante deberán ser del tipo reutilizable, y preferiblemente deberán contar con sensor de límite de llenado para evitar que se sobrepase el límite de seguridad inadvertidamente.

El contar con cilindros adecuados para la recuperación es indispensable, ya que con ello se asegura un mejor control de la recuperación y un manejo seguro del refrigerante. Los cilindros de recuperación en general son cilindros de media presión calibrados para soportar una presión de aproximadamente 300 psi.

Los cilindros de recuperación se identifican por la banda amarilla pintada en la sección superior de estos. Dichos cilindros son entregados al usuario por primera vez totalmente deshidratados y al vacío; por lo tanto, cuando se los emplea por primera vez es de suma importancia que se les designe con una etiqueta permanente que indique claramente el refrigerante recuperado, a fin de evitar que se produzcan inadvertidamente mezclas.

Los cilindros para recuperar refrigerante deben de cumplir con las especificaciones DOT. Los pequeños (13.6 Kg y 22 Kg) están pintados de amarillo en el área del hombro del tanque (guarda de la válvula "Y") como se mencionó anteriormente. El resto del cilindro debe ser de color gris. Sólo los cilindros para recuperar gas están identificados para utilizar refrigerantes usados. No utilizar cilindros diseñados para refrigerantes nuevos.

Mantenga una ficha que indique la cantidad y condición del refrigerante recuperado en ese cilindro que le permita llenar posteriormente los formularios de reporte que sean necesarios para el control posterior de refrigerante recuperado.

Se recomienda antes de utilizar el cilindro de recuperación, realizarle un vacío a 1000 micrones.



Figura 4-9: Cilindro para Recuperación de Refrigerante.

Los fabricantes de gases refrigerantes los envasan en cilindros de colores, respetando el código de colores de ARI (American Refrigeration Institute); que a su vez utiliza el lenguaje PMS (Pantone® Matching System) que es un lenguaje internacional de impresión que se utiliza para los colores. El ARI asigna los colores de acuerdo con el Standard 34 de ASHRAE siguiendo la clasificación que se vio en el capítulo 1; apartado 1.9.9.

4.9.1 MANIPULACIÓN SEGURA DEL REFRIGERANTE RECUPERADO

Antes de rellenar un cilindro se deben buscar signos de daños. No se debe de rellenar un cilindro deteriorado. Tampoco se debe rellenar un cilindro que ya caducó. No deben rellenarse cilindros con más de 5 años de uso.

Los refrigerantes en fase líquida, usados o recuperados, se expanden cuando son expuestos a altas temperaturas. Si el cilindro se sobrecarga, la expansión térmica del líquido puede romperlo.

4.10 DESTRUCCIÓN DE REFRIGERANTES

La tendencia del mercado de los refrigerantes es la reutilización de los mismos utilizando procesos de reciclado y regeneración, pero estos dos procesos no son posibles si se mezclan los refrigerantes.

Una mezcla de dos refrigerantes con diferente número de ASHRAE que sea mayor del 2% de concentración ya no es posible reciclarla ni regenerarla, por esa razón el proceso de recuperación de refrigerantes es de vital importancia para el reúso de los refrigerantes.

Como ejemplo a lo anterior se puede citar el caso en donde se tenga un cilindro de refrigerante R-22 y por descuido se agrega una cantidad de R-12, esta mezcla de refrigerantes no puede ser reciclada si la cantidad de R-12 en el volumen total de la mezcla es mayor al 2%.

Cuando se tienen mezclas de refrigerantes por ejemplo 40% de R-12 y 60% de R-134a o cuando un refrigerante por sus características no es posible su limpieza debido a su alta acidez o contenido de aceite, éstos deben ser

destruidos; actualmente existen ya tecnologías disponibles para la destrucción de refrigerantes las cuales ha sido aprobadas por el Panel de Evaluación Técnica y Económica (TEAP) del Protocolo de Montreal. En la siguiente tabla se mencionan las diferentes tecnologías aprobadas de destrucción de refrigerantes.

Tabla 4-1: Tecnologías de Destrucción de CFCs y HCFCs.

Tecnología De Destrucción De Refrigerantes CFC_s Y HCFC_s	Dictamen De La Evaluación Del TEAP
Eficacia de destrucción y eliminación (EDE)	99.99%
Hornos de cemento	Aprobada
Incineración por inyección líquida	Aprobada
Oxidación de gases / humos	Aprobada
Craqueo en reactor	Aprobada
Incineración en horno rotatorio	Aprobada
Arco de plasma de argón	Aprobada
Plasma de radiofrecuencia inductivamente acoplado	Aprobada
Plasma de microondas	Aprobada
Arco de plasma de nitrógeno	Aprobada
Deshalogenación catalítica en fase gaseosa	Aprobada
Reactor de vapor supercalentado	Aprobada

4.11 TECNICAS PARA REALIZAR UN CAMBIO DE REFRIGERANTE

4.11.1 SUSTITUCIÓN

Consiste en la eliminación de un refrigerante CFC cambiando exclusivamente el filtro deshidratador y el refrigerante.

Es decir, no implica cambios al sistema, o los cambios son mínimos derivados del cambio de refrigerante por lo cual tiene un costo inicial bajo. Además, es un procedimiento relativamente sencillo y rápido pues no requiere modificaciones del sistema.

4.11.2 RE-EQUIPAMIENTO

Consiste en la eliminación de un CFC mediante cambio de refrigerante, filtro deshidratador y el aceite del compresor.

Por lo tanto, no es más que el reemplazo de refrigerante mediante modificaciones en el sistema de frío. Se aplica en equipos relativamente nuevos. La evaluación de los costos iniciales y operacionales de “retrofit o re equipamiento” sobre la vida útil remanente de unidades usadas debe ser sustancialmente baja comparada con los costos iniciales y operacionales de nuevos equipos.

4.11.3 REEMPLAZO

Consiste en la eliminación de CFC cambiando el compresor, la válvula de expansión termostática y el filtró deshidratador.

El Reemplazo a través de un programa de incentivos tiene un alto potencial de eliminación de CFC, de ahorro energético y los costos son reducidos para todos los actores. En esta iniciativa, una institución gubernamental o financiera promueve el reemplazo de las unidades viejas. Por otra parte, esta iniciativa se basa en un escenario donde todos ganan. El distribuidor y el fabricante proveen asistencia técnica y económica a cambio de un potencial de ventas incrementado, y el usuario final recupera los costos iniciales del refrigerador a través de una factura reducida de electricidad, incrementándose de este modo la introducción de refrigeradores con tecnologías alternativas.

Para identificar que técnica se utiliza de acuerdo al refrigerante que se cambiara en un sistema, revisar anexo 19.

CAPÍTULO 5: DISEÑO DEL EQUIPO RECUPERADOR DE REFRIGERANTE R-134a

5.1 JUSTIFICACIÓN PARA LA RECUPERACION DE REFRIGERANTE

Las sustancias como los clorofluorocarbonos (CFCs) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), al poseer cloro, reaccionan con la molécula del ozono produciendo una consecuencia fotoquímica en cadena, la cual acaba por romper la molécula de ozono, como se vio en el capítulo 1.

Este daño generado en buena medida por los CFCs y los HCFCs se debe a las malas prácticas ejecutadas por técnicos y profesionales quienes durante años e incluso actualmente liberan los gases refrigerantes a la atmósfera porque no saben qué hacer con él.

Pero estas malas prácticas no sólo se siguen implementando con estos gases clorados, sino también con los gases considerados de nueva generación como el R-410a y el R-134a, creados para sustituir a los CFCs y a los HCFCs, gracias a que su Potencial de Agotamiento de Ozono (PAO) es cero, pues no contiene cloro y por ello se sostiene que son refrigerantes definitivos. Sin embargo, tienen valores de Potencial de Calentamiento Global (PCG), lo que implica una influencia en el efecto invernadero.

No obstante, hay que tomar en cuenta que sin importar cuál sea el tipo de gas refrigerante que se utilice, se debe evitar hacer uso negligente de éste al dejarlo escapar a la atmósfera, ya que esta capa de gas acumula cada día múltiples partículas de contaminantes las cuales dificultan que parte de la radiación solar recibida por la Tierra, sea re-emitida al espacio, por lo que permanece en la atmósfera generando un sobrecalentamiento del planeta.

A propósito de lo dañino que pueden ser los gases refrigerantes, se han implementado una serie de políticas y medidas que conduzcan a revertir ese daño generado por estas sustancias.

En un mundo tan innovador como lo es la industria de la refrigeración y la climatización, las grandes empresas de este sector de la economía han impuesto normas y reglas, que han permeado hacia los poderes políticos de

diversas naciones, haciendo que las regulaciones respecto a los refrigerantes se hayan convertido en ley, las cuales generan sanciones para todas las personas que efectúen malas prácticas con estos gases.

Por lo cual, dado que no existe un refrigerante ideal por las grandes diferencias en las condiciones y necesidades para distintas aplicaciones, no existe un refrigerante único que universalmente sea adaptable a todas las aplicaciones. El diseño de sistemas y equipos de refrigeración depende en gran medida de las propiedades y características del refrigerante.

Dichos refrigerantes deben satisfacer muchos requerimientos, entre otros ser compatible con los materiales que están contruidos los sistemas, termodinámicamente presentar magnitudes favorables para el funcionamiento, químicamente estable en condiciones de funcionamiento normal, disponibilidad local, económicamente viables y cumplir con aspectos de seguridad según corresponda.

Por tanto, el escenario actual en este y muchos países es la problemática de no contar con un centro de recuperación y de disposición final para los refrigerantes recuperados.

Es por esta razón, con el presente proyecto se ha dotado a la escuela de ingeniería mecánica de la universidad de El Salvador con su propio equipo recuperador de refrigerante, con el fin de que esta no cuente solo con sistemas de refrigeración, sino que puedan estar aptos para poder capacitar al estudiantado sobre las buenas prácticas de refrigeración, que conllevan el manejo de equipos recuperadores de refrigerante.

Este está diseñado, específicamente para la recuperación de refrigerante R-134a, debido al alto impacto que este representa en problema del calentamiento global del planeta. Además, este es uno de los refrigerantes más comúnmente utilizados en la refrigeración domestica actual, por lo cual este podría ayudar a recuperar el refrigerante de equipos que sean desechados.

A raíz del surgimiento de nuevos refrigerantes, en el futuro el refrigerante R-134a será sustituido por refrigerantes más amigables con el medio ambiente, por lo cual su recuperación se convertirá en un requisito de carácter obligatorio.

5.2 CARACTERÍSTICAS DE R-134a

Al hablar sobre las características del refrigerante R-134a podemos iniciar mencionando que es un refrigerante que sustituye al R-12 en instalaciones nuevas. Como todos los refrigerantes HFC no daña la capa de ozono. Posee una gran estabilidad térmica y química, una baja toxicidad y no es inflamable, además de tener una excelente compatibilidad con la mayoría de materiales. Su clasificación es A1 grupo L1.

No es miscible con los aceites tradicionales del R-12 (mineral y alquilbencénico); en cambio su miscibilidad con los aceites poliésteres (POE) es completa, por lo que debe utilizarse siempre con este tipo de aceites.

El R-134a es un excelente refrigerante utilizado en una gran variedad de aplicaciones e incluso como componente de muchas de las mezclas HFC existentes en el mercado. Permite trabajar a presiones más bajas que el resto de HFC y es un producto muy eficiente energéticamente para temperaturas positivas y medias.

Algunas de las aplicaciones del R-134a son:

- Aire acondicionado de automóviles.
- Frigoríficos domésticos.
- Enfriadores de agua centrífugos.
- Bombas de calor.
- Cámaras de conservación.
- Transporte frigorífico.
- Refrigeración comercial.

5.2.1 TOXICIDAD Y ALMACENAMIENTO

R-134a es una sustancia con muy poca toxicidad. El índice por inhalación LCL0 de 4 horas en ratas es inferior a 500.000 ppm y el NOEL en relación a problemas cardíacos es aproximadamente 75.000 ppm. En exposiciones durante 104 semanas a una concentración de 10.000 ppm no se ha observado efecto alguno. Los envases de R134a deben ser almacenados en lugares

frescos y ventilados lejos de focos de calor. Los vapores de R134a son más pesados que el aire y suelen acumularse cerca del suelo.

5.2.2 FICHA TÉCNICA

Tabla 5-1: Propiedades físicas y químicas del R-134a.

Nombre químico	1,1,1,2- Tetrafluoroetano (R-134a)
Fórmula química	CH_2FCF_3
Peso molecular	102.03 g/mol
Punto de ebullición (a 1 atm ó 101.3 kPa ó 1,013 bar)	-26.1 °C
Punto de congelación	-103.3 °C
Temperatura crítica	101.1 °C
Presión crítica	4060 kPa ó 588.9 psig
Volumen crítico	$1.94 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ ó $0.031 \text{ ft}^3/\text{lb}$
Densidad crítica	515.3 kg/m^3 ó 32.17 lb/ft^3
Densidad del líquido (25 °C)	1206 kg/m^3
Densidad del líquido (0 °C)	1.293 kg/m^3
Densidad del vapor saturado (a punto de ebullición)	$5,25 \text{ kg/m}^3$
Presión de vapor (25 °C)	6.657 bar abs
Presión de vapor (0 °C)	2,92 bar abs
Calor de vaporización a punto de ebullición	217,2 kJ/kg
Calor específico del líquido (25 °C)(1,013 bar)	1.44 kJ/kg.K
Calor específico del vapor (25 °C)(1,013 bar)	0.85 kJ/kg.K
Viscosidad del líquido (25°C)	0.202 cP
Presión superficial (25 °C)	8,09 mN/m
Solubilidad del R-134a en agua (25 °C)(1,013 bar)	0.15 wt%
Capacidad volumétrica refrig. (-25 °C)	1192.11 kg/m^3
Inflamabilidad	No
ODP	0
PCA (GWP)	1430 *

El R-134a puede ser utilizado para reemplazar al R-11, R-12, y R-142b en muchas aplicaciones de espuma termoplástica. El R-134a puede ser utilizado como reemplazo del R-12 y R-141b en espumas termoestables. El R-134a tiene propiedades que son ventajosas para los productos de alto valor en uso y cumple con los requerimientos de los temas ambientales y de seguridad. El R-134a no es inflamable, tiene reactividad fotoquímica despreciable y baja conducción térmica del vapor.

5.2.3 FICHA DATOS DE SEGURIDAD

La ficha de seguridad que se presenta a continuación observa los estándares y requisitos reguladores de España y puede que no cumpla con los requisitos reguladores de otros países.

5.2.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

Información del Producto

- Nombre del producto: DuPont™ SUVA® 134a Refrigerant.
- Tipos: ASHRAE Refrigerant number designation: R-134a.
- Empleo de la Sustancia/Preparación: Refrigerante.
- Compañía: DuPont de Nemours (Nederland) B.V. Baanhoekweg 22 NL-3313 LA Dordrecht The Netherlands.

5.2.3.2 COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Nombre químico de la sustancia: 1,1,1,2-Tetrafluoroethane(R134a).

Tabla 5-2: Información sobre componentes del refrigerante R-134a.

Nombre del químico	No. CAS	No. CE	Clasificación	Concentración [%]
1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R134a)	811-97-2	212-377-0		100

5.2.3.3 IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS

La rápida evaporación del líquido puede producir congelación. Los vapores son más pesados que el aire y pueden producir asfixia al reducir el oxígeno en el aire respirado.

5.2.3.4 PRIMEROS AUXILIOS

- Consejo general: En caso de inconsciencia, mantener en posición ladeada y pedir consejo médico. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. En caso de respiración irregular o parada respiratoria, administrar respiración artificial. En el caso de molestias prolongadas acudir a un médico.
- Inhalación: Salir al aire libre. Mantener al paciente en reposo y abrigado. Puede ser necesaria la respiración artificial y/o el oxígeno.
- Contacto con la piel: Lavar con agua caliente. Quítese inmediatamente la ropa contaminada.
- Contacto con los ojos: Enjuagar a fondo con abundancia de agua, también debajo de los párpados. Consultar un médico.
- Tratamiento: No dar adrenalina o drogas similares.

5.2.3.5 MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Peligros específicos para la lucha contra el fuego: aumento de presión.

- Equipo de protección especial para los bomberos: En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.
- Información adicional: Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores. Enfriar recipientes / tanques con pulverización por agua.

5.2.3.6 MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

- Precauciones personales: Evacuar el personal a zonas seguras. Ventilar la zona.

- Precauciones para la protección del medio ambiente: No debe liberarse en el medio ambiente.
- Métodos de limpieza: Se evapora.

5.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL R-134a

5.3.1 VENTAJAS

El refrigerante R-134a es un nuevo refrigerante ofrece varias ventajas gracias a que es respetuoso con el medio ambiente.

Podemos iniciar mencionando que su ODP (potencial de agotamiento del ozono) es cero, por lo que no causa ningún daño a la capa de ozono. Esto es posible dado que no contiene átomos de cloro, los cuales son altamente nocivos de la capa de ozono.

Este refrigerante presenta la característica de ser seguro de utilizarse, ya que es ignífugo, no explosivo, no tóxico, no irritante y no corrosivo.

En comparación con el R12, el R134a tiene una mejor conductividad de calor. Esto reduce considerablemente el consumo de refrigerante. Además, ambos tienen una conductividad térmica similar, así que la modificación de su sistema de refrigeración es mucho más fácil.

También es de mencionarse que el refrigerante R134a no tiene ningún olor extraño y es particularmente adecuado para sistemas de refrigeración de automóviles. Su punto de ebullición es -26.2°C , y su pureza es superior a 99.9%. Su humedad es menor al 0.001%, por lo que su sistema de refrigeración está libre de corrosión. El contenido de ácido del refrigerante R134a es menor al 0.00001%, y el residuo de la evaporación es menor al 0.01%, y es compatible con la mayoría de materiales.

Por último, el R-134a trabaja a presiones más próximas a lo ideal, ya que su presión de evaporación es muy baja (9.1 psig a -15°C), sin llegar al vacío, y su presión de condensación no es tan alta (96.6 psig a 30°C), por lo que no requiere un equipo muy robusto.

5.3.2 DESVENTAJAS

El refrigerante R-134a tiene un factor de 0 ODP (potencial destructivo de la capa de ozono) y pero posee un valor de 1300 GWP (Potencial de Calentamiento Global).

En un principio han sido considerados como ecológicos, por no ser dañinos para la capa de ozono atmosférico. La presencia de flúor en su composición provoca que al ser emitidos contribuyan al aumento del calentamiento de la atmósfera (efecto invernadero). Por esta razón, tendrán que ser sometidos a restricciones en cuanto su uso para reducir al mínimo sus emisiones y de esta forma paliar sus efectos.

Debido a que el R-134a posee una influencia elevada en el efecto invernadero; significa que en el futuro, sus instalaciones estarán afectadas por las reglamentaciones relacionadas con el ambiente.

Además, el refrigerante R-134a en estado líquido, al igual que el refrigerante R-22, pueden absorber mucha más cantidad de agua que el refrigerante R-12; por lo tanto será menos recomendable para sistemas de baja temperatura por la posibilidad de bloqueo del tubo capilar debido a la formación de hielo. Sin embargo, esto no reduce la necesidad de un sistema deshidratado.

También es de mencionar que el R-134a puede ser incompatible con el teflón, caucho, silicona, cinc, magnesio, plomo y magnesio. Al estar constituidos por moléculas mucho más pequeñas que las de los refrigerantes antiguos, las probabilidades de fugas son mucho mayores. Esta particularidad hace que se deban extremar las medidas para asegurar la estanqueidad de las instalaciones.

5.4 MÉTODO DE RECUPERACIÓN SELECCIONADO

Como se vio en capítulo 3, Recuperar es extraer un fluido refrigerante de un sistema con el fin de ser almacenado, reciclado, regenerado o transportado.

Recuperar exige:

- Extracción del fluido refrigerante de una instalación de refrigeración.
- Trasvasar el fluido a un recipiente específico, que normalmente posee dos válvulas, una para líquido (roja) y otra para vapor (azul).

Por lo cual, se ha seleccionado el método de “transferencia de vapor para la recuperación de refrigerante R-134a”.

Este dispone de un compresor para el bombeo de refrigerante, sistemas de seguridad para su protección y una serie de manómetros y válvulas manuales, las cuales son utilizadas por el operador para desarrollar el proceso, donde inicialmente se debe seleccionar la condición (en nuestro caso vapor) del gas refrigerante en el ingreso al equipo de recuperación. Mediante los manómetros se puede reconocer el final del proceso (total extracción de refrigerante del sistema de refrigeración o climatización), para posteriormente realizar una auto limpieza al equipo de recuperación, característica general en estos equipos.

Para iniciar con el proceso de recuperación, una de las mangueras se conecta a un puerto de acceso en el lado de baja (válvula de succión) y el otro extremo hacia el sistema de donde se extraerá el refrigerante. Luego la segunda manguera se conecta desde la válvula de descarga hacia el cilindro recuperador de refrigerante. Una vez que la manguera de salida está conectada, el dispositivo de recuperación se arranca y comienza la recuperación. En algunas ocasiones, el dispositivo de recuperación cierra automáticamente el sistema de vacío.

Cuando se ha completado la recuperación, se cierra la válvula del lado de baja. El sistema deberá asentarse por lo menos 5 minutos.

Si la presión se eleva a 10 psi (0.68 bares) o más puede significar que quedaron bolsas de refrigerante líquido frío a través del sistema, y puede ser necesario reiniciar el proceso de recuperación.

Una vez la transferencia de líquido ha terminado, quedará todavía un poco de gas refrigerante en el sistema.

Para transferir todo el refrigerante al cilindro de recuperación, se conecta la manguera de aspiración de la unidad de recuperación a la tubería de gas del sistema de aire acondicionado y la manguera de la salida de descarga de la unidad de recuperación al cilindro de recuperación por el lado de la toma de gas.

Se hace funcionar la unidad de recuperación hasta que el manómetro de aspiración indique 0.6 bares o menos, en ese momento la recuperación se habrá completado.

En esencia se ha logrado explicar el prototipo de proyecto, por lo tanto, a continuación se procede a describir los elementos básicos que componen un recuperador de refrigerante en fase de vapor.

5.5 ELEMENTOS QUE COMPONEN LA UNIDAD RECUPERADORA

A continuación se describen los elementos que componen la unidad recuperadora según el método seleccionado.

5.5.1 ELEMENTOS FUNDAMENTALES

5.5.1.1 COMPRESOR

Es un dispositivo mecánico que bombea y comprime el fluido refrigerante, creando una zona de alta presión y generando el movimiento del refrigerante en el sistema.

Por tanto, la misión del compresor en el recuperador es succionar el gas y enviarlo al condensador aumentando su presión y temperatura para recuperarlo mediante la condensación y depositarlo en el cilindro asignado.



Figura 5-1: Compresor hermético seleccionado.

Se ha seleccionado un compresor hermético recíprocante como el que se utiliza en la mayoría de refrigeradoras. Por medio de este la compresión se obtiene por el desplazamiento de un pistón que se mueve de forma lineal, de atrás hacia adelante dentro de un cilindro, de tal manera que se reduce el volumen del cilindro donde se deposita el gas.

Tal efecto origina el incremento en la presión hasta alcanzar la presión de descarga, desplazando el fluido por medio de la válvula de salida del cilindro, que tiene unas válvulas que operan automáticamente por diferenciales de presión, como válvulas de retención para admitir y descargar gas. La válvula de admisión abre cuando el movimiento del pistón ha reducido la presión por debajo de la presión de entrada en la línea, mientras que la válvula de descarga se cierra cuando la presión en el cilindro no excede la presión de la línea de descarga, previniendo el flujo reverso.

Además, los compresores recíprocantes se deben alimentar con gas limpio, ya que no pueden manejar líquidos ni partículas sólidas en el gas, las cuales tienden a causar desgaste, y el líquido, como es no compresible, puede causar daños a las barras del pistón.

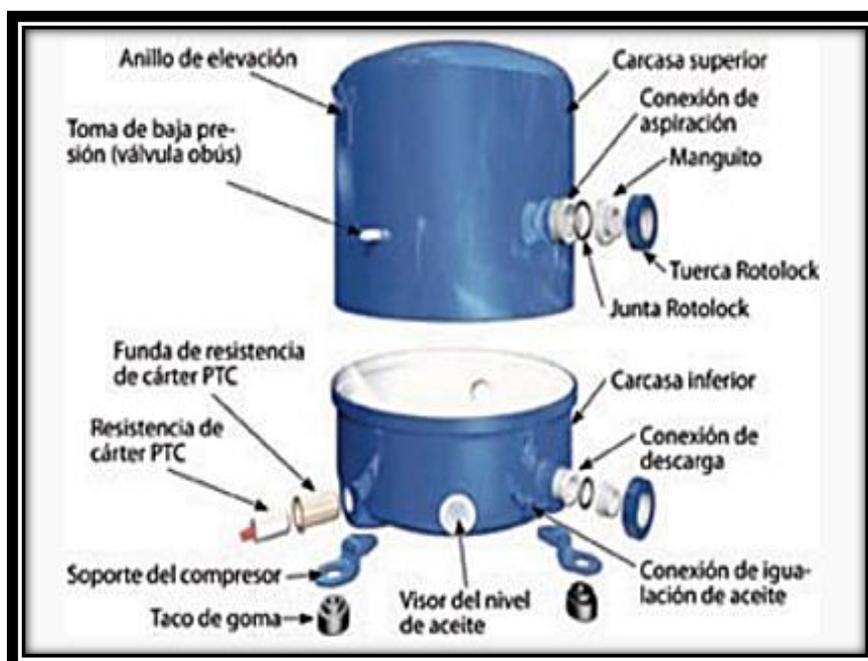


Figura 5-2: Cuerpo del compresor hermético recíprocante.

Tanto el motor como el compresor están dentro de la misma carcasa y es inaccesible. Estos van enfocados a pequeños equipos con carga crítica.

5.5.1.2 CONDENSADOR

El refrigerante es succionado por la unidad de recuperación en forma gaseosa. Después del proceso de compresión, el refrigerante entra al condensador a alta presión y alta temperatura, en forma gaseosa, allí con ayuda de un ventilador la temperatura del refrigerante se reduce y empieza el proceso de condensación, el cual sucede a presión constante. El objetivo es que el refrigerante salga del serpentín condensador en estado líquido y en lo posible con una temperatura menor de la temperatura de saturación a la presión de condensación.

Para el recuperador se ha optado por un condensador enfriado por aire. Este es un condensador típico, el cual se compone por un tubo con aletas en su exterior, las cuales disipan el calor al medio ambiente.

La transferencia se logra forzando grandes cantidades de aire fresco a través del serpentín mediante el uso de un ventilador, por lo general de tipo axial. El aire al ser forzado a través del condensador absorbe calor y eleva su temperatura.



Figura 5-3: Condensador enfriado por aire.

5.5.1.3 SEPARADOR DE ACEITE

En cualquier sistema de refrigeración, el refrigerante y el aceite están siempre presentes, por lo cual en nuestro recuperador de refrigerante no es la excepción.

El aceite ha de utilizarse exclusivamente para la lubricación del compresor.

Por lo cual, la función principal de un separador de aceite es separar el aceite del refrigerante y devolverlo al cárter del compresor antes de que afecte a otros componentes del sistema recuperador.

La eficiencia total de un sistema, se mejora considerablemente cuando se usa un separador de aceite y se trabaja a bajas temperaturas de evaporación.

El modo de funcionamiento del separador es el siguiente:

El refrigerante comprimido que contiene aceite en forma de neblina, pasa por un tubo que lo lleva hacia el separador, en este ingresa y choca en la placa deflectora de entrada cuyo diámetro es mayor que el tubo que lo transportaba, reduciéndose la velocidad del refrigerante.

Como las partículas del aceite tienen más impulso y menor fuerza para cambiar de dirección que el refrigerante, este choca contra la superficie de la placa deflectora escurriendo hasta el fondo y permaneciendo allí hasta que el nivel de aceite sube lo suficiente para abrir el flotador. En la salida, el refrigerante en forma de gas sube por un tubo que lo transporta hacia la entrada del condensador, por lo que las partículas más finas del aceite son recogidas y acumuladas al fondo del separador, donde se encuentra una válvula que está conectada al cárter de compresor, por donde el aceite finalmente es retornado al mismo.



Figura 5-4: Separador de aceite.

5.5.1.4 MOTO-VENTILADOR

Para el proceso de condensación es necesario que exista un intercambio de calor entre el refrigerante y el medio ambiente. Para que este proceso sea más eficiente, generalmente se hace convección forzada cruzando aire a alta

velocidad a través del serpentín del condensador, lo cual lo convierte en un condensador de convección inducida.



Figura 5-5: Moto ventilador.

5.5.2 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS Y DE CONTROL

5.5.2.1 VISOR DE HUMEDAD (INDICADOR LÍQUIDO-HÚMEDAD)

Los visores de humedad son un accesorio ampliamente utilizado en los sistemas de refrigeración, principalmente en refrigeración comercial y aire acondicionado. Es un dispositivo de metal con una mirilla de vidrio, que permite observar la condición del refrigerante. Anteriormente, se utilizaba como indicador de líquido únicamente, una simple mirilla. Posteriormente, surgió la idea de aprovechar esa ventana al interior para indicar humedad, y en la actualidad, todos los fabricantes lo hacen con ese doble propósito.



Figura 5-6: Visores de humedad.

Un indicador de líquido y humedad, es en realidad, la herramienta de mantenimiento preventivo más barata, que se puede instalar en el sistema de manera permanente. El indicador de líquido y humedad elimina la incertidumbre, de que el contenido de humedad del sistema pueda estar abajo de un nivel seguro, o lo suficientemente alto para causar problemas. También indica si falta refrigerante al sistema, o si hay alguna caída de presión en la línea de líquido.

Para realizar la primera función, o sea, indicación de humedad, cuentan con un elemento indicador. Este elemento sensor de humedad, consiste generalmente de un papel filtro poroso, impregnado con una sal anhidra de cobalto. Esta sal es única, en que tiene la capacidad de cambiar de color en presencia o ausencia de pequeñas cantidades de humedad. Este elemento está protegido contra aceite, lodo y suciedad, para que no pierda su propiedad; sin embargo, un exceso de humedad libre o una temperatura alta, pueden decolorarlo o dañarlo permanentemente. También, un exceso de aceite en el sistema, puede cambiar el color del elemento al color del aceite.

El elemento indicador está calibrado para que cambie de color, de acuerdo con lo que se consideran niveles seguros o inseguros de humedad. Como ya sabemos, los niveles de seguridad de humedad varían con cada tipo de refrigerante, y por lo tanto, los puntos de cambio de color en el indicador de humedad, también varían con cada refrigerante .

Para la instalación de la mirilla el punto preferido por fabricantes de equipos, por técnicos de servicio, es inmediatamente después del filtro deshidratador de la línea de líquido, con el objeto de estar verificándolo con relación a su capacidad de retención de agua.

Al instalar un filtro deshidratador nuevo, al arranque del compresor algunas veces puede ocurrir un cambio rápido de color. Aquí se recomienda dejar operar el equipo entre 10 y 12 horas, permitiendo que el sistema alcance un equilibrio, antes de decidir si requiere cambiar el filtro deshidratador.

5.5.2.2 FILTRO SECADOR

Un filtro deshidratador por definición, es un dispositivo que contiene material desecante y material filtrante para remover la humedad y otros contaminantes de un sistema de refrigeración.



Figura 5-7: Filtros deshidratadores de cobre domésticos y comerciales con deshidratante molecular MOLSIVXH9 de alta capacidad de retención de humedad.

La aplicación de los desecantes en los sistemas de refrigeración, se hace encapsulándolos en unos dispositivos mecánicos llamados filtros deshidratadores. Un filtro deshidratador está diseñado para mantener seca la mezcla de refrigerante y aceite, adsorbiendo los contaminantes líquidos disueltos, tales como humedad y ácidos; también para retener por medio de filtración todas las partículas sólidas que estén siendo arrastradas a través del sistema por la mezcla de refrigerante aceite. No debe haber ningún misterio asociado con la operación de un filtro deshidratador.

El uso de los filtros deshidratadores en los sistemas de refrigeración, es la mejor manera de proteger los componentes en el muy probable caso de que estos contaminantes estuvieran presentes en el sistema, ya que la válvula de expansión termostática o el tubo capilar y el compresor, son los componentes más afectados por los contaminantes.

5.5.2.2.1 TIPOS DE FILTROS DESHIDRATADORES

Toda la amplia variedad de filtros deshidratadores para refrigeración, se puede resumir en dos tipos, los que tienen el material desecante suelto y los que tienen el desecante en forma de un bloque moldeado; es decir sólido. En los filtros deshidratadores de desecantes sueltos, la carga de desecante se encuentra en su estado original en forma de gránulos, generalmente se encuentra compactada por algún medio de presión mecánica (como la de un resorte) entre dos discos de metal de malla fina, o entre capas de fibra de vidrio. En los filtros deshidratadores del tipo de bloque moldeado o sólido, el bloque es fabricado generalmente por una combinación de dos desecantes, uno con una gran capacidad de retención de agua y el otro con una gran capacidad de retención de ácidos.

Las combinaciones de desecantes más comúnmente utilizadas en los filtros deshidratadores del tipo de bloque son: alúmina activada más sílica gel y alúmina activada más tamiz molecular.

En los del tipo de desecante suelto, generalmente se utiliza un solo desecante que puede ser sílica gel o tamiz molecular; aunque algunas veces se utiliza una combinación de ambos.



Figura 5-8: Corte de Filtro Deshidratador.

Tanto los filtros deshidratadores del tipo de desecante suelto y los del tipo de bloque, pueden ser desechables o recargables. Los desechables son totalmente sellados, y una vez que cumplen con su función de filtración se saturan de humedad, se desechan y se instala uno nuevo en su lugar.

Los filtros deshidratadores recargables están contruidos de tal forma, que se pueden destapar por uno de sus extremos para retirar el material desecante usado y limpiar los filtros, se coloca el desecante nuevo activado y se cierran.



Figura 5-9: Sílica y bloques desecantes.

En cuanto a sus conexiones, los hay soldables y roscados. Los soldables se fabrican en diámetros de conexiones desde capilar hasta 3-1/8" (figuras 5-10 "A" y "C"), y los roscados (tipo "Flare") van desde 1/4" hasta 5/8" (figuras 5-10 "B"). Los metales que más se utilizan para la fabricación de los filtros deshidratadores son cobre, latón y acero; en estos últimos, las conexiones soldables son de cobre.

Su uso en general es en sistemas con refrigerantes halogenados y casi nada con amoníaco; ya que con este refrigerante la humedad no representa gran problema, y lo más común es el empleo de filtros únicamente. Los filtros deshidratadores pueden aplicarse en sistemas de refrigeración doméstica, comercial, industrial y aire acondicionado, en cualquier rango de temperatura.

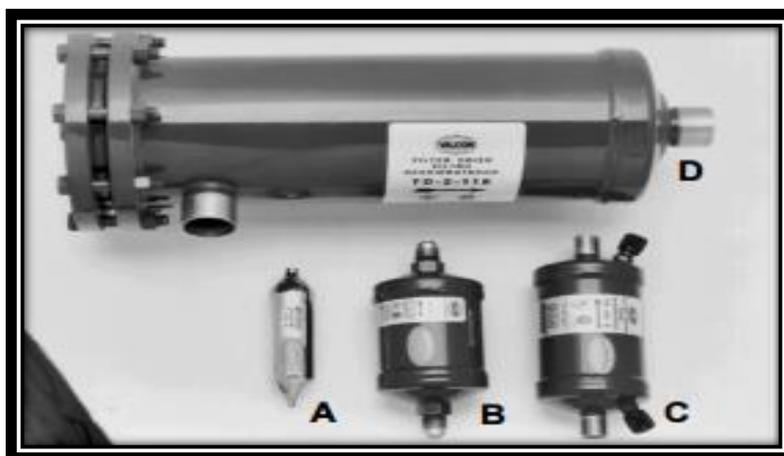


Figura 5-10: Diferentes tipos de filtros deshidratadores.

5.5.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS DESHIDRATADORES

La mayoría de los fabricantes de filtros deshidratadores publican tablas de capacidades y selección en las cajas o empaque de los mismos. Una información adicional y más completa se puede encontrar en las tablas de selección de los catálogos. En dichas tablas se listan datos tales como modelo, conexiones, cantidad de desecante, área de filtrado, capacidad de retención de agua, capacidad de flujo de refrigerante, recomendaciones de selección para cada tipo de refrigerante de acuerdo al tonelaje y la aplicación, y también las dimensiones.

Anteriormente, estas clasificaciones las hacía cada fabricante de acuerdo a sus propias experiencias, aunque la mayoría, sólo publicaban valores para competir pero que no eran los reales, sin siquiera probar y evaluar sus propios filtros deshidratadores.

Al ir progresando la industria de la refrigeración, se desarrollaron métodos adecuados para la comparación y evaluación de los filtros deshidratadores. Sin embargo, sólo se han desarrollado tres normas de clasificación, una para la capacidad de retención de agua, otra para la capacidad de flujo de refrigerante y otra de seguridad. Hasta que no se establezcan normas para las otras características importantes como capacidad

de retención de ácidos, filtración, etc; los fabricantes proporcionarán sus propios datos de pruebas y evaluaciones, así como sus recomendaciones.

En la actualidad, se ha generalizado en todo el mundo la clasificación de filtros deshidratadores en base a estas normas.

Estas clasificaciones deben ser consideradas en el diseño y fabricación de un filtro deshidratador, y su comprensión es de gran valor para el usuario, el fabricante de equipos, así como los técnicos de servicio. Como una ayuda para ellos, a continuación se describen brevemente en qué consisten estas clasificaciones de los filtros deshidratadores.

5.5.2.2.3 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

La capacidad de retención de agua, es la cantidad de agua (en gotas o gramos) que el filtro deshidratador retendrá a una temperatura estándar y a una Sequedad en el Punto de Equilibrio (EPD) especificada para cada refrigerante.

Esta capacidad se mide por métodos descritos en la norma 710 Instituto Americano de Refrigeración (ARI), cuando el contenido real de agua no se conoce. Esta norma especifica las condiciones a las cuales se debe hacer la clasificación de los filtros deshidratadores, en lo que se refiere a su capacidad para deshidratar la mezcla de refrigerante y aceite (capacidad de retención de agua), la capacidad de flujo del refrigerante y algunas consideraciones de seguridad.

La norma 63 de ASHRAE también fija un procedimiento de prueba para determinar las capacidades de retención de agua y de flujo, para los filtros deshidratadores de la línea de líquido bajo ciertas condiciones.

Las temperaturas especificadas por esta norma son 75°F (24°C) y 125°F (52°C); ambas se refieren a temperaturas del refrigerante en la línea de líquido. Los EPD usados para cada refrigerante son:

Tabla 5-2: Valores del contenido de humedad de varios refrigerantes, que se usan para clasificar los filtros deshidratadores por su capacidad de agua.

Refrigerante	Antes Del Secado		Después Del Secado	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad
R-12	565	PPM	15	PPM
R-22	1050	"	60	"
R-502	1020	"	30	"
R-134a	-		80	"
R-404A/R-507	-		50	"

Estos puntos de referencia fueron fijados arbitrariamente, para prevenir confusiones que surgieran de determinaciones hechas a otros puntos. Nótese que para establecer esta capacidad de retención de agua se consideran: el tipo de refrigerante, la cantidad de desecante y la temperatura.

5.5.2.3 MANÓMETROS

Una de las herramientas fundamentales del Técnico en Refrigeración es el Juego de Manómetros. Indican la presión existente en la tubería en un momento dado. Esta herramienta especializada se compone de 2 manómetros y sus características se describen a continuación.



Figura 5-11: Manómetros de succión y descarga.

5.5.2.3.1 MANÓMETRO AZUL

Está diseñado para medir la presión de succión o aspiración del compresor. En su escala, del cero hacia arriba mide presión por encima de la atmosférica y del cero hacia abajo mide vacío, es decir, presiones por debajo de la atmosférica. Su rango de medición es de cero a 250 psig y de cero hasta 29,92" de Hg. Igualmente dispone de sus equivalencias correspondientes en Kg/cm² y mm de Hg.

5.5.2.3.2 MANÓMETRO ROJO

Diseñado para medir las presiones de descarga del compresor. Su rango es de cero hasta 500 psig. Igualmente pueden leerse las presiones en el sistema decimal de cero a 35 Kg/cm².

5.5.2.4 VÁLVULAS DE SERVICIO

En los sistemas de refrigeración, los técnicos de servicio deben estar familiarizados con las válvulas manuales de servicio. Estas válvulas le permiten sellar partes del sistema mientras conectan manómetros, se carga o descarga refrigerante o aceite, se mete un vacío, etc.

Existen varios tipos de válvulas de servicio. Dichas válvulas pueden tener volantes en sus vástagos, pero la mayoría requieren de una llave para girarlos. Los vástagos de las válvulas son hechos de acero o de latón, mientras que el cuerpo está hecho de latón o fierro forjado. Por lo general, son del tipo empacado.

Las válvulas de servicio pueden ser de dos tipos:

- 1) Válvulas de servicio para compresor.
- 2) Válvulas de servicio para tanque recibidor.

5.5.2.4.1 VÁLVULAS DE SERVICIO PARA COMPRESOR

Los compresores abiertos y semiherméticos, generalmente vienen equipados con válvulas de servicio. Estas válvulas van atornilladas al cuerpo del compresor, una en la succión y otra en la descarga. Dependiendo del tamaño del compresor, pueden ser de dos o de cuatro tornillos. En la figura 5-12, se muestran dos válvulas típicas de servicio para compresor. Algunos compresores herméticos también usan válvulas de servicio, pero éstas no van atornilladas, sino soldadas a la succión y descarga del compresor, como se muestra en la figura 5-13.

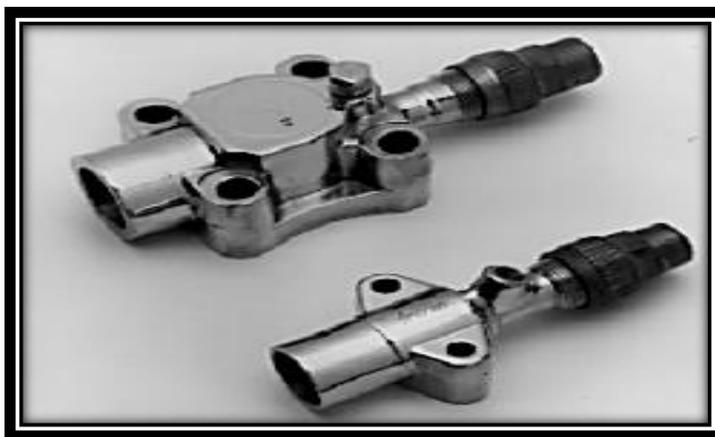


Figura 5-12: Válvulas de servicio para compresores abiertos y semiherméticos de 4 y 2 tornillos.

Las válvulas de servicio para compresor son de doble asiento, fabricadas de tal forma que el vástago sella contra el asiento, ya sea que esté totalmente cerrado o totalmente abierto.

En sistemas con refrigerantes halogenados, hay válvulas de servicio de uso común de una vía, y de dos vías. Las válvulas de dos vías tiene dos puertos, uno puede estar abierto mientras que el otro está cerrado, o ambos pueden estar abiertos.

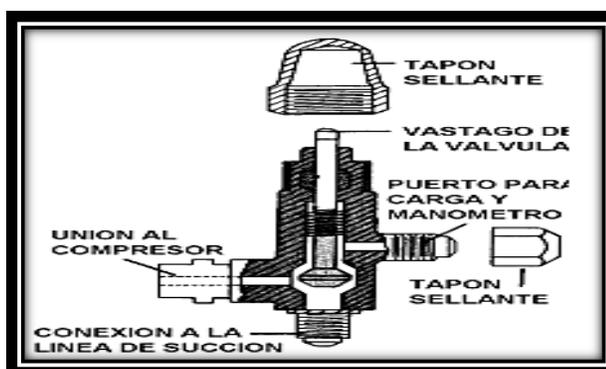


Figura 5-13: Válvula de servicio para compresor hermético, soldable.

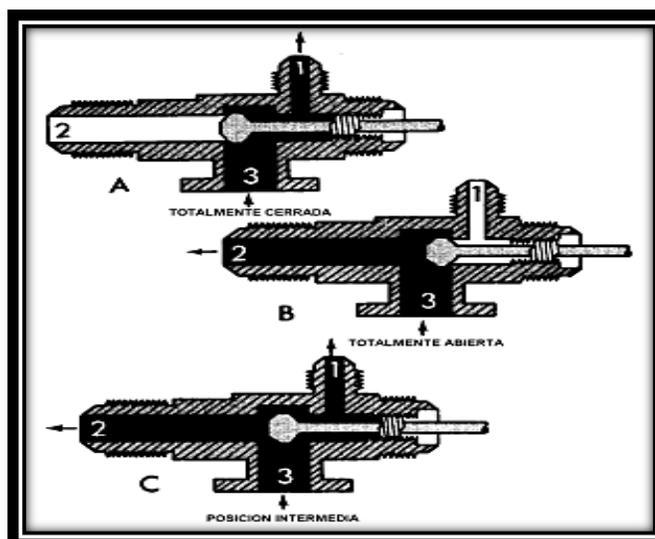


Figura 5-14: Diseño típico de una válvula de servicio para compresor.

La válvula de dos vías, usualmente cierra el flujo de refrigerante en el sistema, cuando el vástago es girado totalmente en el sentido de las manecillas del reloj. Cuando el vástago es girado totalmente en el sentido contrario de las manecillas del reloj, cierra el puerto de servicio. Cuando el vástago es girado a un punto intermedio, ambos puertos están comunicados, permitiendo que fluya el refrigerante como se muestra en la figura 5-14. En esta figura, en la posición A, el número 1 es la conexión de servicio, el 2 es la conexión a la línea de refrigerante, y el número 3 es la conexión al compresor. La conexión a la línea

puede ser roscada (flare) o soldable. La posición B es la normal cuando la unidad está operando. En esta posición se puede quitar o poner el manómetro, o el tapón, sin pérdida de refrigerante.

También se puede conectar la manguera del múltiple, y es posible reempacar la válvula, sin interrumpir el servicio. La posición C se usa cuando se desea medir la presión, cargar refrigerante, hacer vacío, etc., sin interrumpir la operación. En la posición "A" (válvula cerrada), es posible desconectar y retirar el compresor del sistema, sin pérdida de refrigerante.

5.5.2.4.2 VÁLVULA DE SERVICIO PARA TANQUE RECIBIDOR

En sistemas con refrigerantes halogenados, se conoce este tipo de válvulas más comúnmente como Válvulas de Ángulo. En la figura 5-14, se muestran algunas de estas válvulas. Están diseñadas para varios otros usos, además de su aplicación en tanques recibidores.

Cuando se instalan adecuadamente, proporcionan acceso al sistema para servicio. Se fabrican de doble asiento, igual que las de compresor, y con asiento sencillo.

Los materiales con que se fabrican los cuerpos de estas válvulas son variados; los hay de latón forjado, fierro forjado, maquinados de barra de latón o de acero. Generalmente son del tipo empacado.

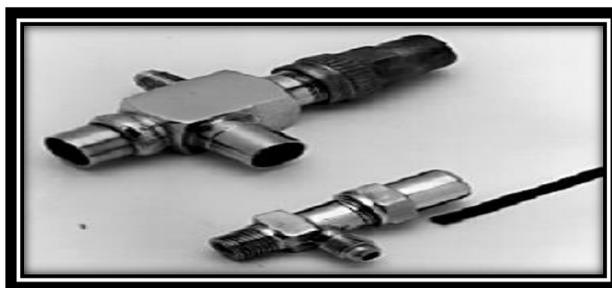


Figura 5-15: Válvulas de servicio de ángulo, de asiento sencillo y doble asiento.

En las figuras 5-16 y 5-17, se muestran dibujos ilustrando las partes internas de una válvula de ángulo con asiento sencillo, y otra de doble asiento, respectivamente.

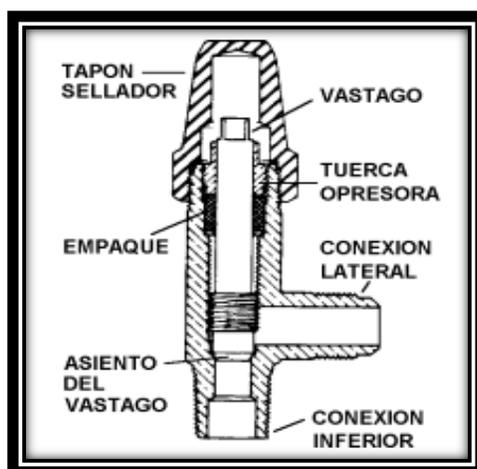


Figura 5-16: Válvula de ángulo de asiento sencillo

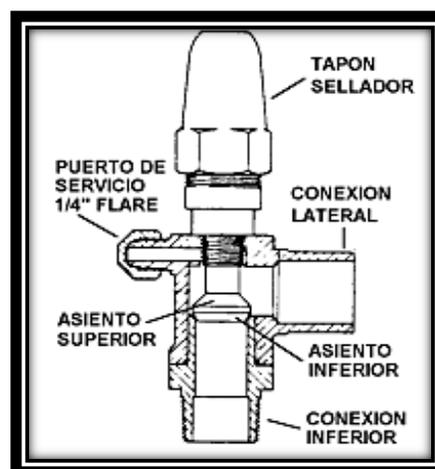


Figura 5-17: Válvula de ángulo de asiento sencillo

La aplicación principal de este tipo de válvulas, es en tanques recibidores de refrigerante líquido, los cuales llevan dos de estas válvulas. Una va ubicada sobre el tanque, después del condensador (válvula de entrada), y la otra se ubica sobre el recibidor, antes de la línea de líquido (válvula de salida). Estas dos válvulas permiten al técnico desconectar el tanque recibidor del sistema, cargar refrigerante en forma líquida, coleccionar todo el refrigerante del sistema en el recibidor, etc. Algunos recibidores están equipados con una sola válvula de servicio, la de salida, con la entrada en forma de una conexión ordinaria de codo.

Cuando se vaya a abrir una válvula de cualquier tipo de los mencionados hasta ahora, quite el tapón sellador - si lo tiene - y afloje una vuelta la tuerca opresora. Enseguida, limpie el vástago antes de girarlo. Es buena práctica primero abrir ligeramente, no más de 1/8 de vuelta. Esto evita un golpe de presión, el cual puede dañar mecanismos, manómetros, salpicar aceite en cantidades anormales o inclusive, perjudicar al técnico. Otro propósito al abrir ligeramente, es evitar que la válvula se congele contra su asiento. Esta condición, algunas veces conduce a que se rompan los vástagos. Para abrir

ligeramente el vástago, es preferible hacerlo con una llave fija (tipo española), en lugar de la "matraca". Esto con el fin de que la válvula pueda cerrarse rápidamente, en caso de ser necesario. Apriete la tuerca opresora y coloque el tapón.

Asegúrese que el vástago de la válvula esté limpio, antes de girarlo hacia adentro. Un vástago de válvula sucio, rayado u oxidado, arruinará el empaque de la válvula. Los vástagos tienden a oxidarse. Siempre limpie y lubrique un vástago antes de girarlo. Una buena manera de reducir esta corrosión, especialmente en lugares húmedos, es llenar el cuerpo de la válvula con aceite limpio y seco para refrigeración, antes de reemplazar el tapón cada que se usa la válvula de servicio. Las válvulas de servicio en instalaciones comerciales e industriales, deben mantenerse en buenas condiciones. El técnico puede hacer tres cosas para asegurar un buen servicio y prolongar la vida útil de la válvula.

- 1) Gire siempre el vástago con la herramienta adecuada.
- 2) Mantenga el empaque de tal manera que la válvula no fugue.
- 3) Lubrique la rosca de las conexiones para manómetro cada vez que las use.

Ocasionalmente, después de un período de uso, las válvulas de servicio deberán ser reemplazadas. Con el uso frecuente, la rosca para tubo y manómetro se puede gastar y fugar. Es posible eliminar este problema si a las conexiones que se insertan en este puerto, se les da un recubrimiento delgado de soldadura. En ocasiones se va a encontrar con válvulas de servicio en tan malas condiciones, que ya no sean útiles. En dichos casos, remueva o aislé el refrigerante en otra parte del sistema, y cambie la válvula.

Cuando instale un tapón en el puerto de servicio de una válvula de compresor, apriételo firmemente. Nunca apriete un tapón frío en una válvula caliente. Esto puede resultar en el congelamiento del tapón con su asiento. Si el tapón está "congelado" en la válvula de servicio, puede aflojarse calentando con la flama de un soplete por fuera del cuerpo de la válvula. Tenga cuidado de no sobrecalentar. Este calor causará que el cuerpo de la válvula se expanda y que afloje el tapón.

5.5.2.5 PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN

Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido. El presostato también es conocido como interruptor de presión.

El presostato de alta presión se conecta en la parte del circuito que corresponde a alta presión, generalmente en la descarga del compresor. Si por la existencia de aire en la instalación, suciedad interna o externa del condensador, avería en el ventilador o en la bomba de agua que enfría el condensador o por exceso de temperatura de los fluidos exteriores a éste, el flujo de refrigerante no se condensa, aumentando peligrosamente la presión de alta, el presostato de alta bloqueará el funcionamiento de la máquina. El compresor no volverá a arrancar hasta que subsanemos el problema y rearmemos manualmente el presostato.



Figura 5-18: Presostato de alta presión.

5.5.3 CONJUNTO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A continuación se detalla el conjunto de especificaciones técnicas con que cuenta el recuperador de refrigerante realizado. La unidad de recuperación de refrigerante se ha diseñado para trabajar a 110 V.

5.5.3.1 HOJA TÉCNICA DE LA UNIDAD RECUPERADORA

En la siguiente tabla se presenta la hoja técnica de la unidad recuperadora diseñada para este proyecto.

Tabla 5-3: Hoja de datos técnicos de la unidad recuperadora de refrigerante.

Recuperador de Refrigerante R-134a			
Especificaciones Generales			
Dimensiones:		1.60 largo x 0.80 ancho x 0.90 alto (m)	
Peso:		64 (Kg)	
Alimentación principal:		110 V – 60 Hz	
Refrigerante de trabajo:		R-134a	
Velocidad de recuperación		0.073 (Kg/min)	
Desconexión automática:		200 (Psi)	
Tanque de recuperación			
Capacidad:		30 Lb	
Codificación de colores			
Baja presión:		Azul	
Alta presión:		Rojo	
Compresor		Unidad condensadora	
Tipo:	Reciprocante	Pre-condensador:	Convección natural
Potencia:	1/5 HP	Condensador principal de aletas y tubo:	Convección inducida
Corriente de carga:	2.13 (A)		
Aceite:	Polioléster		
Carga de aceite:	243 (cc)		

5.5.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UNIDAD RECUPERADORA

A continuación se presentan las ventajas y desventajas propias del funcionamiento y fabricación del equipo de recuperación de refrigerante R-134a.

5.5.3.2.1 VENTAJAS DE LA UNIDAD RECUPERADORA

Las ventajas de la unidad recuperadora son las siguientes.

- Unidad recuperadora compacta.
- Bajo costo de fabricación, dado que si comparamos con la compra de un equipo recuperador comercial, este sobrepasa el costo de fabricación aproximadamente en un 400%.
- Es un equipo mecánico que cuenta con un plan sencillo de mantenimiento y un bajo costo de aplicación del mismo.
- Dicho recuperador puede ser utilizado para extraer diferentes tipos de refrigerantes, no solamente el R-134a; esto aplica siempre y cuando el refrigerante a recuperar sea compatible y miscible con el aceite POE (como por ejemplo el R-404A, R-507, R-410A, etc.).
- Es un equipo didáctico, dado que posee viñetas de identificación, y sus dimensiones amplias hace que los operadores del equipo puedan distinguir cada uno de sus componentes.

5.5.3.2.2 DESVENTAJAS DE LA UNIDAD RECUPERADORA

Las desventajas de la unidad recuperadora son las siguientes.

- Solamente se puede recuperar refrigerante en fase de vapor.
- La unidad recuperadora está limitada a realizar el trabajo de extracción de refrigerante solamente en equipos que cuenten como mínimo con 2 libras de refrigerante en su sistema. Esto se debe a que el dimensionamiento de las tuberías del condensador de nuestro equipo requiere de por lo menos 2 lb de refrigerante para poder rellenarlo y así poder iniciar la condensación del mismo.
- No se deben realizar recuperaciones de refrigerante en periodos de tiempo prolongados, esto debido a que el aceite del compresor no retorna automáticamente al mismo, sino que es necesario detener el equipo y realizar el retorno de aceite al compresor de manera manual desde el separador de aceite, esto con el fin de evitar problemas mecánicos por falta de lubricación en el compresor.
- El equipo no es compacto, su movilización es complicada debido a sus dimensiones.

5.6 PARÁMETROS DE DISEÑO

Son diferentes factores los necesarios para diseñar y seleccionar componentes del equipo de un equipo recuperador de refrigerante.

- 1) Temperatura de condensación. Es la temperatura que se encuentra sobre la temperatura ambiente. En otras palabras es la suma de la temperatura ambiente más un diferencial de la temperatura del condensador. Para aplicaciones a baja temperatura =10°F, y para aplicaciones de alta temperatura =30°F.
- 2) Temperatura de evaporación. Es también llamada de succión, su valor se calcula restándole a la temperatura de diseño interior el diferencial de temperatura del evaporador.
- 3) Temperatura ambiente. Es la temperatura del fluido (generalmente aire) que rodea al objeto por todos lados.
- 4) Temperatura de diseño. Esta temperatura depende de la utilidad práctica que se le va a dar al cuarto; por ejemplo, si es para personas, medicinas, alimentos o para pruebas de laboratorio como el presente caso.
- 5) Capacidad en libras de refrigerante a ser extraídas. Es necesario conocer la capacidad en libras de refrigerante y las condiciones de operación de la instalación a ser recuperada.

Para el diseño y cálculo de los elementos del equipo recuperador se partió del comportamiento ideal de un sistema de refrigeración por compresión de vapor, con el fin de seleccionar alguno de los componentes que integran este proyecto.

Además, el diseño se basó en el análisis de las aplicaciones de aire acondicionado y refrigeración, ya que la función de los elementos que conforman estos sistemas no varía, aunque su finalidad sea distinta en este proyecto. Posteriormente se determinan las caídas de presión por tuberías y sus accesorios despreciando las pérdidas en los elementos principales (compresor, condensador, etc.) para realizar la construcción de un diagrama P-h real y hacer una comparación en los cálculos para seleccionar los componentes principales y auxiliares del recuperador de refrigerante.

En todo análisis es necesario contar con un punto de partida, es decir conocer los parámetros de diseño, en este caso debido a que las pruebas se realizaron simulando un sistema de refrigeración mediante una lata de refrigerante R-134a, esta se tomara como información técnica para el diseño.

5.7 DISEÑO Y CÁLCULOS DEL EQUIPO

A continuación se presentan los cálculos realizados durante el análisis para el diseño y selección de los elementos adecuados para la construcción del recuperador de refrigerante R-134a.

5.7.1 ANÁLISIS DEL CICLO TERMODINÁMICO DE LA RECUPERACIÓN

A continuación se realiza el análisis para el ciclo abierto ideal, partiendo de la información de la tabla de R-134a saturado (ver anexo 21 y figura 5-19), se determinan los puntos de operación del sistema de recuperación.

➤ Estado 1: Vapor saturado.

Como se mencionó previamente se considera como punto inicial la presión de succión del sistema como la presión a la cual se encuentra el refrigerante en el equipo al cual se le realizara la recuperación.

$$P_1 = 40 \text{ Psi (Presión de almacenaje)}$$

$$T_1 = 28.9 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$h_1 = 107.24 \text{ BTU/lbm}$$

$$S_1 = 0.22267 \text{ BTU/lbm} \cdot \text{R}$$

$$S_1 = S_2$$

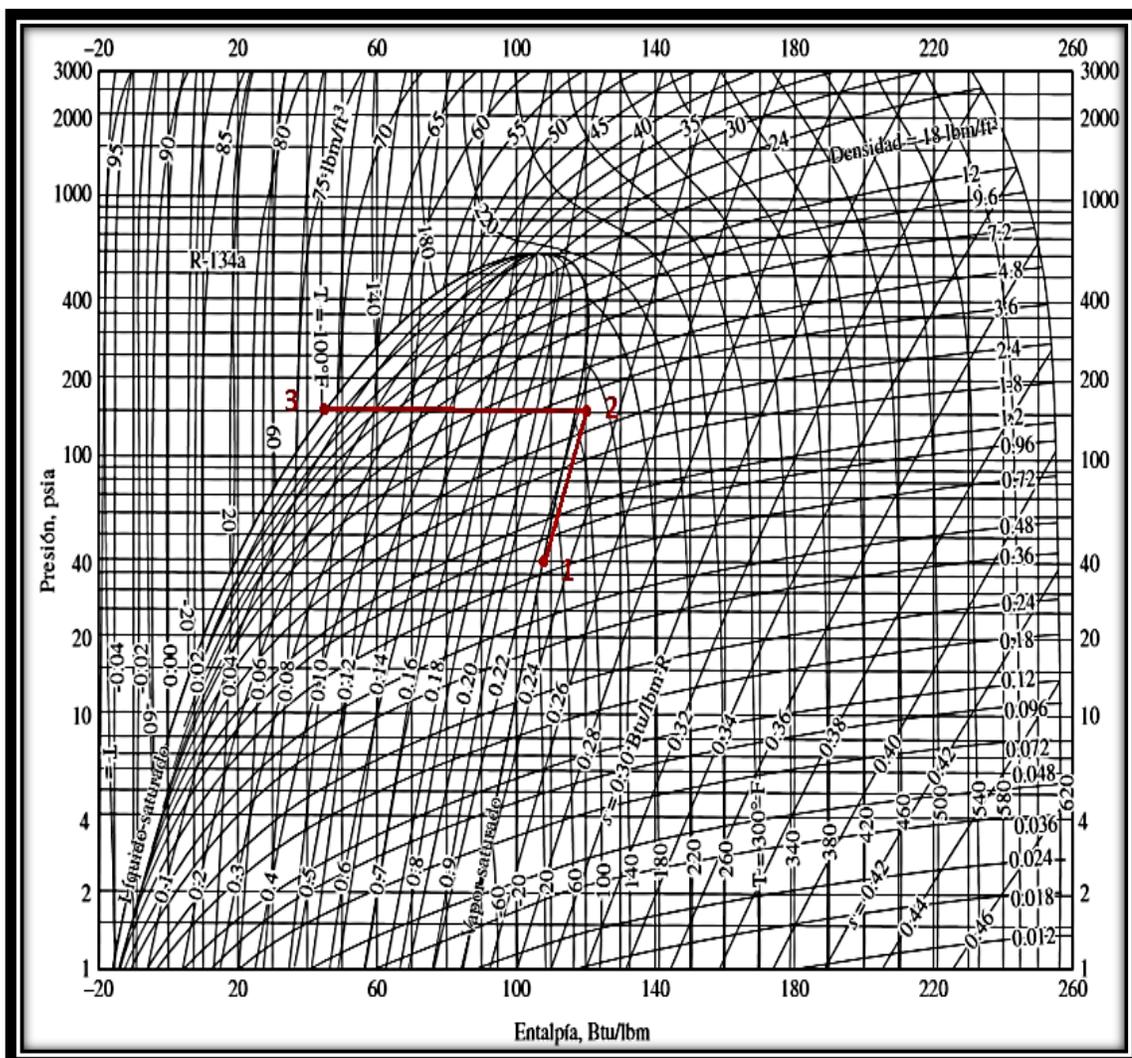


Figura 5-19: Grafica P-h del R-134a. Identificación de los puntos de operación del sistema recuperador de refrigerante.

➤ Estado 3:

Para este estado se necesita conocer la temperatura ambiente a la cual se realizara la recuperación ya que la presión de condensación está directamente ligada a la temperatura del refrigerante.

Por lo cual se toma una temperatura ambiente promedio y a esta se le suma un diferencial de temperatura promedio con el que garantizamos obtener refrigerante en estado líquido al final del proceso de recuperación.

$$T_3 = T_{amb} + \Delta T$$

Siendo:

$$\Delta T = 20 \text{ } ^\circ F$$

$$T_{amb} = 86 \text{ } ^\circ F$$

Entonces:

$$T_3 = 106.0 \text{ } ^\circ F$$

$$P_3 = 152.1 \text{ Psi (Presión de condensación)}$$

$$h_3 = 116.83 \text{ BTU/lbm}$$

➤ Estado 2: Vapor sobrecalentado

Conociendo la presión y entropía del estado 2, utilizando la tabla de refrigerante sobrecalentado (ver anexo 23).

$$P_2 = P_3 = 152.1 \text{ Psi}$$

$$S_2 = S_1 = 0.22267 \text{ BTU/lbm} \cdot R$$

$$h_2 = 119.18 \text{ BTU/lbm}$$

$$T_2 = 115.07 \text{ } ^\circ F$$

Una vez determinadas las características termodinámicas de cada uno de los estados que intervienen en el proceso de recuperación, se obtienen otros parámetros de importancia para el dimensionamiento del equipo.

TRABAJO DEL COMPRESOR

$$W_{comp} = h_2 - h_1$$

$$W_{comp} = (119.18 \text{ BTU/lbm}) - (107.24 \text{ BTU/lbm})$$

$$W_{comp} = 11.94 \text{ BTU/lbm}$$

CALOR RECHAZADO

$$Q = h_2 - h_3$$

$$Q = (119.18 \text{ BTU/lbm}) - (116.83 \text{ BTU/lbm})$$

$$Q = 2.35 \text{ BTU/lbm}$$

POTENCIA TEÓRICA DEL COMPRESOR

$$P_T = (\dot{m})(W_{comp})$$

Como se consideró en un inicio, el equipo tendrá un nivel de flujo másico relativamente bajo; por lo cual se tiene que:

$$\dot{m} = 0.5 \text{ lb/min}$$

Entonces la potencia teórica es:

$$P_T = (0.5 \text{ lb}/\text{min})(11.94 \text{ BTU}/\text{lbm})(60 \text{ min}/\text{hora})$$

$$P_T = 358.2 \text{ BTU}/\text{hora}$$

Y conociendo que:

$$1 \text{ HP} = 2544.4 \text{ BTU}/\text{hora}$$

Tenemos:

$$P_t = (358.2 \text{ BTU}/\text{hora}) \left(\frac{1 \text{ HP}}{2544.4 \text{ BTU}/\text{hora}} \right)$$

$$P_t = 0.141 \text{ HP}$$

Para conocer la potencia nominal que se requiere como unidad motora del sistema se utiliza la eficiencia total de un compresor recíprocante, y se toman los datos de la figura del anexo 24.

RELACIÓN DE COMPRESIÓN

$$R_c = \frac{P_{\text{descarga}}}{P_{\text{succión}}} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{152.1 \text{ Psi}}{40 \text{ Psi}}$$

$$R_c = 3.80$$

Para compresores recíprocantes, del gráfico se obtiene:

$$\eta_T = 0.75$$

Es decir:

$$\eta_T = 75 \% \quad a \quad n = 1750 \text{ rpm}$$

POTENCIA AL FRENO

$$Bhp = \frac{P_T}{\eta_T}$$

$$Bhp = \frac{0.141 \text{ HP}}{0.75}$$

$$Bhp = 0.188 \text{ HP}$$

Por lo tanto, basándonos en los resultados del análisis termodinámico del sistema, se selecciona un compresor hermético recíprocante con una potencia de:

$Bhp = 0.20 \text{ HP} = 1/5 \text{ HP}$
--

5.7.2 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS

Hay ciertos criterios básicos sobre el dimensionamiento de líneas de refrigeración que deben siempre tenerse en cuenta.

- 1) Las líneas deben ser lo más cortas y directas posible. Esto no sólo reducirá el costo, sino que producirá un funcionamiento mejor de todo el sistema al existir caídas de presión inferiores.
- 2) Usar el mínimo número de juntas y acoplamientos posibles. Esto reduce el costo de la instalación y la posibilidad de fugas.

- 3) Siempre que se pueda se evitará el exponer las tuberías a temperaturas extremas, altas o bajas. La transferencia de calor no deseada, al circuito o desde él, producirá normalmente problemas de funcionamiento.
- 4) Colocar las líneas de forma que no interfieran con el uso normal del edificio y de sus dependencias.
- 5) Colocar las líneas donde no puedan sufrir daños, o protegerlas cuando esto sea imposible de lograr.
- 6) Todos los componentes deben montarse de manera que sean fácilmente accesibles para su mantenimiento posterior. Los controles automáticos y el equipo de seguridad tienen que ser colocados de forma que cualquier prueba y ajuste puede efectuarse con herramientas corrientes.

Además, cabe mencionar que el material más económico y satisfactorio a utilizar en las líneas de refrigeración es la tubería de cobre, que debe usarse en espesores de pared medios o gruesos.

Las uniones entre la tubería y los accesorios deben ser soldadas con varilla de aleación de plata en una atmósfera de nitrógeno seco, probándolas de fugas una vez terminadas.

5.7.2.1 DISEÑO DE LINEAS DE REFRIGERACIÓN

El diámetro de las mismas se calculará en función de:

- La potencia que debe aportarse a los evaporadores.
- La temperatura de evaporación del fluido.
- La longitud de cada tubería.
- Las pérdidas de carga admisibles. El cálculo también se puede realizar a través de programas informáticos.

5.7.2.1.1 LINEA DE ASPIRACIÓN

Para el diseño de la línea de aspiración hay que tener en cuenta dos condicionantes fundamentales:

- La pérdida de presión del gas refrigerante.

La pérdida de presión se produce como consecuencia del rozamiento del gas con las paredes del tubo y provoca una disminución de la densidad del refrigerante y, por tanto, una reducción de la capacidad del sistema. Para conseguir un rendimiento aceptable se debe seleccionar una tubería que, para la longitud deseada, origine una caída de presión inferior a los 3 psi ó 20 kPa.

Esta pérdida de presión aumenta con la longitud de la línea y es mayor cuanto más pequeño sea su diámetro.

- El retorno del aceite al compresor.

El refrigerante siempre contiene alguna cantidad de aceite (entre el 1% y el 4% en peso) circulando por el sistema, debido a su afinidad; pero en determinadas condiciones de presión y temperatura, como pueden ser las que se encuentran en el evaporador y la línea de aspiración, pueden dejar de ser miscibles.

Si el aceite no retornara al compresor, éste se iría quedando poco a poco sin lubricación. Por eso es importante asegurar que sea arrastrado por el refrigerante, para lo cual se necesitará una velocidad mínima de 6 m/s en los tramos ascendentes. En los tramos descendentes u horizontales con pequeña inclinación no es tan importante la velocidad, ya que la gravedad mantiene la circulación del aceite. Si las líneas horizontales no tienen pendiente, deberán obtenerse velocidades de al menos 3 m/s.

En cualquier caso, la velocidad del gas refrigerante no debe pasar de 15 m/s, ya que a velocidades más altas se producirían ruidos molestos.

Para facilitar este retorno de aceite, los tramos horizontales deben tener una pendiente del 2%, con caída hacia el compresor. Además, en el caso de línea de aspiración ascendente debe realizarse un sifón en la base del tramo vertical y sifones intermedios cada 8 m. aproximadamente, que tienen como finalidad retener el aceite cerca del compresor en los momentos de reposo.

A pesar de todo ello, si la longitud de la línea es grande, puede ser necesario regular la carga de aceite del compresor.

5.7.2.1.2 LINEA DE DESCARGA

El tratamiento de la línea de descarga ha de ser similar al de la línea de aspiración, ya que por ambas circula gas refrigerante. Para su diseño y dimensionamiento hay que considerar, igualmente, la pérdida de presión del gas refrigerante y el retorno del aceite al compresor.

➤ Pérdida de presión.

En las líneas de descarga no es tan crítica la caída de presión como en las de aspiración, por lo que podrían aceptarse hasta 6 psi ó 40 kPa.

Sin embargo, desde el punto de vista del rendimiento frigorífico de la instalación, es deseable la mínima pérdida posible, por lo que se limita, también en éste caso, a 3 psi.

➤ Retorno del aceite al compresor.

La velocidad de circulación mínima para que el aceite retorne al compresor es la misma que en la línea de aspiración: 6 m/s en tramos ascendentes y 3 m/s en tramos horizontales y descendentes. Igualmente, si la línea es ascendente es necesario un sifón en la base y sifones intermedios cada 8 m aproximadamente, para retener el aceite en las paradas.

CAPITULO 6: CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO DE RECUPERACIÓN

En el presente capítulo se muestra el método de selección de cada uno de los elementos que conforman la unidad de recuperación diseñada, tanto los elementos mecánicos y eléctricos, así como, los estructurales.

Al mismo tiempo se describe el proceso constructivo del equipo, detallando los procedimientos llevados a cabo de manera secuencial y en un orden lógico, además de las herramientas e instrumentación utilizada para dicha construcción. Por último se detalla el presupuesto total de construcción.

6.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL EQUIPO RECUPERADOR

Una máquina está compuesta por una serie de elementos simples, definiéndose como elementos de máquinas todas aquellas piezas o elementos más sencillos que correctamente ensamblados constituyen una máquina completa y en funcionamiento.

Los componentes del equipo de recuperación se requiere que sean seleccionados de manera adecuada para poder cumplir su función dentro del ciclo termodinámico del equipo.

Esta selección está ligada al dimensionamiento físico inicial del recuperador y son estos los que determinan las capacidades finales del equipo.

Los componentes del recuperador se pueden subdividir en mecánicos, eléctricos y estructurales, la selección de cada uno de estos se muestra a continuación.

6.1.1 COMPONENTES MECÁNICOS

Los componentes mecánicos que conforman la unidad recuperadora son los siguientes.

➤ COMPRESOR

La fuerza motora seleccionada para el recuperador es un compresor recíprocante marca TECUMSEH con potencia de 1/5 de HP modelo THG1358YLS.



Figura 6-1: Compresor TECUMSEH de 1/5 HP

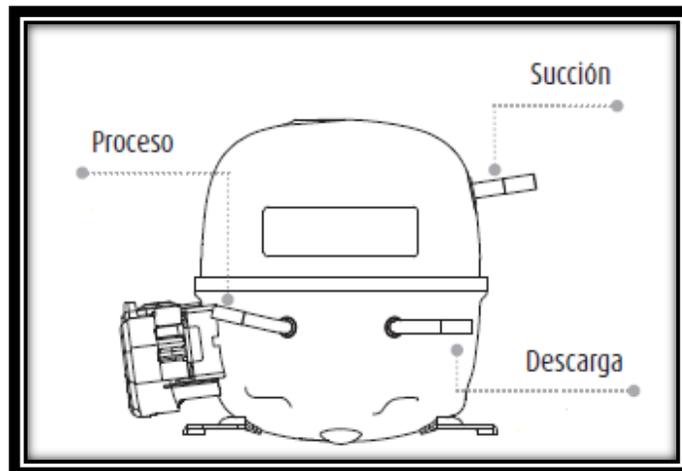


Figura 6-2: Configuración de tuberías Compresor TECUMSEH de 1/5 HP

Tabla 6-1: Especificaciones Generales de compresor recíprocante TECUMSEH.

Modelo	THG1358YLS	Refrigerante	R-134a
Testeo	ASHRAE	Voltaje	115V - 60HZ
Retorno de gas	32.2°C (90°F)	Tipo de motor	PTC-SIR

Entre las especificaciones técnicas generales brindadas por el fabricante se encuentran su peso de 8 Kg, el desplazamiento volumétrico de su pistón 5.58 cc y una carga de aceite poliolester de 243 cc.

Para más información sobre las características y especificaciones técnicas del compresor, consultar los anexos 25 y 26.

➤ **CONDENSADOR**

El condensador es un intercambiador térmico. En el exterior del condensador tenemos el aire inducido por medio de un moto-ventilador, que será el elemento que enfriador y en el interior el refrigerante a recuperar (R-134a).

El condensador se encuentra en el lado de alta presión del circuito. En el cual, el refrigerante entra en estado gaseoso procedente de la unidad a la cual se desea recuperar dicho refrigerante, dentro del condensador cede calor al aire, y sale del condensador en estado líquido directo a ser almacenado.

El condensador instalado en la unidad recuperadora es de tipo tubo y aletas, siendo los tubos de cobre a través del cual circula el refrigerante, y las aletas están fabricadas de aluminio entre ellas circula el aire inducido por el motor-ventilador.

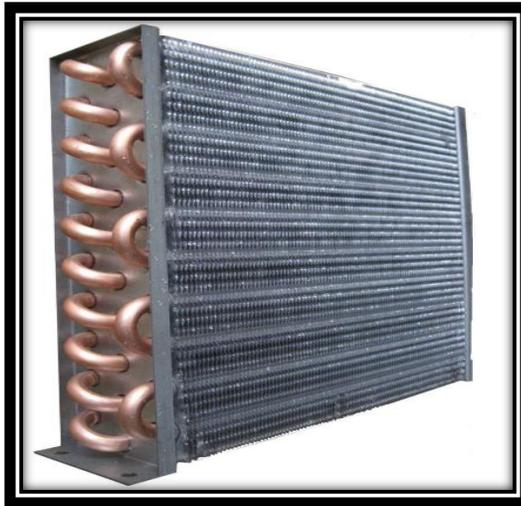


Figura 6-3: Condensador de tubo y aletas.

Conociendo que los factores ambientales en los cuales opera un condensador influyen en su funcionamiento; se tomó la decisión de instalar un segundo condensador, este es de tubo y se instaló en serie con el condensador de tubo y aletas. Dicho condensador de tubo se ha denominado como un pre-condensador (por estar instalado antes del condensador principal de tubo y aletas). Se justifica el uso de este pre-condensador debido al clima tropical de nuestro país y como garantía de obtener un resultado satisfactorio de condensación.



Figura 6-4: Pre-condensador de tubo.

➤ VÁLVULA DE PASO

Para controlar el flujo de refrigerante desde la unidad a la cual se le extraerá y descarga del mismo hacia el cilindro de recuperación, se hace uso de dos válvulas de paso con conexión tipo Flare marca QE QUALITY. El mismo modelo y marca de válvula se utiliza para la succión y descarga del recuperador, es decir, el lado de baja y alta presión, siendo el único distintivo su color, azul y rojo respectivamente.



Figura 6-5: Válvula de paso marca QE QUALITY.

El cuerpo de dichas válvulas están fabricadas en bronce y su mariposa de accionamiento es de plástico endurecido. El diámetro de su succión y descarga es de 3/8" con rosca tipo Flare en ambos extremos.

Para consultar más características técnicas, referirse al anexo 27.

➤ FILTRO DESHIDRATADOR

El filtro deshidratador cumple la función de absorber la humedad que se encuentra en el sistema al cual se le realizará la extracción del refrigerante R-134a. Además, filtra del sistema las partículas pequeñas que se dirigen hacia él compresor evitando así atascamiento y daño del mismo por partículas extrañas.

Para dicha función, se ha seleccionado un filtro deshidratador marca EMERSON, el cual es un filtro de bloque desecante para uso en la línea de líquido para sistemas con refrigerantes CFC, HCFC y HFC (como el R134a). Además podemos especificar su diámetro de succión y descarga que es de 3/8" con rosca tipo Flare en ambos extremos.



Figura 6-6: Filtro deshidratador marca EMERSON.

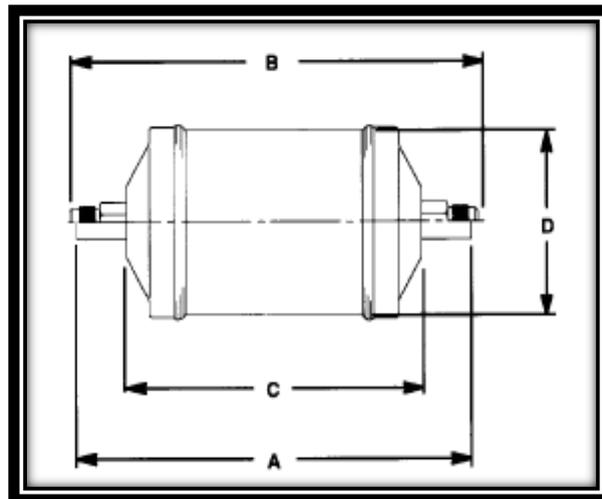


Figura 6-7: Configuración dimensional de filtro deshidratador marca EMERSON.

Para más aspectos técnicos y características dimensionales, consultar anexos 28 y 29.

➤ **MANOMETRO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN**

Para poder monitorear las presiones de trabajo del recuperador se han seleccionado e instalado manómetros a la entrada (baja presión) y a la descarga de la unidad (alta presión). El manómetro de baja presión es el que indica a que presión está ingresando el refrigerante proveniente de la unidad a recuperar. El distintivo de éste es el color azul.

Por otro lado, el manómetro de alta es aquel que indica la presión a la que se está trasladando el refrigerante ya recuperado hacia el cilindro de almacenamiento. Este manómetro se identifica con el color rojo.

Los manómetros seleccionados para la operación de la unidad recuperadora son marca UNIWELD y se muestran a continuación.

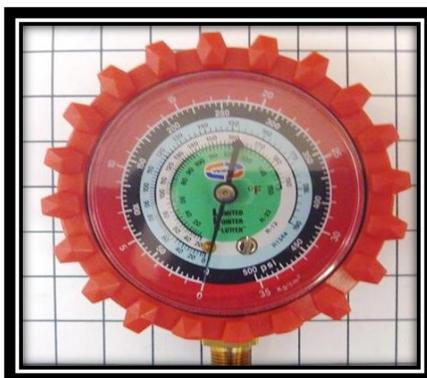


Figura 6-8: Manómetro alta presión Marca UNIWELD.

Tabla 6-2: Especificaciones técnicas manómetro de alta presión marca.

Marca	Modelo	Rango de presión	Refrigerante
UNIWELD	G28LD-1	0-500	R-22 / R-134a



Figura 6-9: Manómetro baja presión Marca UNIWELD.

Tabla 6-3: Especificaciones técnicas manómetro de baja presión marca.

Marca	Modelo	Rango de presión	Refrigerante
UNIWELD	G30LD-1	0-300	R-22 / R-134a

➤ VISOR DE LÍQUIDO Y HUMEDAD

El indicador de líquido y humedad elimina la incertidumbre, de que el contenido de humedad del sistema pueda estar abajo de un nivel seguro, o lo suficientemente alto para causar problemas.

Para realizar la función de indicación de humedad, cuentan con un elemento sensor de humedad, que consiste generalmente de un papel filtro poroso, impregnado con una sal anhidra de cobalto.

El elemento indicador está calibrado para que cambie de color, de acuerdo con lo que se consideran niveles seguros o inseguros de humedad. Los niveles de seguridad de humedad varían con cada tipo de refrigerante, y por lo tanto, los puntos de cambio de color en el indicador de humedad, también varían con cada refrigerante.

El visor de líquido y humedad seleccionado para el equipo de recuperación se especifica a continuación.



Figura 6-10: Visor de líquido y humedad marca EMERSON.

Características generales:

- ✓ Cuerpo de forja en latón resistente a la corrosión.
- ✓ Apropriados para los aceites POE, PAG y AB.
- ✓ Compatible con los refrigerantes HFC, CFC y HCFC.

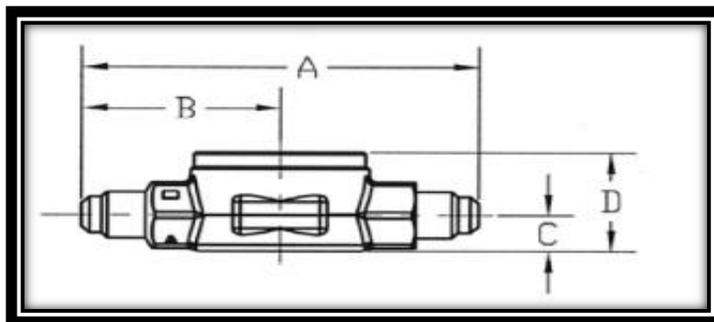


Figura 6-11: Dimensionado visor de líquido y humedad Marca EMERSON.

Tabla 6-4: Dimensiones visor de líquido y humedad marca EMERSON.

Marca	Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
EMERSON	HMI.1MM3	85.85	42.93	8.64	23.8

Tabla 6-5: Nomenclatura visor de líquido y humedad marca EMERSON.

HMI.1MM3			
HMI	1	MM	3
Serie del indicador de líquido y humedad	Diseño de serie 1 - Conexión estándar	Flare Macho x Flare Macho	Diámetro de conexión en 3/8"

Para consultar más características técnicas, referirse al anexo 30.

➤ **SEPARADOR DE ACEITE**

Uno de los elementos principales de la unidad recuperadora es el compresor reciprocante antes descrito, esto con lleva a la presencia de aceite dentro del sistema, debido a que el aceite es arrastrado con el refrigerante al momento de ser succionado desde la unidad a la que se le dará servicio de recuperación; por lo cual es muy importante constar con un dispositivo de separación o acumulación de este aceite para evitar que se infiltre al sistema causando daños a los demás dispositivos y que se contamine el refrigerante a recuperar; de igual manera se evita que el compresor llegue a un estado crítico de funcionamiento al quedarse vacío o sin aceite provocando así sobrecalentamiento y daños en su bobinado.

Para la selección de un separador de aceite, se tuvo la limitación de no poder adquirir uno cuya capacidad y dimensiones se adaptara a la unidad de recuperación diseñada; por lo cual, se tomó la decisión de diseñar y construir una trampa de aceite con dimensiones suficientes para cumplir hacer la separación necesaria en el sistema.

Éste consiste en una tubería de hierro de 3 pulgadas de diámetro cerrada en sus dos extremos con entrada desde la descarga del compresor y su salida conectada a la entrada a las unidades de condensación. La separación se lleva a cabo por gravedad, alojándose el aceite en el fondo del recipiente construido, el cual debe purgarse al finalizar cada proceso de recuperación para retornar e aceite al compresor.

➤ TUBERÍA DE COBRE

Para la interconexión mecánica entre todos los elementos antes descritos, se ha seleccionado tubería de cobre flexible. De acuerdo a los diámetros de entrada y salida de estos elementos, se ha utilizado tubería de cobre flexible con diámetros de 1/4 de pulgada y 3/8 de pulgada.

Como medio de unión entre la tubería de cobre flexible y las entradas y salidas de los elementos, se ha utilizado soldadura oxiacetilénica con varilla de plata al 15% como material de aporte. Dicha soldadura se ha implementado en dispositivos como: condensador, separador de aceite y compresor recíprocante, en conjunto de válvulas con centro con rosca tipo Flare.

Los demás elementos tienen como medio de conexión rosca y tuerca tipo Flare; para las cuales es necesario preparar la tubería mediante una abocinador, para lograr el sello mecánico entre el elemento y la tubería de cobre flexible.



Figura 6-12: Tubería de cobre flexible.

Tabla 6-6: Características de tubería de cobre flexible.

Tipo	Diámetro Exterior	Diámetro Interior
Cobre Flexible	1/4"	1/8"
Cobre Flexible	3/8"	1/4"



Figura 6-13: Válvula a soldar con centro.



Figura 6-14: Tuerca tipo Flare.

6.1.2 COMPONENTES ELÉCTRICOS

➤ PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN

El presostato está diseñado para conmutar cargas eléctricas tales como contactores, relés, ventiladores, motores y aplicaciones comerciales en respuesta a cambios en la presión detectada de refrigerantes.

Para el recuperador diseñado, se ha seleccionado un presostato marca RANCO, del cual se especifican las siguientes características técnicas.



Figura 6-15: Presostato de alta presión Marca RANCO.

Con este presostato se tiene el control de la presión de succión en operación o el de control de límite.

Tabla 6-7: Características generales presostato alta presión.

Marca	Modelo	Función	Presión (PSI)
RANCO	CAP 018-108	Alta Presión	100 - 400

➤ MOTOR VENTILADOR

Para lograr un flujo constante de aire y aumentar la tasa de transferencia de calor en la unidad condensadora se ha instalado un moto-ventilador con el objetivo es hacer circular el aire a través de las aletas de aluminio del condensador. De esta manera se genera una corriente inducida.



Figura 6-16: Motor-ventilador 10 Watts.

Tabla 6-8: Características generales del motor-ventilador.

Potencia	Revoluciones	Voltaje	Hélice
10 Watts	1,500 RPM	110-115 V	Aluminio

➤ INTERRUPTOR SELECTOR DE CONTROL ENCENDIDO/APAGADO

Para la operación de encendido y apagado del equipo recuperador, se ha instalado un interruptor selector de palanca iluminada, el cual está conectado en serie con el motor-ventilador y el compresor recíprocante.

Este consta de dos posiciones de operación fija, uno de ellos normalmente abierto y otro normalmente cerrado, con los cuales se le da paso al flujo eléctrico para el arranque y paro de la unidad recuperadora.



Figura 6-17: Interruptor selector Marca EBCHQ.

Las especificaciones técnicas de este selector se muestran a continuación.

Tabla 6-8: Datos técnicos de interruptor selector marca EBCHQ.

Serie	Posiciones	Operación	Contactos	Palanca	LED
EBCHQ / 20420	2	FIJA	1 NA + 1 NC	LARGA (Verde)	110 VAC

6.1.2.1 DIAGRAMA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS

La unidad recuperadora de refrigerante no posee un sistema eléctrico muy complejo, sin embargo, es el necesario para la operación del mismo, así como, para la protección de sus elementos.

A continuación se muestra y describe el diagrama de conexiones eléctricas del sistema.

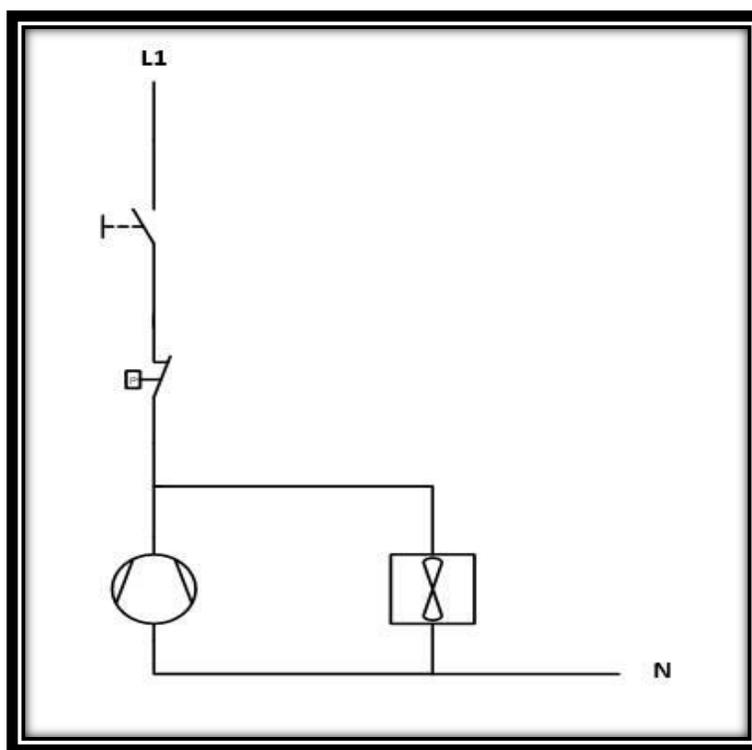


Figura 6-18: Diagrama eléctrico del recuperador.

El circuito inicia con una maneta selectora de arranque del sistema, la cual es de dos posiciones normalmente abierto, ya que al cambiar de posición, ésta debe conectar y energizar el sistema completo arrancando el compresor recíprocante en paralelo con el motor-ventilador. Antes de realizar esta conexión y arranque en paralelo de ambos elementos, el circuito se ve interrumpido por el presostato de alta presión, el cual, comanda la operación y tiene la función de protector del sistema ante una sobrepresión.

Inicialmente el presostato mantiene en constante conexión el sistema, es hasta que, detecta la presencia de una presión que sobre pase su valor seteado, abre el circuito y detiene de inmediato el recuperador, desconectando el compresor y el motor-ventilador. El recuperador puede ser accionado nuevamente hasta que la fuente de sobrepresión sea eliminada y se normalice le sistema.

6.1.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Con el fin se instalar y hacer la sujeción de cada uno de los elementos, tanto mecánicos como eléctricos, se ha diseñado y construido una estructura metálica con la capacidad de ser desplazada mediante rodos en su base. El diseño de la estructura principal se presenta en la siguiente imagen y los materiales con los cuales fue construida se listan a continuación.

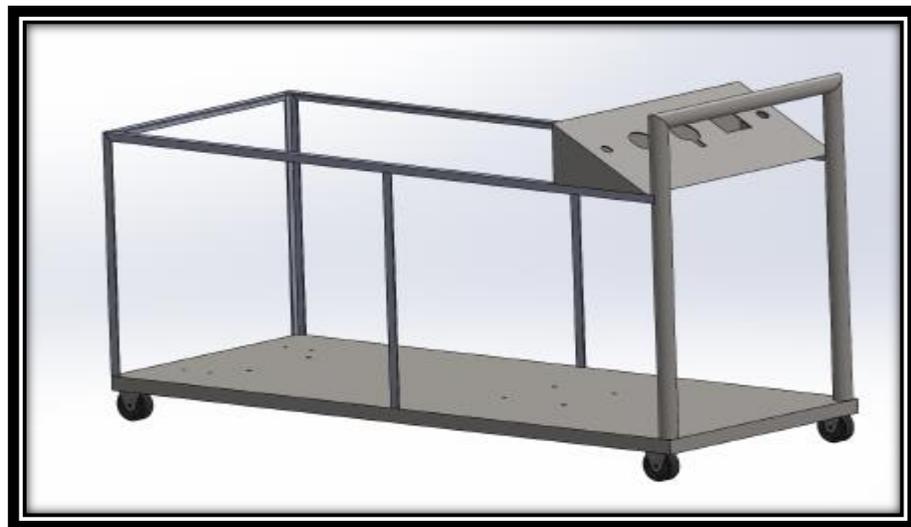


Figura 6-19: Estructura principal del recuperador

- ÁNGULO DE HIERRO.
- LÁMINA DE HIERRO.
- TUBERÍA REDONDA.
- PLETINA.
- ACRÍLICO.
- RODO GIRATORIO.

6.2 INSTRUMENTACIÓN Y HERRAMIENTAS PARA CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO RECUPERADOR

En la fase constructiva de la unidad recuperadora, se emplearon diversos equipos, herramientas e instrumentos para manipular la materia prima necesaria y así lograr el prototipo físico diseñado.

Dentro de estos elementos se encuentran instrumentos de medición, herramientas de corte, así como, equipos de soldadura.

Estos equipos se listan a continuación:

- CALIBRADOR VERNIER O PIE DE REY
- MARCO CON SIERRA
- CORTADORA DE DISCO O PULIDORA
- TALADRO DE PEDESTAL
- REMACHADORA MANUAL
- SOLDADOR OXIACETILÉNICO
- SOLDADOR DE ARCO ELÉCTRICO
- DOBLADOR DE TUBO
- ABOCINADOR O ABOCARDADOR
- CORTADORA DE TUBO

6.3 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL RECUPERADOR

El proceso de construcción de la unidad recuperadora se llevó a cabo en un taller externo, en el cual se tuvo acceso a toda la instrumentación y equipo antes descrito.

Para ejecutar la fase constructiva del proyecto se siguió una serie de pasos con secuencia lógica, los cuales se plasman en el siguiente diagrama de procesos.

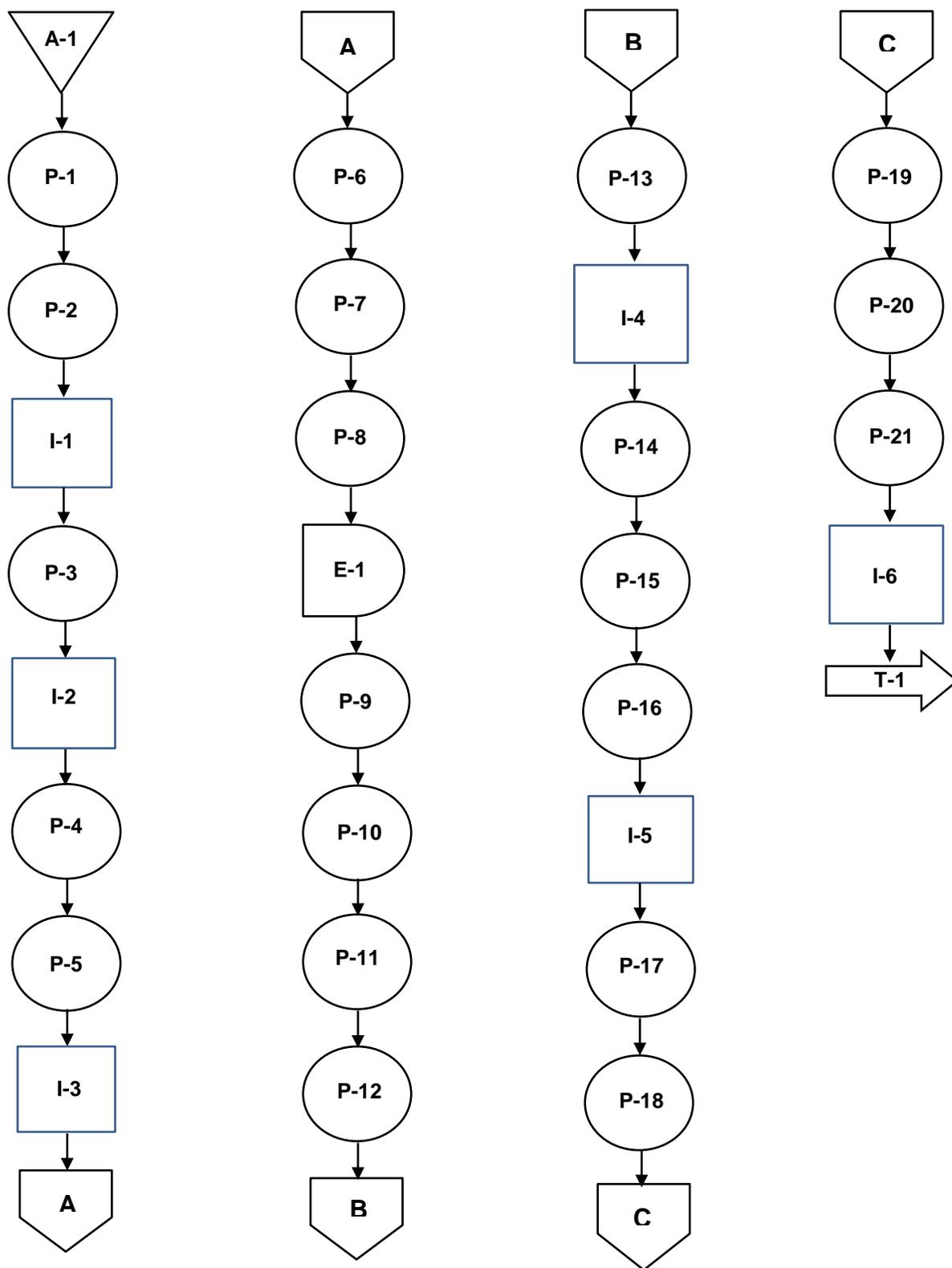


Figura 6-20: Diagrama de flujo del proceso general de construcción.

Tabla 6-9: Descripción del proceso de construcción del recuperador, correspondiente al diagrama de flujo de la figura 6-26.

Marca	Descripción
A-1	Compra y almacenamiento de materiales y materia prima en el taller de trabajo.
P-1	Operación de trazar las medidas según diseño, en la materia prima.
P-2	Cortar el material para la estructura principal del recuperador.
I-1	Verificación de medidas finales en pieza para la estructura principal.
P-3	Soldar y ensamblar las piezas antes cortadas para armar la estructura.
I-2	Verificación de medidas y cuadratura de estructura
P-4	Perforación de agujeros en base para rodos móviles
P-5	Instalación de rodos mediante pernos de sujeción.
I-3	Inspección de nivel de rodos y su funcionamiento sobre el piso plano.
P-6	Perforación de agujeros sobre la base principal, para el posterior montaje de los elementos.
P-7	Eliminación de rebabas y aristas afiladas alrededor de toda la estructura y agujeros.
P-8	Aplicación de la pintura base anticorrosiva a toda la estructura ensamblada y con todas las perforaciones realizadas.
E-1	Tiempo de espera para el secado de la pintura base.
P-9	Montaje de elementos principales sobre la base principal de la estructura, esto mediante pernos de sujeción.
P-10	Corte de tubería de cobre para las conexiones mecánicas entre los elementos.
P-11	Doblado de tubería de cobre para la adaptación de ésta al espacio disponible y a las diferentes configuraciones de los elementos.
P-12	Abocinado de los extremos de aquellas tuberías cuyo método de unión será roscado con tuerca tipo Flare.

Tabla 6-9: Descripción del proceso de construcción del recuperador, correspondiente al diagrama de flujo de la figura 6-26.

Marca	Descripción
P-13	Operación de soldadura oxiacetilénica de los tramos de tubería de cobre a los extremos de succión y descarga del compresor y del condensador; así como, de las dos válvulas de servicio de alta y baja presión y la válvula con centro instalada en el tanque de recuperación.
I-4	Verificación de la calidad de soldaduras realizadas.
P-14	Corte de lámina de hierro para el panel del tablero de medición y control.
P-15	Perforación de sección de lámina cortada, de acuerdo al tamaño y diámetros de los elementos a instalar, es decir, el visor de humedad, los manómetros de alta y baja presión, el presostato y la maneta de accionamiento.
P-16	Montaje y conexión de elementos eléctricos en el tablero de medición y control.
I-5	Inspección y revisión de conexiones eléctricas realizadas.
P-17	Prueba de funcionamiento y detección de fugas en el sistema. Para dicha detección, se implementó el método de solución jabonosa sobre las diferentes conexiones en la tubería de cobre.
P-18	Aplicación de pintura final, sobre estructura, tubería de cobre, elementos de control y tanque de recuperación.
P-19	Corte de láminas de acrílico transparente, las cuales conformarán las paredes en la periferia del recuperador.
P-20	Perforación de agujeros para la sujeción de piezas de acrílico. Y su respectiva eliminación de rebabas y aristas afiladas.
P-21	Instalación de paredes de acrílico sobre estructura principal, mediante tornillería de acero inoxidable punta de broca.
I-6	Inspección final de acabados y funcionamiento de equipo recuperador.
T-1	Transporte de la unidad recuperadora hacia instalaciones de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador.

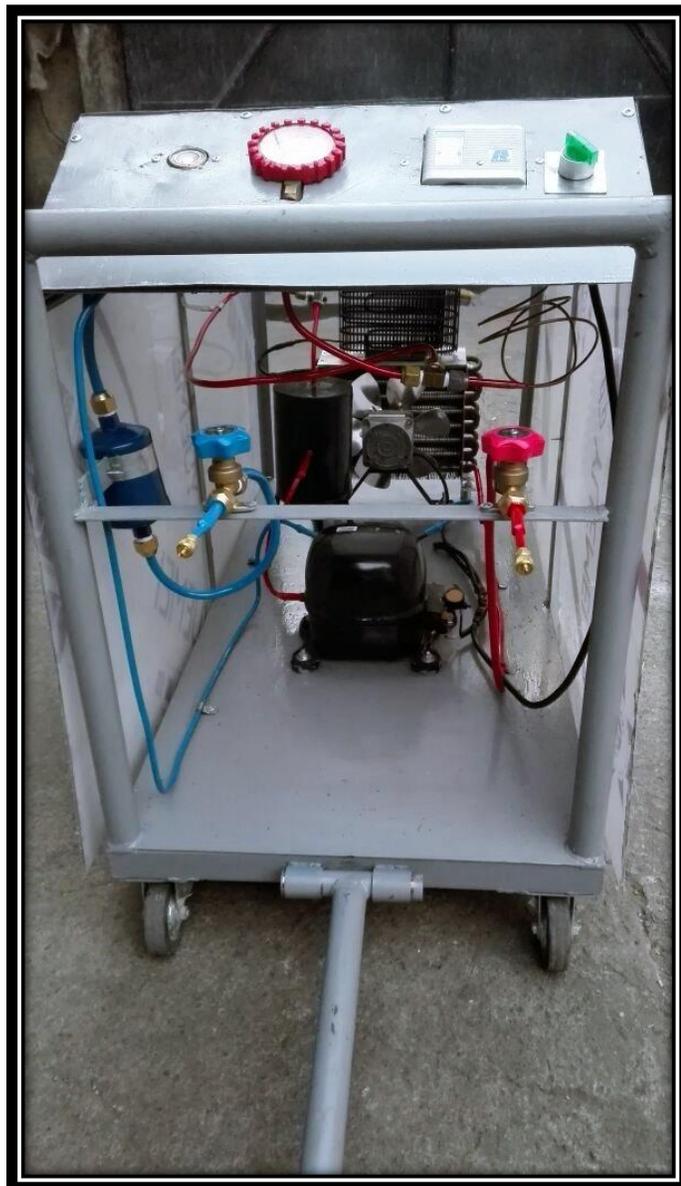


Figura 6-21: Parte frontal del recuperador.



Figura 6-22: Recuperador de refrigerante visto desde la parte superior.

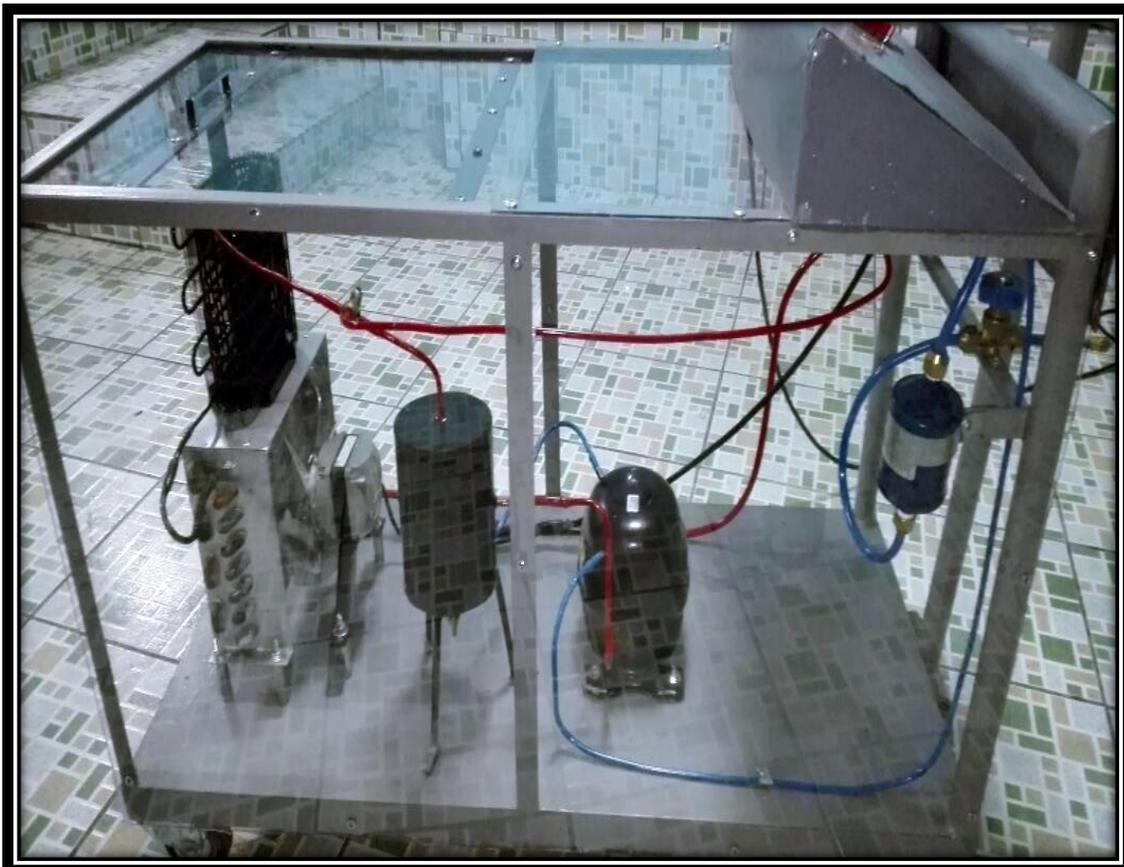


Figura 6-23: Recuperador visto desde la parte lateral izquierda.

6.4 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN

Tabla 6-10: Presupuesto de construcción equipo recuperador de refrigerante R-134a.

A Componentes Mecánicos, De Sujeción Y Control					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	Precio Unidad (\$)	Precio Total (\$)
1	Compresor Reciprocante 1/5 HP - TECUMSEH	U	1	87.54	87.54
2	Condensador de aletas y tubos - Aluminio/Cobre	U	1	45.00	45.00
3	Pre condensador de tubo	U	1	30.00	30.00
4	Válvula de paso 3/8" rosca Flare-QUALITY	U	2	5.47	10.94
5	Filtro deshidratador p/Líquido 3/8" rosca Flare -EMERSON	U	1	7.31	7.31
6	Manómetro de alta presión - UNIWELD	U	1	9.31	9.31
7	Manómetro de baja presión - UNIWELD	U	1	9.19	9.19
8	Visor líquido/humedad 3/8" Macho-Macho Flare -EMERSON	U	1	13.20	13.20
9	Separador de aceite	U	1	35.00	35.00
10	Tubería de cobre flexible 1/4" - MUELLER	Pie	10	0.67	6.70
11	Tubería de cobre flexible 3/8" - MUELLER	Pie	6	0.99	5.94
12	Válvula con centro, 1/4" rosca Flare-GENÉRICO	U	3	0.82	2.46
13	Tuerca Flare 3/8" tipo pesada	U	10	0.76	7.60
14	Conector "T" cobre 3/8" Flare	U	2	1.72	3.44
15	Varilla de plata para soldar al 15% - HARRIS	U	8	4.21	33.68
16	Válvula p/pinchar tubo 1/4" - QUALITY	U	1	2.23	2.23

Tabla 6-10: Presupuesto de construcción equipo recuperador de refrigerante R-134a.

A Componentes Mecánicos, De Sujeción Y Control					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	Precio Unidad (\$)	Precio Total (\$)
17	Válvula para latas con centro - CYDSA	U	1	4.07	4.07
18	Corta tubo 1/8" - 5/8" - TACTIX	U	1	3.15	3.15
19	Broca para hierro 7/16" -HSS	U	1	2.00	2.00
20	Machuelo 1/4" NPT	U	1	6.50	6.50
21	Lija para hierro calibre 60 - NORTON	Pliego	1	0.70	0.70
22	Lija para hierro calibre 500 - 3M	Pliego	1	0.80	0.80
23	Pernería de acero 1/4"	U	30	0.45	13.50
24	Tanque de recuperación	U	1	35.00	35.00
25	Limpiador de sistemas de refrigeración QWIK-ECOFLUSH	U	1	20.01	20.01
26	Lata de refrigerante R-134a de 12 oz.	U	10	4.30	43.00
		Total A:			438.27
B Componentes Eléctricos					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	Precio Unidad (\$)	Precio Total (\$)
1	Presostato de alta presión 100/400 PSI- RANCO	U	1	40.24	40.24
2	Motor ventilador 10 Watts - EBMPAPS	U	1	22.71	22.71
3	Interruptor selector 2 posiciones con palanca - EBCHQ	U	1	12.50	12.50
4	Cable eléctrico vulcan TSJ calibre 14 AWG	Metro	3	2.80	8.40
5	Toma macho polarizado 120 V/15 A	U	1	0.70	0.70
6	Conector recto plástico flexible	U	1	1.05	1.05
		Total B:			85.60

Tabla 6-10: Presupuesto de construcción equipo recuperador de refrigerante R-134a.

C					
Componentes Estructurales					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	Precio Unidad (\$)	Precio Total (\$)
1	Ángulo de hierro de 1-1/4" x 3/16"	Metro	6	10.00	60.00
2	Lámina de hierro negro 3 mm de espesor	Pliego	1	75.00	75.00
3	Tubo industrial redondo 1-1/4"	Metro	6	6.60	39.60
4	Pletina 1" x 1/8"	Metro	6	3.40	20.40
5	Lámina de acrílico transparente 1 x 2 m	Pliego	2	70.00	140.00
6	Rodo giratorio con rueda de hule 100 mm de diámetro	U	4	6.25	25.00
7	Pintura de aceite anticorrosiva	Galón	3	7.20	21.60
		Total C:			381.60
Total General (A + B + C):				905.47	

CAPITULO 7: OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y PRUEBAS

Previo a iniciar la operación y manejo de la unidad recuperadora, es recomendado familiarizarse con sus elementos de control, para ello, se presenta a continuación una vista frontal del tablero de control del equipo.



Figura 7-1: Tablero principal de medición y control.

En el panel de control se puede identificar el interruptor de encendido y apagado del equipo recuperador; con él se acciona eléctricamente toda la unidad recuperadora, arrancando así, el compresor en serie con el moto-ventilador.

El manómetro de color rojo es el que nos indica la presión de alta, la cual, es la presión de descarga del recuperador. Y el manómetro de color azul, es el que indica la presión de baja o de succión del sistema.

De igual manera se observa el presostato de alta presión, éste es la protección del sistema ante una sobrepresión durante el funcionamiento del equipo. Al accionarse, procede a desconectar el compresor de inmediato al solo censar un aumento de presión dentro de sistema de recuperación.

Además se visualiza el visor de líquido y humedad, el cual indica la presencia de humedad dentro del sistema. Es una alerta visual de posibles infiltraciones de líquido y/o humedad en el sistema.

7.1 PREPARACIÓN PARA LA OPERACIÓN

Antes de iniciar con el procedimiento de recuperación, debe verificarse que la unidad a la cual se le dará el servicio realmente contenga refrigerante, podría no haber nada que recuperar. Siempre verificar que el filtro secador instalado se encuentra en buen estado y que todas las conexiones estén seguras.

Es posible que el visor de líquido y humedad necesite un periodo corto de tiempo para adaptarse después que el refrigerante se ha introducido a la unidad por primera vez, pasado este tiempo su lectura será inmediata.

Como preparación inicial se debe garantizar que no exista contaminación de algún otro refrigerante diferente al del sistema al que se le dará servicio, para ello, es necesario realizar una limpieza total a la unidad de recuperación. Dicha limpieza se realiza con una lata de 1 libra de limpiador QWIK-ECOFLUSH, el cual se recomienda seguir utilizando para posteriores limpiezas. Debe conectarse la lata de limpiador a la válvula de baja presión (succión del recuperador), y manteniendo cerrada la válvula de descarga (lado de alta presión) encender el equipo para presurizar el sistema con el limpiador. Una vez presurizado, se debe abrir lentamente la válvula de descarga para que el compresor impulse el líquido limpiador realizando así, un barrido en todo el sistema, desplazando las impurezas presentes en tuberías y demás elementos de la unidad. Realizada la limpieza del sistema, puede procederse con la recuperación del refrigerante.

Una vez iniciado el proceso de recuperación, ésta debe continuarse hasta que todo el refrigerante haya sido retirado del sistema o hasta que el tanque de recuperación alcance el 80% de su capacidad.

7.2 MANUAL DE USUARIO

7.2.1 ENCENDIDO Y PROCESO DE RECUPERACIÓN

Para iniciar el proceso de recuperación de refrigerante, es necesario tomar en cuenta algunas disposiciones de seguridad industrial para evitar posibles accidentes durante dicha operación y al mismo tiempo garantizar una condición ambiental segura, tanto para la persona que operará el equipo, resguardando su integridad física, así como para evitar daños mecánicos y/o eléctricos en el equipo de recuperación.

Las indicaciones de seguridad obligatorias para poder operar la unidad recuperadora y asegurar un ambiente de funcionamiento óptimo y seguro, son las siguientes.

- 1) Utilizar equipo de protección personal, tales como: Gafas transparentes de protección visual, guantes manga larga de cuero, calzado de seguridad con suela antideslizante y con puntera reforzada, protección respiratoria (mascara o mascarilla).
- 2) Vestir con prendas a la medida y sin holguras excesivas, para facilitar el desplazamiento cómodo del operador.
- 3) Realizar el proceso de recuperación en un espacio ventilado y con buena circulación de aire fresco, no bajo la incidencia directa de rayos solares.
- 4) Energizar el equipo a un toma-corriente en buenas condiciones y sin exposición a humedad, de lo contrario, podría ocasionar un cortocircuito.
- 5) Contar y tener acceso inmediato a un botiquín de primeros auxilios.

Ahora que ya se conocen los pasos preparativos y las medidas de seguridad necesarias, se puede proceder a la puesta en funcionamiento de la unidad e iniciar la recuperación de refrigerante; y para ello, es necesario seguir una secuencia de pasos que garantizaran un funcionamiento correcto, óptimo y seguro durante el proceso de recuperación.

El procedimiento a seguir para realizar la recuperación de refrigerante de un sistema, es el descrito a continuación.

- 1) Realizar un vacío al recipiente de recuperación, implementando una bomba de vacío. Se inicia conectando un extremo de la manguera color amarillo a la válvula de servicio del recipiente y el otro extremo a la bomba de vacío, luego se enciende la bomba y se deja así hasta lograr una presión de aproximadamente de 20 pulgadas de mercurio.
- 2) Verificar que las dos válvulas de servicio estén cerradas y proceder a conectar las mangueras de la siguiente manera:
 - a. Uno de los extremos de la manguera de color azul a la válvula de servicio del mismo color, es decir, en el lado de baja presión, roscando la tuerca tipo Flare.
 - b. Uno de los extremos de la manguera de color rojo a la válvula de servicio del mismo color, es decir, en el lado de alta presión, roscando la tuerca tipo Flare.
- 3) Conectar el otro extremo de la manguera de baja presión (color azul), a la válvula de servicio del sistema al cual se le realizará la recuperación del refrigerante R-134a.
- 4) Purgar el aire contenido en la manguera de baja presión, esto se logra desenroscando suavemente la tuerca Flare de la válvula de servicio del recuperador y con la misma presión del refrigerante en el sistema de hace desplazar el aire dentro. Esta operación es cuestión de 1 segundo, es decir, al desenroscar la tuerca Flare de la válvula, se escuchara como el aire sale a alta presión de la manguera y se debe roscar nuevamente y de inmediato la tuerca Flare.
- 5) Conectar el otro extremo de la manguera de alta presión (color rojo), a la válvula con centro instalada en el tanque de recuperación.
- 6) Conectar el equipo de recuperación a una alimentación de voltaje de 110V y arrancar el equipo haciendo girar hacia la izquierda, el interruptor selector de color verde.
- 7) Manteniendo aún cerrada la válvula de servicio de alta presión (color rojo) y abrir lentamente la válvula de servicio de baja presión (color azul). En este instante comenzará a ingresar el refrigerante R-134a en el sistema. Se podrá visualizar en el manómetro de baja, como la presión comienza a ascender conforme ingresa el gas refrigerante al sistema.
- 8) Se debe verificar la temperatura ambiente en el instante en el que se está realizando la recuperación y consultar la presión a la cual el refrigerante R-134a logra su estado de condensación. Se debe dejar en funcionamiento el equipo hasta visualizar esta presión en el manómetro de alta (color rojo).

- 9) Una vez alcanzada la presión de condensación del refrigerante, puede proceder a abrir la válvula de servicio de alta presión e iniciar con el traslado del refrigerante condensado al tanque de recuperación.
- 10) Se debe mantener en funcionamiento la unidad recuperadora hasta que todo el refrigerante sea extraído del sistema y sea desplazado hacia el tanque de recuperación. Asegurarse que el peso del tanque de recuperación no sobrepase el 80% de su capacidad; en caso contrario debe apagar el equipo de recuperación. (ver proceso de parada del equipo).
- 11) Una vez recuperado en su totalidad el refrigerante del sistema, y que este se haya almacenado en el tanque, apague el equipo mediante el interruptor selector.
- 12) Como último paso, se debe realizar la purga del aceite acumulado en la trampa de aceite para garantizar que éste retorne hacia el carter del compresor.

En el caso de que la masa de refrigerante a recuperar sea grande y fuese necesario más de un tanque de recuperación, se debe proceder de la siguiente manera.

- 1) Apague la unidad de recuperación y cierre todas las válvulas de servicio (succión y descarga).
- 2) Desconecte solamente el extremo de la manguera que está en el tanque de recuperación para evitar fugas de refrigerante desde éste.
- 3) Conecte el segundo tanque de recuperación (con su vacío realizado previamente).
- 4) Encienda de nuevo la unidad de recuperación y abra las válvulas de servicio de succión y descarga.

7.2.2 PROCESO DE PARADA DEL EQUIPO RECUPERADOR

Cuando sea necesario interrumpir el proceso de recuperación y apagar el equipo, se debe seguir el siguiente procedimiento.

- 1) Cerrar las válvulas de servicio, tanto la de succión como la de descarga.
- 2) Desenergizar la unidad por medio del interruptor selector. Éste desconectará el compresor en conjunto con el moto-ventilador.

- 3) Desconectar las mangueras necesarias, dependiendo de la operación a realizar, evitando la fuga de refrigerante, ya sea desde el tanque de recuperación o desde la unidad recuperadora.

7.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO RECUPERADOR

La unidad de recuperación de refrigerante R-134a es similar a un sistema de refrigeración. La diferencia entre estos dos sistemas es básicamente que un sistema de refrigeración está ensamblado, evacuando y cargando bajo condiciones controladas y el sistema interno cambia muy poco hasta que es necesario abrirlo para alguna intervención de mantenimiento. Las unidades de recuperación tienen un comportamiento y una utilización no periódica, cada vez que es conectado a un sistema para realizar una recuperación, está expuesto a un ambiente interno totalmente diferente y contaminado; por lo cual, un programa de mantenimiento no debe dejarse de lado y es necesario implementarlo con cierta frecuencia.

El plan de mantenimiento busca atacar las fallas más comunes en un equipo de recuperación, dentro de las cuales se mencionan las siguientes.

- 1) Fallas en el compresor.
 - a. Nivel bajo o nulo del aceite en su cárter.
 - b. Sobrecalentamiento: Se produce cuando la temperatura del gas de succión al compresor es muy elevada.
 - c. Bajo Voltaje: Al trabajar el compresor con bajo voltaje se traduce en un aumento de corriente eléctrica (Amperaje) provocando calentamiento en los devanados y daño del aislamiento.
 - d. Obstrucciones en tuberías y falta de ventilación: Bajo estas condiciones el sistema tendrá muy alta presión en la cabeza del compresor y/o baja presión de succión, haciéndose excesiva la temperatura de descarga del compresor.

- 2) Fallas por contaminantes en el sistema.
 - a. Aire y humedad: Son los más dañinos ya que pueden reaccionar con el aceite y el refrigerante provocando enlodadura y formación de ácidos dentro del sistema. Se forman por un vacío ineficiente.

- b. Suciedad y partículas de metal: Se depositan en las válvulas obstruyendo la circulación del refrigerante, dañan el material aislante del embobinado, se depositan en éste y provocan corto circuito.

Mantener la cantidad adecuada de aceite limpio en el compresor es de mucha importancia, ya que por tratarse de un sistema hermético el aceite es recirculado dentro del sistema.

En la unidad de recuperación, el aceite del compresor se desplaza junto con el refrigerante en forma de partículas y éste tiene que ser retornado hacia el cárter del mismo; esto es posible gracias a la trampa de aceite ubicada justo a la salida del mismo.

Con esto se garantiza que el nivel de aceite se mantenga en el compresor, y que este no se movilice hasta el tanque de recuperación contaminando el refrigerante.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta dentro del mantenimiento de la unidad, es que el condensador debe recibir limpieza con aire comprimido para evitar obstrucciones en sus aletas y disminuir su capacidad de transferencia de calor.

Además, el filtro secador instalado no es de cartucho intercambiable, por lo cual al presentarse fallas por saturación de impurezas en él, la solución inmediata es la sustitución del mismo por uno nuevo.

Los elementos como el visor de líquido y humedad, así como manómetros, presostato y la tubería en general, necesitan un mantenimiento mínimo, siendo primordial las limpiezas programadas y el re-aprete de tuercas.

A continuación se presenta el programa de mantenimiento preventivo, el cual busca, evitar posibles fallas en la unidad a corto y largo plazo.

Tabla 7-1: Programa de mantenimiento preventivo.

Frecuencia	Actividad
Diario (o antes que se lleve a cabo un proceso de recuperación)	1. Verificar que todas las válvulas y tuberías tengan un buen apreté en sus uniones, re-apretar de ser necesario.
	2. Buscar posibles puntos de fuga en el sistema, y de identificarse una fuga, aplicar acción correctiva como soldaduras nuevas o sustitución de tuercas y tramos de tuberías.
	3. Verificar estado del filtro secador. Intercambiar de ser necesario.
	4. Inspeccionar el tanque de recuperación, en busca de golpes o fugas. No proceder con la recuperación hasta que se intercambie un tanque dañado.
Mensual	1. Revisar el sistema eléctrico del tablero del control, re-apretar contactos del interruptor. De igual manera, los contactos eléctricos del motor-ventilador y relé de sobrecarga del compresor.
Trimestral	1. Inspeccionar visualmente la unidad recuperadora en búsqueda de desajustes estructurales.
	2. Realizar limpieza al condensador utilizando aire comprimido o con solución jabonosa.
	3. Verificar el motor-ventilador, que el movimiento rotativo de sus aspas sea libre y sin restricción.
	4. Presurizar el sistema en busca de fugas. Corregir al identificarse alguna.

7.4 PRUEBAS DEL EQUIPO RECUPERADOR

Garantizando un buen funcionamiento de la unidad recuperadora, se realizaron pruebas para identificar posibles fallas y puntos de mejora en el diseño de la unidad.

A continuación se muestran los resultados obtenidos, por medio de la siguiente tabla.

Tabla 7-2: Resultados de la prueba realizada al recuperador de refrigerante.

Prueba De Equipo Recuperador De Refrigerante R-134a	
Fecha: 15/04/2017	Hora: 02:00 pm
Condiciones Iniciales	
Refrigerante a recuperar :	R-134a
Peso del tanque en vacío:	5.6 Lb
Capacidad del tanque:	30 Lb
Presión Inicial del tanque:	20 Plg. Hg
Temperatura ambiente:	29 °C
Condiciones de proceso	
Presión de succión:	15 psi.
Presión de descarga:	91 psi.
Aspecto del visor:	Humedad mínima en el sistema
Tiempo total de recuperación:	10 minutos
Peso final del tanque:	7.2 Lb
Cantidad de refrigerante recuperado:	1.6 Lb.

7.5 GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO

Ya que uno de los objetivos de este trabajo de graduación es dotar a la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador con una unidad de recuperación de refrigerante R-134a con fines didácticos y para el complemento de la formación de próximas generaciones de estudiantes, se presenta una guía que orienta al estudiantado sobre el manejo del equipo y sobre la naturaleza termodinámica del mismo.

Dicha guía de laboratorio consta de un listado de materiales, herramientas y equipos de medición necesarios para realizar la recuperación de refrigerante R-134a, tomando en cuenta las medidas de seguridad industrial y las buenas prácticas en refrigeración. De igual manera, se muestra el procedimiento para poder realizar la práctica, y la toma de datos iniciales, de proceso, y finales de la misma.

Como método de evaluación y testeo del nivel de aprendizaje del estudiante que ha realice la práctica, se ha incluido un pequeño cuestionario, que deberá complementarse de manera individual al finalizar la práctica.

La guía práctica de laboratorio, se presenta en el anexo 31.

CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación realizada, así como, del diseño y construcción de la unidad recuperadora, podemos extraer las siguientes conclusiones.

- Debido al gran impacto que genera la liberación indiscriminada de gases refrigerantes al ambiente, el uso de un recuperador de refrigerante debe ser de carácter obligatorio dentro de las buenas prácticas en refrigeración para un manejo adecuado y responsable de estos gases refrigerantes presentes en diversos sistemas; ya sea por mantenimiento o por la depuración de un sistema, debido a un cambio de tecnología más reciente.
- La implementación de buenas prácticas de refrigeración, mejoran los resultados durante la fase constructiva de toda máquina o sistema donde están presentes gases refrigerantes, ya que, se estandarizan los procedimientos y abre la puerta a la detección de posibles deficiencias o fallas dentro de los sistemas diseñados; tal es el caso de la detección de fugas, que fue una de las situaciones a la que nos enfrentamos durante la construcción de este recuperador de refrigerante R-134a. Lo cual se logró solventar al ser localizadas mediante el método de solución jabonosa. Además, estas buenas prácticas de refrigeración nos ayudan a garantizar el buen funcionamiento de nuestro equipo, y asegurar la integridad de la persona que lo manipula tanto en su funcionamiento como durante el mantenimiento del mismo.
- Con la entrega de este equipo recuperador de refrigerante R-134a, la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador, estará dotada con una unidad didáctica para la realización de ensayos y laboratorios prácticos con referente a la recuperación de gases refrigerantes; logrando así, un complemento en la enseñanza teórica con la práctica y al mismo tiempo fomentar y dar alternativas de protección al medio ambiente.

RECOMENDACIONES

- Incluir de manera obligatoria, la implementación de las buenas prácticas en refrigeración, como parte del procedimiento a seguir en toda tarea de mantenimiento, así como, en la construcción y operación de un sistema de refrigeración.
- Manejar de forma racional los gases refrigerantes por medio del uso de una unidad de recuperación, evitando la liberación indiscriminada de estos a la atmósfera, con el fin de prevenir daños al medio ambiente.
- Implementar un correcto plan de mantenimiento preventivo para la unidad recuperadora, en el que se incluya un buen manejo de herramientas de acuerdo a los elementos que lo conforman, orientado a un funcionamiento eficiente, a alargar la vida útil del equipo y prevenir posibles fallas.
- Utilizar siempre el equipo de protección personal recomendado para operar cada elemento de la unidad, dentro de los valores normales sin sobrepasar sus límites de funcionamiento, así como para la realización de sus mantenimientos, con el fin de proteger la integridad física de la persona que opera el equipo, y para evitar daños en los elementos que lo conforman.
- Los lubricantes sintéticos denominados polioléster son muchísimo más higroscópicos que los aceites minerales, por lo cual no se recomienda dejar al ambiente más de 10 minutos este tipo de aceite, debido a la cantidad de agua que sería absorbida, ya que al inyectarlo al compresor podría causar corrosión en los elementos internos de este.
- Para sistemas que contiene aceite sintético a base de Poliolester, se recomienda que el vacío a realizar alcance por lo menos los 250 micrones.
- Se recomienda asegurarse de no mezclar refrigerantes recuperados en el cilindro, para evitar riesgos a la salud y al medio ambiente.

GLOSARIO

Existen varios términos y expresiones que son de uso común en refrigeración. A continuación se proporciona una lista de los mismos en el orden alfabético con una breve explicación.

A

Absorción Es la extracción de uno o más componentes de una mezcla de gases cuando los gases y los líquidos entran en contacto. El proceso se caracteriza por un cambio en el estado físico o químico de los componentes.

Acondicionamiento del aire Control simultáneo de la temperatura, humedad, composición, movimiento y distribución del aire para hacer confortable el entorno o para fines industriales.

C

Caballo de fuerza (hp) Unidad de potencia (o fuerza): $1 \text{ hp} = 745,7 \text{ W}$.

Caballo de potencia (hp) Unidad de potencia (o fuerza): $1 \text{ hp} = 745,7 \text{ W}$.

Calidad Porcentaje (%) en peso de vapor en una mezcla de líquido/vapor.

Calor Forma básica de energía que se caracteriza por su capacidad de pasar de un cuerpo a una temperatura dada únicamente a un cuerpo a una temperatura inferior. Puede manifestarse como calor sensible o calor latente. La unidad, en ingeniería, es el joule, J.

Calor de condensación (licuefacción) Energía térmica producida por un vapor o gas puro durante el cambio a un estado líquido a temperatura y presión constantes.

Calor latente Energía térmica liberada o absorbida en un cambio de estado a temperatura y presión constantes de una sustancia pura. El ser humano no puede percibirlo con sus sentidos y por lo tanto se dice que es un calor latente u oculto.

Calor sensible Energía térmica que se caracteriza por el cambio de la temperatura y por lo tanto, el ser humano puede percibirlo con sus sentidos.

Cambio de estado. Proceso por el que la materia cambia de un estado a otro como, por ejemplo, del estado sólido al líquido, o del estado líquido al gaseoso o al de vapor.

Capacidad térmica La cantidad de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de una masa de material en un grado.

Ciclo Trayectoria cerrada en un sistema termodinámico por la que el fluido activo retorna después de una serie de cambios a las condiciones originales de temperatura, presión y entalpía.

Climatización Control simultáneo de la temperatura, humedad, composición, movimiento y distribución del aire para hacer confortable el entorno o para fines industriales.

Coefficiente de rendimiento Medida de la eficiencia de un sistema de refrigeración. Numéricamente, la cantidad de calor extraída del refrigerador, dividida por el gasto de trabajo.

Coefficiente de transferencia térmica Cantidad de calor transmitido a través de un cuerpo de longitud y área de sección transversal unitario en 1 unidad de tiempo, cuando el gradiente térmico a lo largo de la dimensión longitudinal es de 1 unidad. Se expresa comúnmente en W/m^2K y las letras utilizadas a menudo son K o valor U .

Condensador Recipiente o disposición de tubos en el que el vapor caliente se enfría y se licua por extracción del calor.

Condensador enfriado por evaporación Condensador que se enfría por la evaporación continua de agua sobre las superficies condensadoras.

Conducción El proceso de transmisión de calor de molécula a molécula a través de un material.

Conductividad térmica Cuando hay diferencias de temperatura en toda materia, el calor fluye de las regiones calientes a las frías hasta que las temperaturas se hacen iguales. La conductividad térmica se expresa en $L = W/Mk$. Por ejemplo, el aislamiento de poliuretano varía entre 0,017 y 0,027 W/Mk .

Contracorriente Intercambio de calor entre dos fluidos que fluyen en direcciones opuestas de manera que la porción más caliente de un fluido se encuentra con la porción más caliente del otro.

Convección El proceso de transferencia de calor por el movimiento de gas, vapor o líquido calentado.

D

Densidad Peso o masa por unidad de volumen; se expresa habitualmente en $Kg. /m^3$.

E

Energía La capacidad de realizar un trabajo. En ingeniería, la unidad de energía térmica es el joule, J, la Kcal o el Kwh . para la energía eléctrica.

Energía interna Energía que posee un cuerpo o un sistema de cuerpos en virtud de movimientos y la energía potencial de las moléculas.

Entalpía Denominada igualmente contenido de calor y calor total, es la suma de la energía interna más el producto de la presión por el volumen. Sirve específicamente para determinar la energía adquirida o perdida por un fluido

activo al pasar a través de una pieza de un aparato; dicha energía es el cambio de entalpía del fluido. En ingeniería, la unidad de la entalpía kJ/kg se representa por "L" o, más comúnmente, por "H".

Evaporador Componente de un sistema de refrigeración en el que el refrigerante líquido absorbe el calor y se cambia a vapor.

Exergía Propiedad termodinámica que permite determinar el potencial de trabajo útil de una determinada cantidad de energía que se puede alcanzar por la interacción espontánea entre un sistema y su entorno. Informa de la utilidad potencial del sistema como fuente de trabajo.

F

Fase En el sentido físico, se aplica a uno de los estados de la materia como, por ejemplo, la fase sólida, líquida o gaseosa.

"Flash gas" (gas desprendido durante el enfriamiento del líquido refrigerante) El vapor formado como resultado de una reducción en la presión de un líquido volátil que no tiene subenfriamiento.

G

Gas Fluido sin forma ni volumen propios, cuyas moléculas tienden a separarse unas de otras y presentan mayor movilidad que las de los líquidos.

Grado de sobrecalentamiento La diferencia entre la temperatura de un vapor a una presión dada y la temperatura de saturación a dicha presión.

H

Herramientas para flare Utilizadas para abocinar o acampanar el extremo del tubo, para hacer una unión con rosca cónica o "flare" de amplio uso en instalaciones de refrigeración, aire acondicionado, gas doméstico, etc.

Herrumbre Capa de color rojizo que se forma en la superficie del hierro y otros metales a causa de la oxidación provocada por la humedad o el agua.

Hidrómetro Instrumento para medir la gravedad específica o la densidad de un líquido.

Humedad absoluta Peso del vapor de agua en una mezcla con 1 unidad de peso de aire. Se expresa habitualmente como $\frac{\text{Kg de vapor}}{\text{Kg de aire seco}}$

Humedad relativa Relación entre la presión parcial del vapor de agua en el aire a una temperatura dada y la presión de saturación del vapor de agua a la misma temperatura. Esta relación no depende de la presión atmosférica.

I

Intercambiador de calor Dispositivo en el que el calor se transfiere de un fluido que tiene determinada temperatura a otro fluido que tiene una temperatura inferior.

Intercambiador térmico Dispositivo en el que el calor se transfiere de un fluido que tiene determinada temperatura a otro fluido que tiene una temperatura inferior

L

Lado de alta La parte de un sistema de refrigeración que está bajo la presión del condensador.

Lado de baja La parte de un sistema de refrigeración que está bajo la presión del evaporador.

Ley de Dalton La presión total de una mezcla de gases en un recipiente cerrado es la suma de las presiones que cada gas separado ejercería si los otros no estuvieran presentes.

Licuefacción (calor de condensación) Energía térmica producida por un vapor o gas puro durante el cambio a un estado líquido a temperatura y presión constantes.

Líquido Sustancia cuyas partículas presentan mayor movilidad que los sólidos y menor que los gases, y no presentan una forma propia determinada, pero sí un volumen fijo que se distribuye en el recipiente que lo contiene adaptándose a su forma.

M

Mangueras Tubo hueco flexible diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro.

Mezclas Se utiliza para describir mixturas que son zeotrópicas o casi azeotrópicas. Las mezclas son mixturas y no compuestos puros. Por lo tanto, puede haber dos o tres moléculas presentes mientras que en un compuesto puro hay una sola molécula.

Mezcla azeotrópica Mezcla cuyas fases líquida y gaseosa tiene la misma composición a una temperatura específica. Una mezcla puede ser azeotrópica únicamente a una temperatura. A los efectos prácticos, si al cambiar la temperatura, el cambio en la composición del azeótropo es un pequeño, se puede considerar que se trata de un solo fluido y no de una mezcla.

Mezcla zeotrópica/no azeotrópica Mezcla que manifiesta cambios importantes en las composiciones de vapor y líquido con la temperatura. Se evapora y se condensa dentro de una gama de temperatura. Los cálculos y el diseño de la unidad deben tener esto en cuenta. Se llama también “mezcla de amplios puntos de ebullición”.

P

Potencia Energía (fuerza) por unidad de tiempo; las unidades que se utilizan en ingeniería son: El caballo de potencia: hp; el kilovatio: Kw.

Presión La fuerza ejercida por un fluido sobre 1 unidad de superficie de la pared de un recipiente. Unidades utilizadas en ingeniería: bar, pa y torr (mm Hg).

Presión absoluta Presión que sobrepasa a un vacío absoluto o perfecto. Numéricamente, es la presión manométrica más la presión barométrica expresada en bares, psia.

Presión crítica La presión observada en el punto crítico de una sustancia. **Presión parcial** Fracción de la presión total de una mezcla de gases que aporta determinado componente.

Propiedades termodinámicas La relación entre la temperatura, la presión, el volumen específico, la entalpía y la entropía de un fluido bajo diversas condiciones.

Punto crítico Un punto de estado en el que el estado líquido y el gaseoso tienen propiedades idénticas.

Punto de fusión La temperatura a la que, a una presión dada, una sustancia sólida pasa al estado líquido.

R

Refrigerante primario Todo fluido que se utiliza en un ciclo termodinámico para remover el calor del evaporador y llevarlo al condensador donde es eliminado.

Refrigerante secundario Todo fluido que se utiliza para transmitir calor de lo que ha de enfriarse hacia el evaporador.

S

Sistema de refrigeración por absorción Sistema en el que la compresión del refrigerante se procura por medios térmicos. Esto se logra

habitualmente por un fluido absorbente que captura el refrigerante vaporizado, reduciendo su volumen por cambio de fase, utilizando una pequeña bomba para elevar los fluidos combinados a la presión de condensación, destilando el refrigerante del fluido absorbente mediante el calor y enviando el vapor refrigerante fuera del condensador y haciendo volver el fluido absorbente al absorbedor.

Sistema de refrigeración por compresión Sistema en el que el gas o el vapor refrigerante se comprimen mediante un dispositivo mecánico.

Soldadura autógena Soldadura en la cual la combustión se realiza por la mezcla de acetileno y oxígeno que arden a la salida de una boquilla (soplete). La soldadura autógena no requiere de aporte de material.

Subenfriamiento El enfriamiento de un líquido por debajo de su temperatura de condensación o saturación.

Sublimación El cambio de estado de un sólido que pasa directamente al estado gaseoso sin pasar por la fase líquida.

T

Temperatura absoluta Es la temperatura que sobrepasa el cero termodinámico, que es la temperatura en la que no hay ninguna energía térmica. Numéricamente, es la temperatura en grados Celsius superior a $-273,15^{\circ}\text{C}$. La temperatura absoluta se expresa habitualmente en grados kelvin $0^{\circ}\text{K} = -273,15^{\circ}\text{C}$.

Temperatura crítica La temperatura observada en el punto crítico de una sustancia.

Temperatura de saturación La temperatura a la que la fase líquida está a la temperatura y presión especificadas.

Tubería Conducto formado por tubos que sirve para distribuir líquidos o gases.

U

Unidad térmica –SI La energía térmica necesaria para elevar en 1 grado Celsius la temperatura de 1 kilogramo de agua en estado líquido, unidad que es suficientemente precisa para cálculos normales de ingeniería.

V

Vacuómetro Es un instrumento destinado para medir presiones inferiores a la presión atmosférica.

Válvula de expansión Válvula que controla el flujo del refrigerante de alta presión hacia el evaporador.

Vapor Este término se aplica a un gas que está cercano a la temperatura y a la presión de saturación. En general, se utiliza para gases a temperaturas inferiores a la crítica.

Vapor saturado Vapor que está en equilibrio con su fase líquida a la temperatura y presión específicas.

Vapor sobrecalentado Vapor cuya temperatura es más elevada que la temperatura de saturación para la presión especificada.

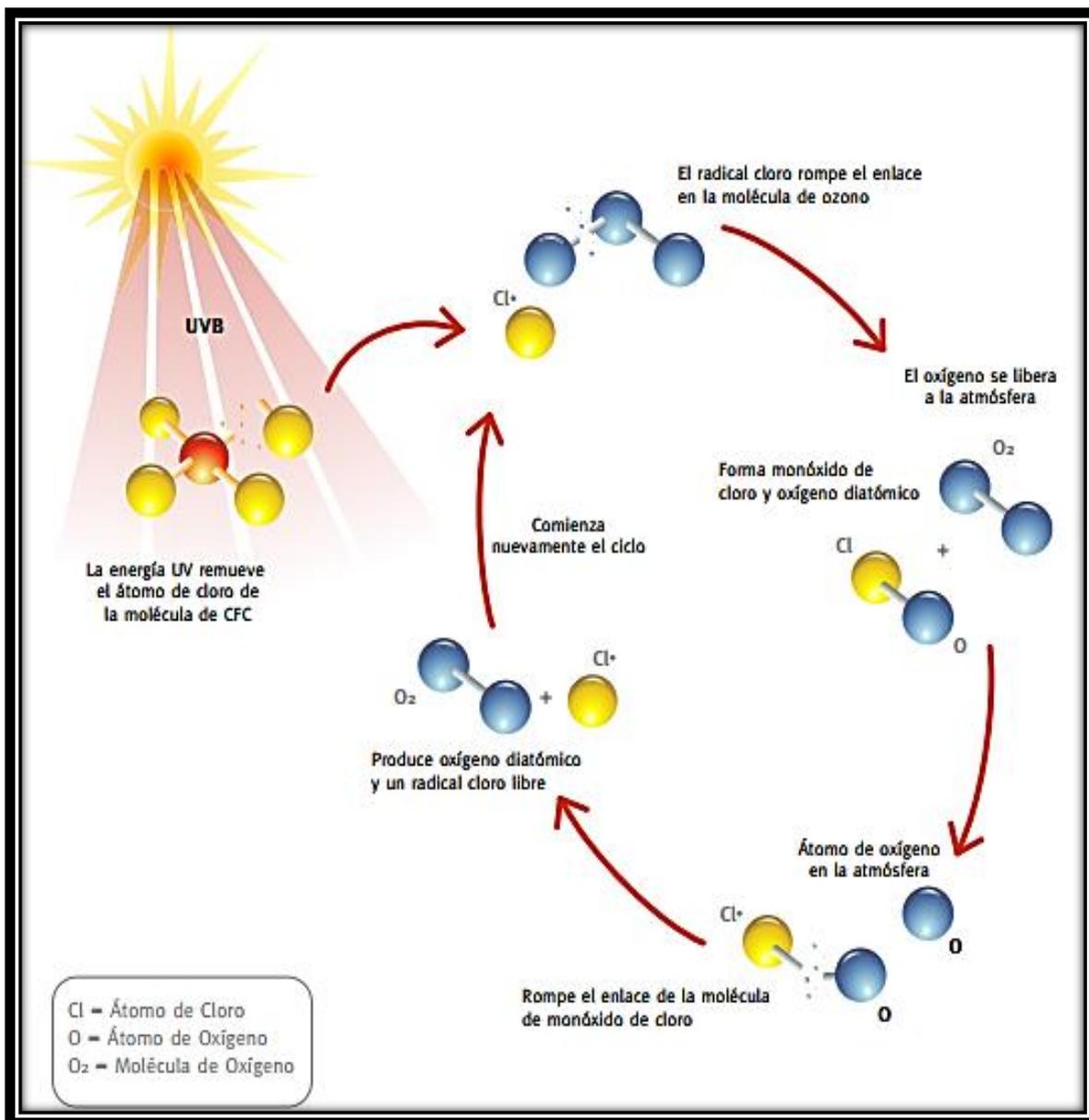
BIBLIOGRAFÍA

- Diseño Y Construcción De Un Equipo De Laboratorio Para La Recuperación Y El Reciclado De Sustancias Refrigerantes.
Tesis: William Ernesto Brizuela Cornejo.
Jorge Alberto Fuentes Hidalgo.
Luis Alberto Rivas Ulloa.
Universidad De El Salvador, 1996.
- Termodinámica, Yunus a. Cengel, 6ta Edición.
- Ingeniería termodinámica, David Burghardt, 2da Edición.
- El Pensamiento Ecologista. Ricardo A. Navarro. CESTA 1995.
- Resumen Ejecutivo del protocolo de Montreal. Lic. Francisco Guevara. SEMA 1995.
- Rediseño y Construcción de un banco de refrigeración. Diseño e Instalación de sus controles y accesorios.
Tesis: Salvador A. Deleón Garay.
Rubén Martínez Rodríguez.
Rolando Monzón Duarte.
Universidad de El Salvador, 1987.
- Los Refrigerantes Y El Medio Ambiente.
Tesis: Juan Pablo Plazas Monroy.
- Principios y sistemas de refrigeración. Edward G. Pita. Editorial LIMUSA.
- The Refrigerant Recovery book. D. Clodic F. Sauer.
- Principios de Refrigeracion. Ray J. Dossat. Editorial CONTINENTAL.
- Manual de Refrigeracion de Copeland. Instituto Mejicano del Seguro Social.
- Catalogo Sparlan. Boletín 10-30 y 40-10.
- *Manual "Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado"*.
- *Fluidos Refrigerantes. Tablas Y Diagramas. J. NAVARRO Y OTROS ED. AMV. 2003.*
- *Manual Del Frigorista. Honeywell Y Friogas. PECOMARK 2009.*
- Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado, Fundamentos. William C. Whitman.
- Módulo 1: La capa de ozono y las SAO's. PNUMA.
- Manual De Ciudadanía Ambiental Global: Capa De Ozono. PNUMA 2005.
- Manual de manipulación de gases refrigerantes fenercom. Fundación de la Energía de la comunidad de Madrid 2013.

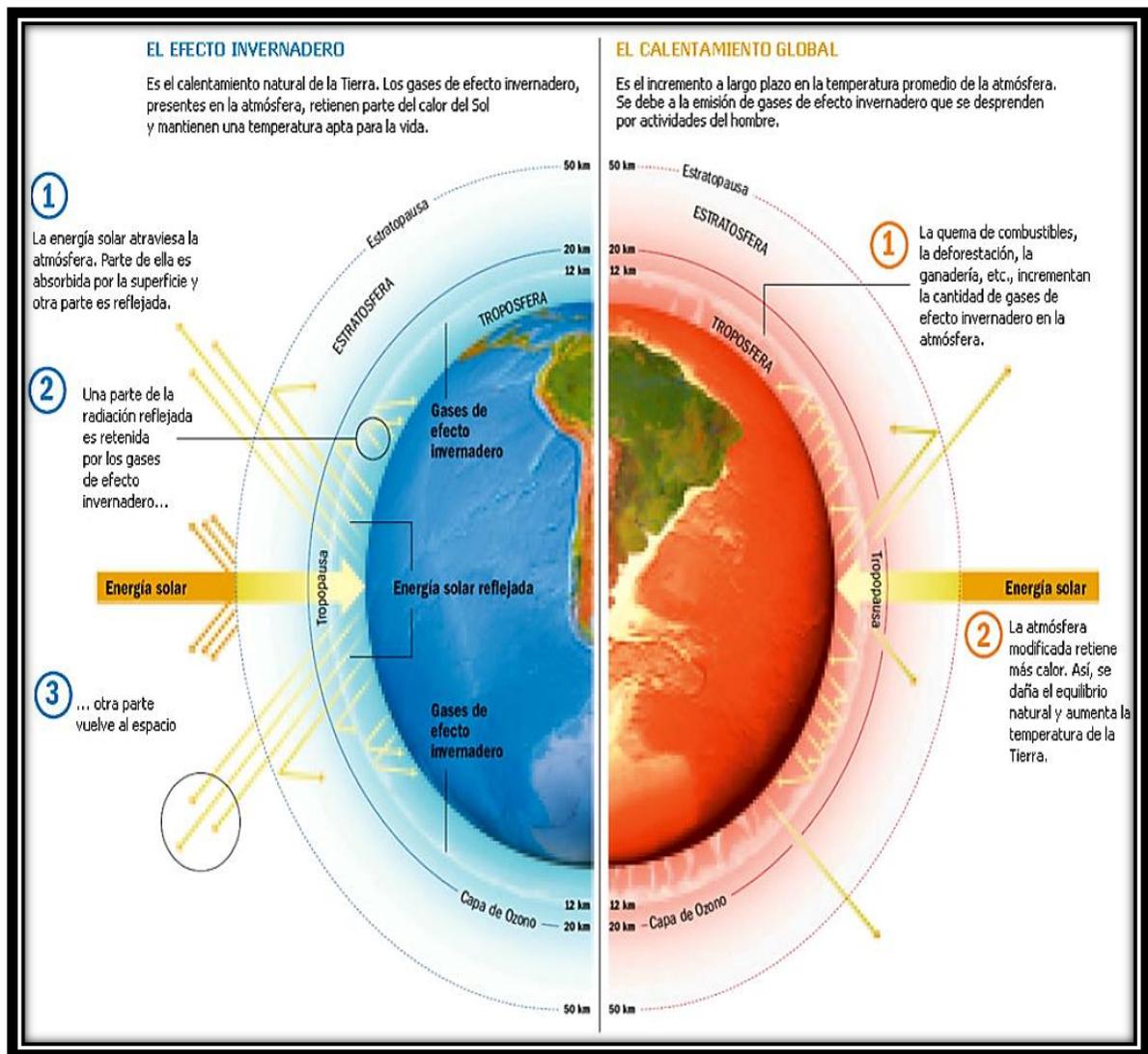
- Universidad Politécnica de Catalunya, 2012.
- DUPONT. Alternative Refrigerants. Características de los Refrigerantes. Manual para el Uso de Refrigerantes Freón. Departamento de Mercadeo, Junio de 1989.
- Manual de aplicación de compresores herméticos Danfoss
- Catálogo de selección Componentes para Sistemas de Refrigeración
- Catálogo de selección de productos Emerson
- Catálogo de Mangueras Industriales - Poberaj SA – 2009.
- Catálogo de equipos – Mastercool.
- Recuperación, Reciclado y Regeneración de Gas Refrigerante HVAC&R.
- Cumbre para La Tierra, Nueva York, 23 a 27 de Junio de 1997. Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas.

ANEXOS

ANEXO 1: CICLO DE DESTRUCCIÓN DEL OZONO CAUSADA POR LAS SAOs



ANEXO 2: EFECTO INVERNADERO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL



A continuación se mencionan las consecuencias del efecto invernadero y el calentamiento global tanto en nuestro medio ambiente y en nuestra salud.

Clima - El calentamiento global ha ocasionado un aumento en la temperatura promedio de la superficie de la Tierra. A causa de la fusión de porciones del hielo polar, el nivel del mar sufrió un alza de 4-8 pulgadas durante el pasado siglo, y se estima que habrá de continuar aumentando. La magnitud y frecuencia de las lluvias también ha aumentado debido a un incremento en la

evaporación de los cuerpos de agua superficiales ocasionado por el aumento en la temperatura.

Los científicos estiman que la temperatura promedio de la superficie terrestre puede llegar a aumentar hasta 4.5 °F en el transcurso de los próximos 50 años (2001-2050), y hasta 10 °F durante este siglo. Este incremento en la evaporación de agua resultará en un aumento en la intensidad y frecuencia de los huracanes y tormentas. También será la causa de que la humedad del suelo se reduzca debido al alto índice de evaporación, y que el nivel del mar aumente un promedio de casi 2 pies en las costas del continente Americano y el Caribe.

Salud - Un aumento en la temperatura de la superficie de la Tierra traerá como consecuencia un aumento en las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, las enfermedades infecciosas causadas por mosquitos y plagas tropicales, agotamiento y deshidratación debida al calor. Los sistemas cardiovascular y respiratorio se afectan debido a que, bajo condiciones de calor, la persona debe ejercer un esfuerzo mayor para realizar cualquier actividad, poniendo mayor presión sobre dichos sistemas.

Por otra parte, como las zonas tropicales se extenderán hacia latitudes más altas, los mosquitos y otras plagas responsables del dengue, la malaria, el cólera y la fiebre amarilla, en los trópicos afectarán a una porción mayor de la población del mundo, aumentando el número de muertes a causa de estas enfermedades.

Calidad de aguas superficiales - A pesar de que incrementará la magnitud y frecuencia de eventos de lluvia, el nivel de agua en los lagos y ríos disminuirá debido a la evaporación adicional causada por el aumento en la temperatura. Algunos ríos de flujo permanente podrían secarse durante algunas épocas del año, y ríos cuyas aguas se utilizan para la generación de energía eléctrica sufrirían una reducción en productividad.

El aumento en temperatura aumentará la demanda por agua potable, pero reducirá los niveles de producción de los embalses ya que los niveles de agua bajarán. Al disminuir el nivel de agua en lagos, ríos y quebradas, el efecto potencial de los contaminantes será mayor, ya que aumentará su concentración relativa al agua presente en los mismos. Al aumentar la magnitud y frecuencia

de las lluvias, aumentará también la incidencia e intensidad de inundaciones, así como la sedimentación de cuerpos de agua producto y la baja humedad del terreno. Los humedales de tierra adentro, ecosistemas acuáticos poco profundos, también se reducirán de tamaño debido a la evaporación.

La agricultura - Debido a la evaporación de agua de la superficie del terreno y al aumento en la magnitud y frecuencia de lluvias e inundaciones, los suelos se tornarán más secos y perderán nutrientes con mayor facilidad al ser removidos por la corriente de agua que sobre pasa el nivel de su depósito. Esto cambiará las características del suelo, haciendo necesario que los agricultores se ajusten a las nuevas condiciones.

La necesidad de recurrir a la irrigación será esencial durante las épocas de sequía, que debido a la evaporación serán más comunes que en el presente. Las temperaturas más elevadas también propiciarán la reproducción de algunos insectos como la mosca blanca y las langostas, que causan enfermedades de plantas y afectan la producción de cultivos.

ANEXO 3: COMPARATIVA TÉCNICO-ECOLÓGICA ENTRE LOS REFRIGERANTES MÁS UTILIZADOS EN EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN

CONCEPTOS COMPARATIVOS	R-22	R-407C	R-410A	R-134A	R-404A
ODP o PAO	0.055	0	0	0	0
ACEITE DE LUBRICACIÓN	Sintético/Mineral	Sintético	Sintético	Sintético	Sintético
PUNTO DE EBULLICIÓN A 1 BAR	- 40.8°C	-43.8°C	-51.6°C	-10°C	-46.5°C
DESLIZAMIENTO	0°C	± 7°C	± 0.2°C	0°C	± 1°C
CARGA DE REFRIGERANTE	Fase gaseosa o líquida	Siempre fase líquida	Fase gaseosa o líquida	Fase gaseosa o líquida	Siempre fase líquida
PCA o GWP	1500	1520	1720	1300	3260

ANEXO 4: POTENCIALES DE AGOTAMIENTO A LA CAPA DE OZONO Y CALENTAMIENTO GLOBAL

Refrigerante	ODP (R11=1)	GWP (CO ₂ =1)	Refrigerante	ODP (R11=1)	GWP (CO ₂ =1)
R-717	0	0	R-503	0.599	11700
R-718	0	0	R-507	0	3300
R-744	0	1	R-508A	0	10175
R-170	0	20	R-508B	0	10350
R-290	0	20	R-509A	0.018	4580
R-600	0	20	R-401A	0.031	973
R-600a	0	20	R-401B	0.033	1062
R-1270	0		R-401C	0.029	760
R-11	1	3800	R-402A	0.015	2250
R-12	1	8100	R-402B	0.024	1964
R-13	1	11700	R-403A	0.03	2526
R-13B1	12	5400	R-403B	0.022	3571
R-113	0.8	4800	R-404A	0	3260
R-114	1	9200	R-405A	0.021	4481
R-115	0.6	9300	R-406A	0.043	1564
R-22	0.055	1500	R-407A	0	1770
R-123	0.02	90	R-407B	0	2285
R-124	0.11	470	R-407C	0	1526
R-141b	0.065	600	R-407D	0	1428
R-142b	0	1800	R-407E	0	1363
R-14	0	6500	R-408A	0.019	2649
R-23	0	11700	R-409A	0.039	1288
R-32	0	650	R-409B	0.039	1273
R-125	0	2800	R-410A	0	1725
R-134a	0	1300	R-410B	0	1833
R-152a	0	140	R-411B	0.038	1414
R-236fa	0	6300	R-412A	0.041	1850
R-500	0.605	6014	R-413A	0	1775
R-502	0.224	5494	R-414B	0.031	1300

Dónde:

	Refrigerantes alternativos		Zeotropos
	CFC _s		Azeótropos
	HCFC _s		HFC _s

ANEXO 5: EVOLUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES

Aplicaciones	Refrigerantes anteriormente utilizados		Refrigerantes de Transición		Refrigerantes a Largo plazo	
Aparatos Domésticos	CFC CFC	R12 R500	HCFC HCFC	R401A R409A		R134A R290 R600A
Generadores agua helada	CFC CFC	R11 R12 Amoniac o	HCFC	R123		R134A Amoniac o
Frío comercial (>0 °C)	CFC	R12	HCFC HCFC HCFC	R22 R401A R409A	HFC	R134A
Frío comercial (<0 °C)	CFC	R502	HCFC HCFC	R402A R408A	HFC HFC	Amoniac o R404A R507A
Frío Industrial	HFC	R22 Amoniac o	HCFC	R22	HFC HFC	R404A R507A Amoniac o
Frío baja Temperatura	CFC CFC	R13 R503			HFC HFC	R23 R508B
A/A	HCFC CFC	R22 R12	HCFC	R22	HFC HFC HFC HFC	R134A R407C R417A R410 A
A/A del automóvil	CFC	R12			HFC	R134A

ANEXO 6: DATOS IMPORTANTES PROTOCOLO DE MONTREAL

El protocolo de Montreal se llevó a cabo para diseñar y proteger la capa de ozono reduciendo la producción y el consumo de numerosas sustancias que se ha estudiado que reaccionan con ella y se cree que son responsables del agotamiento de la misma.

Nuevos datos científicos, pronto demostraron que el Protocolo original no protegería de modo suficiente la capa de ozono. Con motivo de una revisión hecha en Londres en junio de 1990 se adoptaron medidas de control suplementarias y se previó una asistencia técnica y financiera para los países en desarrollo signatarios. Las enmiendas de Londres establecieron controles sobre otros 10 CFC, el Tetracloruro de carbono y el metilcloroformo, y fijaron plazos para la eliminación de las sustancias controladas. Desde entonces las partes han aprobado varias medidas adicionales para controlar las SAO (Sustancias Agotadoras del Ozono), entre ellas el Bromuro de Metilo que se añadió en la enmienda de Copenhague de 1992. En 1995 las partes en el Protocolo de Montreal decidieron eliminar el bromuro de metilo en 2010 en los países desarrollados y congelar el consumo y la producción en el 2002 en los países en desarrollo.

En la Reunión de las partes que se celebró en 1997 en Montreal (Canadá) se fijaron nuevos requisitos para la reducción y eliminación del uso de bromuro de metilo, dándose más tiempo a los países en desarrollo. El consumo de esta sustancia por los países desarrollados se congeló en 1995 a nivel básico de 1991 (con excepciones para los usos de pre embarque y cuarentena). El consumo se debió reducir en 25% más en 1999, en 50% en 2001 y en 70 % en 2003, con una eliminación total en 2005. Para los países en desarrollo el consumo se debió congelar en 2002 a los niveles medios de 1995 - 1998, reducir en 20% en 2005 y eliminar en 2015. Puede que en el futuro se adopten nuevas medidas de control.

ANEXO 7: REGULACIÓN DE LAS SAOS DE ACUERDO AL PROTOCOLO DE MONTREAL

Agotadora de la capa de ozono	Anexo - Grupo del Protocolo de Montreal	Base	Reducción
CFC _s	A-I	Consumo promedio de los años 1995-1997	50% a partir de 2005 85% a partir de 2007 100% a partir de 2010
Halones	A-II	Consumo promedio de los años 1995-1997	50% a partir de 2005 100% a partir de 2010
Bromuros de Metilo	E-I	Consumo promedio de los años 1995-1998	20% a partir de 2005 100% a partir de 2015
Otros CFC _s	B-I	Consumo promedio de los años 1998-2000	20% a partir de 2003 85% a partir de 2007 100% a partir de 2010
HCFC _s	C-I	Consumo promedio del año 2015	100% a partir de 2040

ANEXO 8: DATOS IMPORTANTES CONVENIO DE VIENA

El convenio de Viena nos habla acerca de como las partes se comprometen a proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos del agotamiento de la capa de ozono y se estipula que los Estados participantes cooperarán en la investigación y el intercambio de información.

En este contexto, se han venido estableciendo medidas de control principalmente sobre los CFCs usados en aerosoles, la refrigeración, aire acondicionado y espumas; los halones, utilizados en extinguidores; los hidrobromofluorocarbonos (HBFCs) e hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), empleados como gases refrigerantes; el metilcloroformo y el Tetracloruro de carbono, usados como solventes; y, desde 1992, el bromuro de metilo, aplicado como fumigante agrícola.

El descubrimiento del agujero en la capa de ozono a principios de los ochentas sorprendió al mundo. Se consideró en esa época, una de las peores catástrofes ambientales. Gracias a este descubrimiento las naciones se dieron a la tarea de buscar soluciones a este problema.

En la actualidad, el agujero cubre un área de 27 millones de kilómetros cuadrados. A casi veintiún años después de la firma del Protocolo de Montreal por diversas naciones entre las cuales se cuenta a El Salvador, las acciones para proteger la capa de ozono son uno de los ejemplos de cooperación entre países y sectores más exitosos. Los gobiernos firmantes del Protocolo acordaron eliminar en un 95% el uso de gases que afectan la capa de ozono como por ejemplo: Los gases CFC, comúnmente utilizados para la refrigeración.

Las Partes integrantes del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono deben eliminar de conformidad con los plazos acordados la producción e importación de casi 100 productos químicos que tienen propiedades de agotamiento del ozono, tomando en cuenta que los países en vías de desarrollo tienen una concesión de un período de gracia de 10 a 15 años, según el producto químico de que se trate, más allá de las fechas establecidas para los países desarrollados.

El Protocolo exige la presentación de un informe anual de la producción, importación y exportación de cada uno de los productos químicos que se han comprometido eliminar cada país parte del protocolo. El cumplimiento de los países es evaluado por un Comité, que tiene la potestad de formular recomendaciones sobre el incumplimiento de entrega del informe de las partes. Las Partes que estén en situación de incumplimiento participan en la elaboración de planes de acción para asegurar su pronto retorno a la situación de cumplimiento.

ANEXO 9: REGISTRO DE ACUERDOS INTERNACIONALES RELATIVOS AL MEDIO AMBIENTE, 1993. FUENTE: SECRETARÍA DEL OZONO; PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE)

Participantes	Firma	Ratificación Sucesión (s) Aceptación (ac) Aprobación (ap) Adhesión (a)	Entrada en Vigor
Alemania	16/09/1987	16/12/1988	01/01/1989
Argentina	29/06/1988	18/09/1990	16/12/1990
Australia	08/06/1988	19/05/1989	17/08/1989
Brasil		19/03/1990 (a)	17/06/1990
Canadá	16/09/1987	30/06/1988	01/01/1989
Costa Rica		30/07/1991 (a)	28/10/1991
Cuba		14-07-1992 (a)	12/10/1992
Chile	14/06/1988	26/03/1990	24/06/1990
China		14/06/1991 (a)	12/09/1991
Egipto	16/09/1987	02/08/1988	01/01/1989
<u>El Salvador</u>		<u>01/01/1989 (a)</u>	<u>31/12/1992</u>
España	21/07/1988	16/12/1988	01/01/1989
Estados Unidos de América	16/09/1987	21/04/1988	01/01/1989
Federación de Rusia	29/12/1987	10/11/1988 (ac)	01/01/1989
Guatemala		07/11/1989 (a)	05/02/1990
Italia	16/09/1987	16/12/1988	01/01/1989
Japón	16/09/1987	30/09/1988 (ac)	01/01/1989
México	16/09/1982	31/03/1988 (a)	01/01/1989
Nicaragua		05-03-1993 (a)	03/06/1993
Panamá	16/09/1987	03/03/1989	01/06/1989
Paraguay		03/12/1992 (a)	03/03/1993
Portugal	16/09/1987	17/10/1988	15/01/1989
Suecia	16/09/1987	29/06/1988	01/01/1989
Suiza	16/09/1987	28/12/1988	01/01/1989

ANEXO 10: LA CUMBRE DE LA TIERRA

En Río, 172 gobiernos, incluidos 108 Jefes de Estado y de Gobierno, aprobaron tres grandes acuerdos que habrían de regir la labor futura: el **Programa 21**, un plan de acción mundial para promover el desarrollo sostenible; la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, un conjunto de principios en los que se definían los derechos civiles y obligaciones de los Estados, y una Declaración de principios relativos a los bosques, serie de directrices para la ordenación más sostenible de los bosques en el mundo.

Se abrieron a la firma además dos instrumentos con fuerza jurídica obligatoria: **la Convención Marco sobre el Cambio Climático y el Convenio sobre la Diversidad Biológica**. Al mismo tiempo se iniciaron negociaciones con miras a una Convención de lucha contra la desertificación, que quedó abierta a la firma en octubre de 1994 y entró en vigor en diciembre de 1996.

En el Programa 21, que contiene más de 2,500 recomendaciones prácticas, se abordan los problemas urgentes de hoy en día. El Programa 21 tiene por objeto preparar al mundo para los retos del próximo siglo e incluye propuestas concretas en cuestiones sociales y económicas, como la lucha contra la pobreza, la evolución de las modalidades de producción y de consumo, la dinámica demográfica, la conservación y ordenación de nuestros recursos naturales, la protección de la atmósfera, los océanos y la diversidad biológica, la prevención de la deforestación y el fomento de la agricultura sostenible.

La Comisión sobre el Desarrollo Sostenible fue establecida después de la Cumbre de la Tierra para apoyar, alentar y supervisar a los gobiernos, los organismos de las Naciones Unidas y los grupos principales, tales como los sectores comercial e industrial, las organizaciones no gubernamentales y otros sectores de la sociedad civil, en las medidas que habrían de adoptar para aplicar los acuerdos alcanzados en la Cumbre para la Tierra.

La Comisión está integrada por representantes de 53 gobiernos elegidos entre Estados Miembros de las Naciones Unidas sobre la base de una representación geográfica equitativa. Los miembros ocupan su cargo durante períodos de tres años; cada año se celebran elecciones para cubrir los puestos

que quedan vacantes por rotación. Las organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales acreditadas ante la Comisión pueden participar en sus períodos de sesiones en calidad de observadores.

La Comisión, que se reúne anualmente en Nueva York, presenta informes al Consejo Económico y Social y formula recomendaciones a la Asamblea General.

ANEXO 11: DATOS IMPORTANTES PROTOCOLO DE KYOTO

El 11 de diciembre de 1997 los países industrializados se comprometieron, en la ciudad de Kyoto, a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Los gobiernos signatarios de dichos países pactaron reducir en un 5% de media las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004.

El objetivo principal es disminuir el cambio climático de origen antropogénico cuya base es el efecto invernadero. Según las cifras de la ONU, se prevé que la temperatura media de la superficie del planeta aumente entre 1,4 y 5,8 °C de aquí al 2100, a pesar que los inviernos son más fríos y violentos. Esto se conoce como Calentamiento global. Señala la Comisión Europea sobre Kyoto.

Una cuestión a tener en cuenta con respecto a los compromisos en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es que la energía nuclear queda excluida de los mecanismos financieros de intercambio de tecnología y emisiones asociados al Protocolo de Kyoto, pero es una de las formas de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en cada país. Así, el IPCC en su cuarto informe, recomienda la energía nuclear como una de las tecnologías clave para la mitigación del calentamiento global.

Se estableció que el compromiso sería de obligatorio cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables de, al menos, un 55% de las emisiones de CO₂. Con la ratificación de Rusia en noviembre de 2004, después de conseguir que la UE (Unión Europea) pague la reconversión

industrial, así como la modernización de sus instalaciones, en especial las petroleras, el protocolo ha entrado en vigor.

Además del cumplimiento que estos países han hecho en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero se promovió también la generación de un desarrollo sostenible, de tal forma que se utilice también energías no convencionales y así disminuya el calentamiento global.

El gobierno de Estados Unidos firmó el acuerdo pero no lo ratificó (ni Bill Clinton, ni George W. Bush), por lo que su adhesión sólo fue simbólica hasta el año 2001 en el cual el gobierno de Bush se retiró del protocolo, según su declaración, no porque no compartiese su idea de fondo de reducir las emisiones, sino porque considera que la aplicación del Protocolo es ineficiente e injusta al involucrar sólo a los países industrializados y excluir de las restricciones a algunos de los mayores emisores de gases en vías de desarrollo (China e India en particular), lo cual considera que perjudicaría gravemente la economía estadounidense.

ANEXO 12: PESOS MOLECULARES Y OLOR CARACTERÍSTICO DE ALGUNOS REFRIGERANTES

Refrigerantes	Tendencia A Fugarse		
	Olor	Peso Molecular	$\sqrt{P.M}$
R-12	Ligeramente etéreo	120.93	10.99
R-22	Ligeramente etéreo	86.48	9.30
R-30	Etéreo dulce	85.00	9.22
R-123	Ligeramente etéreo	152.95	12.37
R-134a	Ligeramente etéreo	102.03	10.10
R-170	Etéreo dulce	30.05	5.48
R-500	Ligeramente etéreo	99.31	9.96
R-502	Ligeramente etéreo	111.63	10.56
R-717	Picante	17.03	4.12
R-718	Ninguno	18.02	4.24

ANEXO 13: PRUEBAS DE FUGAS RECOMENDADAS PARA ALGUNOS REFRIGERANTES

Refrigerantes	Prueba De Búbuja	Lámpara De Haluro	Detector Electrónico	Tintes	Mecha De Azufre
R-12	SI	SI	SI	SI	NO
R-22	SI	SI	SI	SI	NO
R-30	SI	SI	SI	SI	NO
R-123	SI	SI	SI	SI	NO
R-134a	SI	SI	SI	SI	NO
R-170	SI	NO	NO	SI	NO
R-500	SI	SI	SI	SI	NO
R-502	SI	SI	SI	SI	NO
R-717	SI	NO	NO	NO	SI
R-718	SI	NO	NO	NO	NO

ANEXO 14: ASIGNACIÓN DE COLORES A REFRIGERANTES SEGÚN ARI

Número ASHRAE	Número PMS	Asignación de color (ARI)	Número ASHRAE	Número PMS	Asignación de color (ARI)
R-11	0.21	Anaranjado	R-407a	368	Verde limón
R-12		Blanco	R-407b	156	Crema
R-13	2975	Azul claro (cielo)	R-407c	471	Verde medio
R-13B1	177	Rosado - Rojo (coral)	R-407e	*	Sin asignar
R-14	124	Amarillo - Marrón (mostaza)	R-408a	248	Morado medio
R-22	352	Verde claro	R-409a	465	Marrón medio
R-23	428	Azul claro- Gris	R-409b	*	Sin asignar
R-32	*F	Sin asignar	R-410a	507	Rosa
R-50	*F	Sin asignar	R-410b	194	Granate
R-113	266	Morado oscuro (violeta)	R-411a	226F	Morado oscuro (violeta)
R-114	302	Azul oscuro (marino)	R-411b	326F	Azul - Verde (verde azulado)
R-115	*	Sin asignar	R-412b	*F	Sin asignar

ANEXO 14: ASIGNACIÓN DE COLORES A REFRIGERANTES SEGÚN ARI

Número ASHRAE	Número PMS	Asignación de color (ARI)	Número ASHRAE	Número PMS	Asignación de color (ARI)
R-116	424	Gris oscuro (acorazado)	R-413a	*F	Sin asignar
R-123	428	Azul Claro - Gris	R-414a	*	Sin asignar
R-124	335	Verde oscuro (punto verde)	R-414b	2995	Azul medio
R-125	465	Marrón medio	R-4116a	381	Verde amarillo (limón)
R-134a	2975	Azul claro (cielo)	R-500	109	Amarillo
R-141b	*	Sin asignar	R-501	109	Amarillo
R-142b	*F	Sin asignar	R-502	*	Sin asignar
R-143a	*F	Sin asignar	R-503	251	Morado claro (lavanda)
R-152a	*F	Sin asignar	R-504	3268	Verde - Azul (Aqua)
R-170	*F	Sin asignar	R-505	*	Sin asignar
R-218	*	Sin asignar	R-506	*	Sin asignar
R-225	*	Sin asignar	R-507a	*	Sin asignar
R-236fa	*	Sin asignar	R-507b	326	Azul - Verde (verde azulado)
R-245fa	*	Sin asignar	R-508a	*	Sin asignar
R-290	*F	Sin asignar	R-508b	*	Sin asignar
R-401a	177	Rosado - Rojo (coral)	R-509	302	Azul oscuro (marino)
R-401b	124	Amarillo - Marrón (mostaza)	R-509a	*	Sin asignar
R-401c	3268	Verde - Azul (Aqua)	R-600	*	Sin asignar
R-402a	461	Marrón claro (arena)	R-600a	*F	Sin asignar
R-402b	385	Verde - Marrón (olivo)	R-717	*F	Sin asignar
R-403a	*	Sin asignar	R-1140	*F	Sin asignar
R-403b	*	Sin asignar	R-1150	*F	Sin asignar
R-404a	0.21	Anaranjado	R-1270	*F	Sin asignar
R-405A	*	Sin asignar	R-406A	*F	Sin asignar

Dónde:

* Refrigerantes con poca producción que no se les asignan colores específicos.

*F Refrigerantes Inflamables, deben ser envasados en cilindros apropiados.

ANEXO 15: CARACTERÍSTICAS DEL R-12

Refrigerante	Tipo	Características Particulares	Aplicaciones	Sustitutos o Alternativos
R-12	Puro	* Temperatura de descarga del compresor moderadas.	* Altas, medias y bajas temperaturas, * Frío doméstico, comercial e industrial. * Climatización centralizada. * Climatización de automóviles.	* R-134A: Aire acondicionado de automóviles. Frío doméstico y comercial hasta -20°C. Para altas y medias temperaturas en general (se considera como refrigerante definitivo). * R-22: Aire acondicionado. Frío industrial y comercial. Para temperaturas medias altas y medias bajas (se considera como refrigerante de transición). * R-401A: Refrigerante comercial. Para temperaturas medias en general (se considera refrigerante de transición). * R-401B: Transporte frigorífico. Refrigeración comercial. Bajas temperaturas (se considera refrigerante de transición). * R-409B: Temperaturas medias de refrigeración (se considera refrigeración de transición). * R-717: Refrigeración industrial. Temperaturas medias bajas (se considera refrigerante definitivo).

ANEXO 16: CARACTERÍSTICAS DEL R-11

Refrigerante	Tipo	Características Particulares	Aplicaciones	Sustitutos o Alternativos
R-11	Puro	<ul style="list-style-type: none"> * Temperaturas de descarga del compresor moderadas. * Altamente disolvente. * Líquido a presión atmosférica a una temperatura inferior a 23.8°C. 	<ul style="list-style-type: none"> * Plantas enfriadoras de agua con compresores centrífugos. * Climatización centralizada. 	<ul style="list-style-type: none"> * R-134A: Para climatización centralizada (se considera como refrigerante definitivo). * R-123: Para plantas enfriadoras de agua con compresores centrífugos (se considera como refrigerante de transición). * R-141B: Para limpieza de circuitos (se considera como refrigerante definitivo).

ANEXO 17: CARACTERÍSTICAS DEL R-22 COMO PRINCIPAL EXPONENTE DE LOS HCFC

Refrigerante	Tipo	Características Particulares	Aplicaciones	Sustitutos o Alternativos
R-22	Puro	<p>*Comparado con R-12, en igualdad de condiciones las temperaturas de descarga del compresor son superiores.</p> <p>*Disuelve doce veces más agua que el R-12 lo que significa que el peligro de humedad libre en el sistema es menor cuando la instalación trabaja con R-22.</p> <p>*Su rendimiento es superior al del R-12. Esto significa que el consumo de potencia en condiciones similares de trabajo es menor.</p> <p>*Utilizado a bajas temperaturas pierde capacidad frigorífica, y experimenta un aumento notable de la temperatura de descarga del compresor.</p>	<p>*Climatización de baja y media potencia.</p> <p>*Frío comercial (conservación y congelación).</p> <p>*Frío industrial (congelación y conservación).</p> <p>*Compite con el amoniaco en este campo.</p>	<p>*R-134A:Aire acondicionado. Refrigeración comercial a temperaturas medias (se considera un refrigerante definitivo).</p> <p>*R-407A:Temperaturas medias de refrigeración. Temperaturas de baja refrigeración (se considera refrigerante definitivo).</p> <p>*R-407B:Temperaturas bajas de refrigeración (se considera refrigerante definitivo).</p> <p>*R-410A:Aire acondicionado (se considera refrigerante definitivo).</p> <p>*R-507:Bajas temperaturas (se considera refrigerante definitivo).</p> <p>*R-717:Refrigerante industrial. Temperaturas medias bajas (se considera refrigerante definitivo).</p>

ANEXO 18: CARACTERÍSTICAS DEL R-134a

Refrigerante	Tipo	Características	Sustitutos o Alternativos
R-134A	Puro	<ul style="list-style-type: none"> * Se admite como segura una permanencia de 8 horas en una atmosfera de 1000 ppm de R-134A. A pesar de esto, una permanencia de más de 2 horas en una atmosfera de 30% o más de esta sustancia provoca grandes molestias a las personas. * La temperatura en la descarga del compresor es moderada, un 10% menor que el R-12. * Presiones de aspiración más bajas que el R-12. * No resulta eficiente para temperaturas de evaporación inferiores a -20°C. * En igualdad de condiciones a temperaturas por debajo de 0°C, la producción frigorífica es inferior a la del R-12, y superior cuando evapora por encima de 0°C. * En igualdad de condiciones la masa de refrigerante de circulación en el sistema es inferior a la cantidad que necesita con R-12. Esto hace que se necesite entre un 10 y 20% menos de refrigerante en el sistema al cambiar de R-12 a R-134A. * Presenta una relación de composición superior al R-12 lo que determina que su eficiencia volumétrica se reduzca un 7% al compararla con la del R-12. 	<ul style="list-style-type: none"> * Se desarrolló con el objetivo inicial de sustituir al R-12, pero con el paso del tiempo sus aplicaciones han aumentado. * Refrigeración doméstica, comercial a temperaturas medias. * Climatización centralizada incluyendo sistemas con compresores centrífugos. * Climatización de automóviles.

ANEXO 19: SUSTITUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES CFCS

Dónde: (M) Aceite Mineral; (AB) Alquilbenceno; (POE) Poliéster; (PAG) Polialquilenglicol.

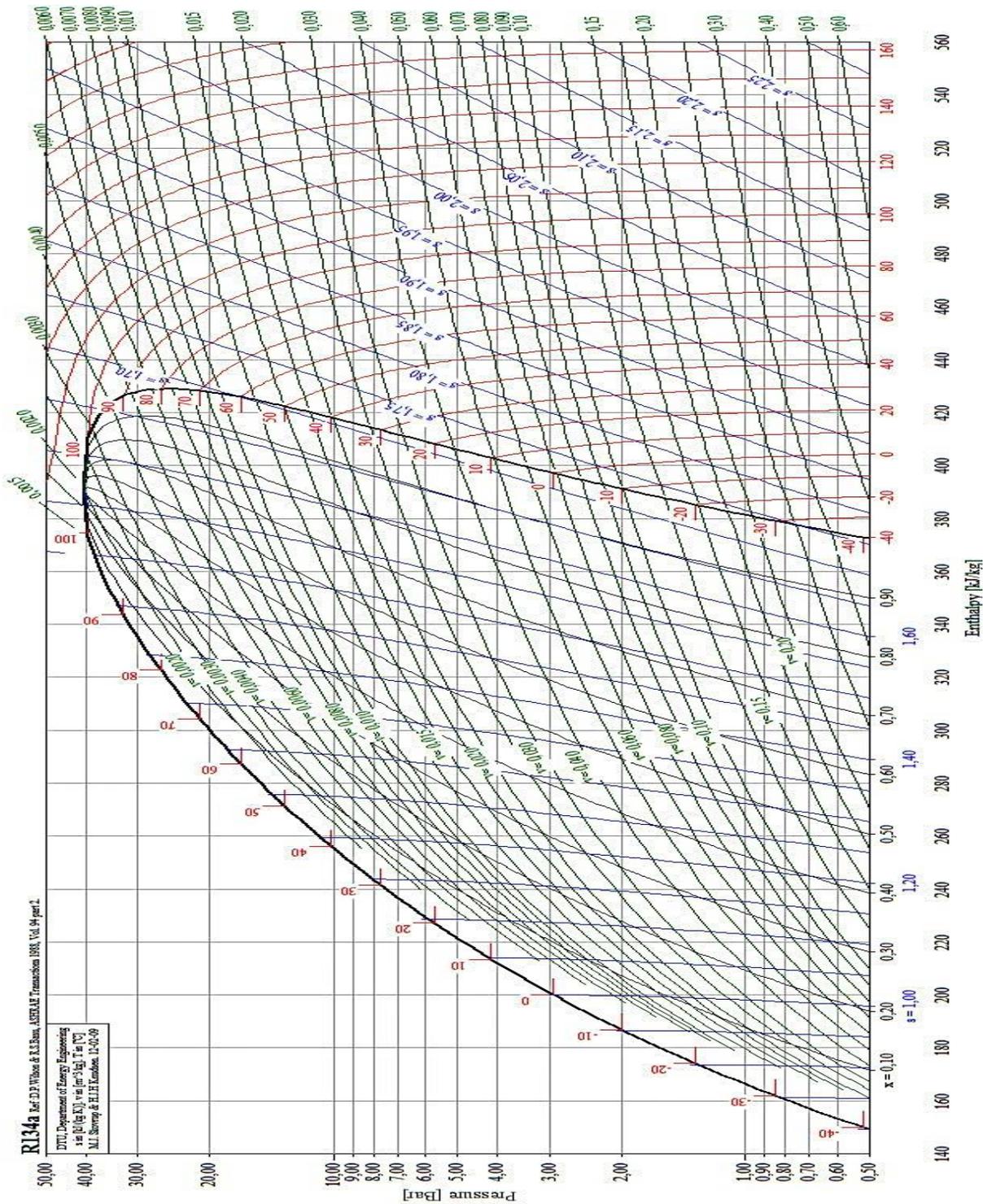
Refrigerante Anterior	Tipo De Aceite Anterior				Tipo De Aceite Recomendado
		DROP-IN	RETROFIT	REEMPLAZO	
R-11	AM/AB		R-123		AM/AB
R-12	AM/AB		R-413A		AM / AB / POE
			R-406A		AM/AB
				R-404A	POE
			R-422D		AM / AB / POE
			R-423A		POE
			R-401A		AM / AB / POE
R-12	AM/AB		R-409A		AM / AB / POE
			R-401B		AM/AB
			R-402A		AM/AB
			R-416A		POE
			R-414B		AM/AB
			R-426A		POE
				R-134a	POE / PAG (A/A Auto)
				R-600a (Isobutano)	AM / AB / POE /PAG
		R-290 (Propano)	AM / AB / POE /PAG		
		Mezcla R-600a / R-290	AM / AB / POE /PAG		
R-23	POE			R-508B	POE
R-500	AM / AB /POE		R-401B		AM/AB
R-503	AM/AB			R-508B	POE
R-502	AM / AB /POE		R-422A		AM / AB / POE
			R-404A		POE
			R-402A		AM/AB
			R-408A		AM/AB

ANEXO 19: SUSTITUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES CFCS

Refrigerante Anterior	Tipo De Aceite Anterior				Tipo De Aceite Recomendado
		SUSTITUCIÓN	RE EQUIPAMIENTO	REEMPLAZO	
R-502	AM / AB / POE			R-507	POE
			R-402B		AM/AB
			R-508B		POE
R-22	AM / AB / POE		R-424A		POE
			R-407C		POE
		R-422A			AM / AB / POE
		R-417A			AM / AB / POE
			R-428A		POE
			R-434A		POE
			R-507		POE
			R-290 (Propano)		AM / AB / POE / PAG
			R-1270 (Propileno)		AM / AB / POE / PAG
			Mezcla R-290 / R-170 (Etano)		AM / AB / POE / PAG
	410A	Solo equipo nuevo		POE	
R-134a	POE / PAG			R-600a (Isobutano)	AM / AB / POE / PAG
			Mezcla R-600a / R-290		AM / AB / POE / PAG
R-404A	POE		R-290 (Propano)		AM / AB / POE / PAG
			R-1270 (Propileno)		AM / AB / POE / PAG
			Mezcla R-290 / R-170 (Etano)		AM / AB / POE / PAG

ANEXO 20: DIAGRAMA DE MOLLIER DEL REFRIGERANTE R-134a

A



ANEXO 21: REFRIGERANTE R-134a SATURADO, TABLA DE TEMPERATURA

Refrigerante 134a saturado. Tabla de temperatura

Temp., T °F	Pres. sat., P _{sat} psia	Volumen específico, ft ³ /lbm			Energía interna, Btu/lbm		Entalpía, Btu/lbm				Entropía, Btu/lbm · R		
		Liq. sat., v _f	Vapor sat., v _g		Liq. sat., u _f	Evap., u _{fg}	Vapor sat., u _g	Liq. sat., h _f	Evap., h _{fg}	Vapor sat., h _g	Liq. sat., s _f	Evap., s _{fg}	Vapor sat., s _g
-40	7.432	0.01130	5.7796	-0.016	89.167	89.15	0.000	97.100	97.10	0.00000	0.23135	0.23135	
-35	8.581	0.01136	5.0509	1.484	88.352	89.84	1.502	96.354	97.86	0.00355	0.22687	0.23043	
-30	9.869	0.01143	4.4300	2.990	87.532	90.52	3.011	95.601	98.61	0.00708	0.22248	0.22956	
-25	11.306	0.01150	3.8988	4.502	86.706	91.21	4.526	94.839	99.36	0.01058	0.21817	0.22875	
-20	12.906	0.01156	3.4426	6.019	85.874	91.89	6.047	94.068	100.12	0.01405	0.21394	0.22798	
-15	14.680	0.01163	3.0494	7.543	85.036	92.58	7.574	93.288	100.86	0.01749	0.20978	0.22727	
-10	16.642	0.01171	2.7091	9.073	84.191	93.26	9.109	92.498	101.61	0.02092	0.20569	0.22660	
-5	18.806	0.01178	2.4137	10.609	83.339	93.95	10.650	91.698	102.35	0.02431	0.20166	0.22598	
0	21.185	0.01185	2.1564	12.152	82.479	94.63	12.199	90.886	103.08	0.02769	0.19770	0.22539	
5	23.793	0.01193	1.9316	13.702	81.610	95.31	13.755	90.062	103.82	0.03104	0.19380	0.22485	
10	26.646	0.01201	1.7345	15.259	80.733	95.99	15.318	89.226	104.54	0.03438	0.18996	0.22434	
15	29.759	0.01209	1.5612	16.823	79.846	96.67	16.889	88.377	105.27	0.03769	0.18617	0.22386	
20	33.147	0.01217	1.4084	18.394	78.950	97.34	18.469	87.514	105.98	0.04098	0.18243	0.22341	
25	36.826	0.01225	1.2732	19.973	78.043	98.02	20.056	86.636	106.69	0.04426	0.17874	0.22300	
30	40.813	0.01234	1.1534	21.560	77.124	98.68	21.653	85.742	107.40	0.04752	0.17509	0.22260	
35	45.124	0.01242	1.0470	23.154	76.195	99.35	23.258	84.833	108.09	0.05076	0.17148	0.22224	
40	49.776	0.01251	0.95205	24.757	75.253	100.01	24.873	83.907	108.78	0.05398	0.16791	0.22189	
45	54.787	0.01261	0.86727	26.369	74.298	100.67	26.497	82.963	109.46	0.05720	0.16437	0.22157	
50	60.175	0.01270	0.79136	27.990	73.329	101.32	28.131	82.000	110.13	0.06039	0.16087	0.22127	
55	65.957	0.01280	0.72323	29.619	72.346	101.97	29.775	81.017	110.79	0.06358	0.15740	0.22098	
60	72.152	0.01290	0.66195	31.258	71.347	102.61	31.431	80.013	111.44	0.06675	0.15396	0.22070	
65	78.780	0.01301	0.60671	32.908	70.333	103.24	33.097	78.988	112.09	0.06991	0.15053	0.22044	
70	85.858	0.01312	0.55681	34.567	69.301	103.87	34.776	77.939	112.71	0.07306	0.14713	0.22019	
75	93.408	0.01323	0.51165	36.237	68.251	104.49	36.466	76.866	113.33	0.07620	0.14375	0.21995	
80	101.45	0.01334	0.47069	37.919	67.181	105.10	38.169	75.767	113.94	0.07934	0.14038	0.21972	
85	110.00	0.01347	0.43348	39.612	66.091	105.70	39.886	74.641	114.53	0.08246	0.13703	0.21949	
90	119.08	0.01359	0.39959	41.317	64.979	106.30	41.617	73.485	115.10	0.08559	0.13368	0.21926	
95	128.72	0.01372	0.36869	43.036	63.844	106.88	43.363	72.299	115.66	0.08870	0.13033	0.21904	
100	138.93	0.01386	0.34045	44.768	62.683	107.45	45.124	71.080	116.20	0.09182	0.12699	0.21881	
105	149.73	0.01400	0.31460	46.514	61.496	108.01	46.902	69.825	116.73	0.09493	0.12365	0.21858	
110	161.16	0.01415	0.29090	48.276	60.279	108.56	48.698	68.533	117.23	0.09804	0.12029	0.21834	
115	173.23	0.01430	0.26913	50.054	59.031	109.08	50.512	67.200	117.71	0.10116	0.11693	0.21809	
120	185.96	0.01446	0.24909	51.849	57.749	109.60	52.346	65.823	118.17	0.10428	0.11354	0.21782	
130	213.53	0.01482	0.21356	55.495	55.071	110.57	56.080	62.924	119.00	0.11054	0.10670	0.21724	
140	244.06	0.01521	0.18315	59.226	52.216	111.44	59.913	59.801	119.71	0.11684	0.09971	0.21655	
150	277.79	0.01567	0.15692	63.059	49.144	112.20	63.864	56.405	120.27	0.12321	0.09251	0.21572	
160	314.94	0.01619	0.13410	67.014	45.799	112.81	67.958	52.671	120.63	0.12970	0.08499	0.21469	
170	355.80	0.01681	0.11405	71.126	42.097	113.22	72.233	48.499	120.73	0.13634	0.07701	0.21335	
180	400.66	0.01759	0.09618	75.448	37.899	113.35	76.752	43.726	120.48	0.14323	0.06835	0.21158	
190	449.90	0.01860	0.07990	80.082	32.950	113.03	81.631	38.053	119.68	0.15055	0.05857	0.20911	
200	504.00	0.02009	0.06441	85.267	26.651	111.92	87.140	30.785	117.93	0.15867	0.04666	0.20533	
210	563.76	0.02309	0.04722	91.986	16.498	108.48	94.395	19.015	113.41	0.16922	0.02839	0.19761	

Fuente: Las tablas A-11E a A-13E se generaron utilizando el programa para resolver ecuaciones de ingeniería (EES) desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. La rutina utilizada en los cálculos es el R134a, el cual está basado en la ecuación fundamental de estado desarrollada por R. Tillner-Roth y H. D. Baehr, "An International Standard Formulation for the Thermodynamic Properties of 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (HFC-134a) for temperatures from 170 K to 455 K and pressures up to 70 MPa", J. Phys. Chem., Ref. Data, vol. 23, núm. 5, 1994. Los valores de entalpía y entropía para el líquido saturado son cero a -40°C (y -40°F).

ANEXO 22: REFRIGERANTE R-134a SATURADO, TABLA DE PRESIÓN

Refrigerante 134a saturado. Tabla de presión

Pres., <i>P</i> psia	Temp. sat., <i>T</i> °F	Volumen específico, ft ³ /lbm		Energía interna, Btu/lbm			Entalpía, Btu/lbm			Entropía, Btu/lbm · R		
		Líquido, sat., <i>v_f</i>	Vapor, sat., <i>v_g</i>	Líquido, sat., <i>u_f</i>	Evaporación, <i>u_g</i>	Vapor, sat., <i>u_g</i>	Líquido, sat., <i>h_f</i>	Evaporación, <i>h_g</i>	Vapor, sat., <i>h_g</i>	Líquido, sat., <i>s_f</i>	Evaporación, <i>s_g</i>	Vapor, sat., <i>s_g</i>
5	-53.09	0.01113	8.3785	-3.918	91.280	87.36	-3.907	99.022	95.11	-0.00945	0.24353	0.23408
10	-29.52	0.01144	4.3753	3.135	87.453	90.59	3.156	95.528	98.68	0.00742	0.22206	0.22948
15	-14.15	0.01165	2.9880	7.803	84.893	92.70	7.835	93.155	100.99	0.01808	0.20908	0.22715
20	-2.43	0.01182	2.2772	11.401	82.898	94.30	11.445	91.282	102.73	0.02605	0.19962	0.22567
25	7.17	0.01196	1.8429	14.377	81.231	95.61	14.432	89.701	104.13	0.03249	0.19213	0.22462
30	15.37	0.01209	1.5492	16.939	79.780	96.72	17.006	88.313	105.32	0.03793	0.18589	0.22383
35	22.57	0.01221	1.3369	19.205	78.485	97.69	19.284	87.064	106.35	0.04267	0.18053	0.22319
40	29.01	0.01232	1.1760	21.246	77.307	98.55	21.337	85.920	107.26	0.04688	0.17580	0.22268
45	34.86	0.01242	1.0497	23.110	76.221	99.33	23.214	84.858	108.07	0.05067	0.17158	0.22225
50	40.23	0.01252	0.94791	24.832	75.209	100.04	24.948	83.863	108.81	0.05413	0.16774	0.22188
55	45.20	0.01261	0.86400	26.435	74.258	100.69	26.564	82.924	109.49	0.05733	0.16423	0.22156
60	49.84	0.01270	0.79361	27.939	73.360	101.30	28.080	82.030	110.11	0.06029	0.16098	0.22127
65	54.20	0.01279	0.73370	29.357	72.505	101.86	29.510	81.176	110.69	0.06307	0.15796	0.22102
70	58.30	0.01287	0.68205	30.700	71.688	102.39	30.867	80.357	111.22	0.06567	0.15512	0.22080
75	62.19	0.01295	0.63706	31.979	70.905	102.88	32.159	79.567	111.73	0.06813	0.15245	0.22059
80	65.89	0.01303	0.59750	33.201	70.151	103.35	33.394	78.804	112.20	0.07047	0.14993	0.22040
85	69.41	0.01310	0.56244	34.371	69.424	103.79	34.577	78.064	112.64	0.07269	0.14753	0.22022
90	72.78	0.01318	0.53113	35.495	68.719	104.21	35.715	77.345	113.06	0.07481	0.14525	0.22006
95	76.02	0.01325	0.50301	36.578	68.035	104.61	36.811	76.645	113.46	0.07684	0.14307	0.21991
100	79.12	0.01332	0.47760	37.623	67.371	104.99	37.869	75.962	113.83	0.07879	0.14097	0.21976
110	85.00	0.01347	0.43347	39.612	66.091	105.70	39.886	74.641	114.53	0.08246	0.13703	0.21949
120	90.49	0.01360	0.39644	41.485	64.869	106.35	41.787	73.371	115.16	0.08589	0.13335	0.21924
130	95.64	0.01374	0.36491	43.258	63.696	106.95	43.589	72.144	115.73	0.08911	0.12990	0.21901
140	100.51	0.01387	0.33771	44.945	62.564	107.51	45.304	70.954	116.26	0.09214	0.12665	0.21879
150	105.12	0.01400	0.31401	46.556	61.467	108.02	46.945	69.795	116.74	0.09501	0.12357	0.21857
160	109.50	0.01413	0.29316	48.101	60.401	108.50	48.519	68.662	117.18	0.09774	0.12062	0.21836
170	113.69	0.01426	0.27466	49.586	59.362	108.95	50.035	67.553	117.59	0.10034	0.11781	0.21815
180	117.69	0.01439	0.25813	51.018	58.345	109.36	51.497	66.464	117.96	0.10284	0.11511	0.21795
190	121.53	0.01452	0.24327	52.402	57.349	109.75	52.912	65.392	118.30	0.10524	0.11250	0.21774
200	125.22	0.01464	0.22983	53.743	56.371	110.11	54.285	64.335	118.62	0.10754	0.10998	0.21753
220	132.21	0.01490	0.20645	56.310	54.458	110.77	56.917	62.256	119.17	0.11192	0.10517	0.21710
240	138.73	0.01516	0.18677	58.746	52.591	111.34	59.419	60.213	119.63	0.11603	0.10061	0.21665
260	144.85	0.01543	0.16996	61.071	50.757	111.83	61.813	58.192	120.00	0.11992	0.09625	0.21617
280	150.62	0.01570	0.15541	63.301	48.945	112.25	64.115	56.184	120.30	0.12362	0.09205	0.21567
300	156.09	0.01598	0.14266	65.452	47.143	112.60	66.339	54.176	120.52	0.12715	0.08797	0.21512
350	168.64	0.01672	0.11664	70.554	42.627	113.18	71.638	49.099	120.74	0.13542	0.07814	0.21356
400	179.86	0.01757	0.09642	75.385	37.963	113.35	76.686	43.798	120.48	0.14314	0.06848	0.21161
450	190.02	0.01860	0.07987	80.092	32.939	113.03	81.641	38.041	119.68	0.15056	0.05854	0.20911
500	199.29	0.01995	0.06551	84.871	27.168	112.04	86.718	31.382	118.10	0.15805	0.04762	0.20566

ANEXO 23: REFRIGERANTE R-134a SOBRECALENTADO

Refrigerante 134a sobrecalentado

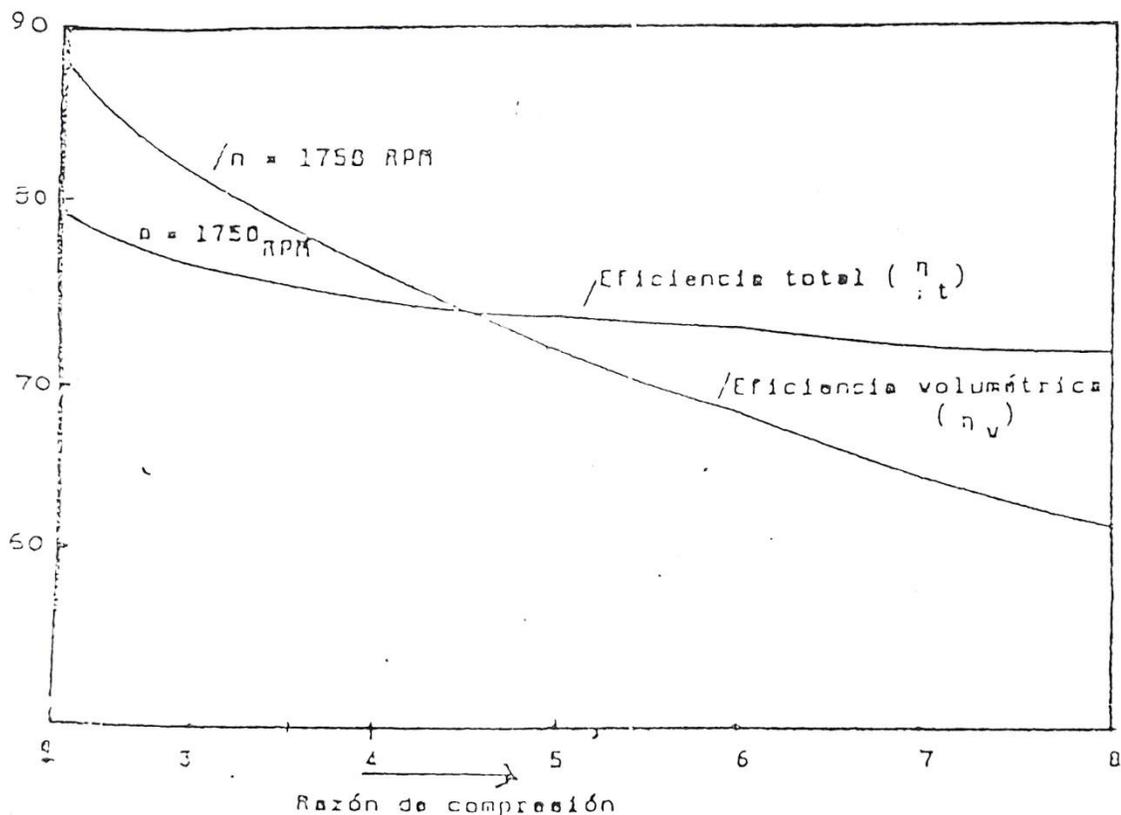
T °F	s				s				s			
	v ft ³ /lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	Btu/ lbm · R	v ft ³ /lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	Btu/ lbm · R	v ft ³ /lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	Btu/ lbm · R
P = 10 psia (T _{sat} = -29.52°F)				P = 15 psia (T _{sat} = -14.15°F)				P = 20 psia (T _{sat} = -2.43°F)				
Sat.	4.3753	90.59	98.68	0.22948	2.9880	92.70	100.99	0.22715	2.2772	94.30	102.73	0.22567
-20	4.4856	92.13	100.43	0.23350								
0	4.7135	95.41	104.14	0.24174	3.1001	95.08	103.68	0.23310	2.2922	94.72	103.20	0.22671
20	4.9380	98.77	107.91	0.24976	3.2551	98.48	107.52	0.24127	2.4130	98.19	107.12	0.23504
40	5.1600	102.20	111.75	0.25761	3.4074	101.95	111.41	0.24922	2.5306	101.70	111.07	0.24311
60	5.3802	105.72	115.67	0.26531	3.5577	105.50	115.38	0.25700	2.6461	105.28	115.07	0.25097
80	5.5989	109.32	119.68	0.27288	3.7064	109.13	119.42	0.26463	2.7600	108.93	119.15	0.25866
100	5.8165	113.01	123.78	0.28033	3.8540	112.84	123.54	0.27212	2.8726	112.66	123.29	0.26621
120	6.0331	116.79	127.96	0.28767	4.0006	116.63	127.74	0.27950	2.9842	116.47	127.52	0.27363
140	6.2490	120.66	132.22	0.29490	4.1464	120.51	132.02	0.28677	3.0950	120.37	131.82	0.28093
160	6.4642	124.61	136.57	0.30203	4.2915	124.48	136.39	0.29393	3.2051	124.35	136.21	0.28812
180	6.6789	128.65	141.01	0.30908	4.4361	128.53	140.84	0.30100	3.3146	128.41	140.67	0.29521
200	6.8930	132.77	145.53	0.31604	4.5802	132.66	145.37	0.30798	3.4237	132.55	145.22	0.30221
220	7.1068	136.98	150.13	0.32292	4.7239	136.88	149.99	0.31487	3.5324	136.78	149.85	0.30912
P = 30 psia (T _{sat} = 15.37°F)				P = 40 psia (T _{sat} = 29.01°F)				P = 50 psia (T _{sat} = 40.23°F)				
Sat.	1.5492	96.72	105.32	0.22383	1.1760	98.55	107.26	0.22268	0.9479	100.04	108.81	0.22188
20	1.5691	97.56	106.27	0.22581								
40	1.6528	101.17	110.35	0.23414	1.2126	100.61	109.58	0.22738				
60	1.7338	104.82	114.45	0.24219	1.2768	104.34	113.79	0.23565	1.0019	103.84	113.11	0.23031
80	1.8130	108.53	118.59	0.25002	1.3389	108.11	118.02	0.24363	1.0540	107.68	117.43	0.23847
100	1.8908	112.30	122.80	0.25767	1.3995	111.93	122.29	0.25140	1.1043	111.55	121.77	0.24637
120	1.9675	116.15	127.07	0.26517	1.4588	115.82	126.62	0.25900	1.1534	115.48	126.16	0.25406
140	2.0434	120.08	131.42	0.27254	1.5173	119.78	131.01	0.26644	1.2015	119.47	130.59	0.26159
160	2.1185	124.08	135.84	0.27979	1.5750	123.81	135.47	0.27375	1.2488	123.53	135.09	0.26896
180	2.1931	128.16	140.34	0.28693	1.6321	127.91	140.00	0.28095	1.2955	127.66	139.65	0.27621
200	2.2671	132.32	144.91	0.29398	1.6887	132.10	144.60	0.28803	1.3416	131.87	144.28	0.28333
220	2.3408	136.57	149.56	0.30092	1.7449	136.36	149.27	0.29501	1.3873	136.15	148.98	0.29036
240	2.4141	140.89	154.29	0.30778	1.8007	140.70	154.03	0.30190	1.4326	140.50	153.76	0.29728
260	2.4871	145.30	159.10	0.31456	1.8562	145.12	158.86	0.30871	1.4776	144.93	158.60	0.30411
280	2.5598	149.78	163.99	0.32126	1.9114	149.61	163.76	0.31543	1.5223	149.44	163.53	0.31086
P = 60 psia (T _{sat} = 49.84°F)				P = 70 psia (T _{sat} = 58.30°F)				P = 80 psia (T _{sat} = 65.89°F)				
Sat.	0.7936	101.30	110.11	0.22127	0.6821	102.39	111.22	0.22080	0.59750	103.35	112.20	0.22040
60	0.8179	103.31	112.39	0.22570	0.6857	102.73	111.62	0.22155				
80	0.8636	107.23	116.82	0.23407	0.7271	106.76	116.18	0.23016	0.62430	106.26	115.51	0.22661
100	0.9072	111.16	121.24	0.24211	0.7662	110.76	120.68	0.23836	0.66009	110.34	120.11	0.23499
120	0.9495	115.14	125.68	0.24991	0.8037	114.78	125.19	0.24628	0.69415	114.42	124.69	0.24304
140	0.9908	119.16	130.16	0.25751	0.8401	118.85	129.73	0.25398	0.72698	118.52	129.29	0.25083
160	1.0312	123.25	134.70	0.26496	0.8756	122.97	134.31	0.26149	0.75888	122.68	133.91	0.25841
180	1.0709	127.41	139.30	0.27226	0.9105	127.15	138.94	0.26885	0.79003	126.89	138.58	0.26583
200	1.1101	131.63	143.96	0.27943	0.9447	131.40	143.63	0.27607	0.82059	131.16	143.31	0.27310
220	1.1489	135.93	148.69	0.28649	0.9785	135.71	148.39	0.28317	0.85065	135.49	148.09	0.28024
240	1.1872	140.30	153.48	0.29344	1.0118	140.10	153.21	0.29015	0.88030	139.90	152.93	0.28726
260	1.2252	144.75	158.35	0.30030	1.0449	144.56	158.10	0.29704	0.90961	144.37	157.84	0.29418
280	1.2629	149.27	163.29	0.30707	1.0776	149.10	163.06	0.30384	0.93861	148.92	162.82	0.30100
300	1.3004	153.87	168.31	0.31376	1.1101	153.71	168.09	0.31055	0.96737	153.54	167.86	0.30773
320	1.3377	158.54	173.39	0.32037	1.1424	158.39	173.19	0.31718	0.99590	158.24	172.98	0.31438

ANEXO 23: REFRIGERANTE R-134a SOBREALENTADO (CONTINUACIÓN)

Refrigerante 134a sobreaalentado (conclusión)

T °F	s				s				s			
	ν ft ³ /lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	Btu/ lbm · R	ν ft ³ /lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	Btu/ lbm · R	ν ft ³ /lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	Btu/ lbm · R
P = 90 psia (T_{sat} = 72.78°F)												
Sat.	0.53113	104.21	113.06	0.22006	0.47760	104.99	113.83	0.21976	0.39644	106.35	115.16	0.21924
80	0.54388	105.74	114.80	0.22330	0.47906	105.18	114.05	0.22016				
100	0.57729	109.91	119.52	0.23189	0.51076	109.45	118.90	0.22900	0.41013	108.48	117.59	0.22362
120	0.60874	114.04	124.18	0.24008	0.54022	113.66	123.65	0.23733	0.43692	112.84	122.54	0.23232
140	0.63885	118.19	128.83	0.24797	0.56821	117.86	128.37	0.24534	0.46190	117.15	127.41	0.24058
160	0.66796	122.38	133.51	0.25563	0.59513	122.08	133.09	0.25309	0.48563	121.46	132.25	0.24851
180	0.69629	126.62	138.22	0.26311	0.62122	126.35	137.85	0.26063	0.50844	125.79	137.09	0.25619
200	0.72399	130.92	142.97	0.27043	0.64667	130.67	142.64	0.26801	0.53054	130.17	141.95	0.26368
220	0.75119	135.27	147.78	0.27762	0.67158	135.05	147.47	0.27523	0.55206	134.59	146.85	0.27100
240	0.77796	139.69	152.65	0.28468	0.69605	139.49	152.37	0.28233	0.57312	139.07	151.80	0.27817
260	0.80437	144.19	157.58	0.29162	0.72016	143.99	157.32	0.28931	0.59379	143.61	156.79	0.28521
280	0.83048	148.75	162.58	0.29847	0.74396	148.57	162.34	0.29618	0.61413	148.21	161.85	0.29214
300	0.85633	153.38	167.64	0.30522	0.76749	153.21	167.42	0.30296	0.63420	152.88	166.96	0.29896
320	0.88195	158.08	172.77	0.31189	0.79079	157.93	172.56	0.30964	0.65402	157.62	172.14	0.30569
P = 100 psia (T_{sat} = 79.12°F)												
P = 120 psia (T_{sat} = 90.49°F)												
P = 140 psia (T_{sat} = 100.50°F)												
P = 160 psia (T_{sat} = 109.50°F)												
P = 180 psia (T_{sat} = 117.69°F)												
Sat.	0.33771	107.51	116.26	0.21879	0.29316	108.50	117.18	0.21836	0.25813	109.36	117.96	0.21795
120	0.36243	111.96	121.35	0.22773	0.30578	111.01	120.06	0.22337	0.26083	109.94	118.63	0.21910
140	0.38551	116.41	126.40	0.23628	0.32774	115.62	125.32	0.23230	0.28231	114.77	124.17	0.22850
160	0.40711	120.81	131.36	0.24443	0.34790	120.13	130.43	0.24069	0.30154	119.42	129.46	0.23718
180	0.42766	125.22	136.30	0.25227	0.36686	124.62	135.49	0.24871	0.31936	124.00	134.64	0.24540
200	0.44743	129.65	141.24	0.25988	0.38494	129.12	140.52	0.25645	0.33619	128.57	139.77	0.25330
220	0.46657	134.12	146.21	0.26730	0.40234	133.64	145.55	0.26397	0.35228	133.15	144.88	0.26094
240	0.48522	138.64	151.21	0.27455	0.41921	138.20	150.62	0.27131	0.36779	137.76	150.01	0.26837
260	0.50345	143.21	156.26	0.28166	0.43564	142.81	155.71	0.27849	0.38284	142.40	155.16	0.27562
280	0.52134	147.85	161.35	0.28864	0.45171	147.48	160.85	0.28554	0.39751	147.10	160.34	0.28273
300	0.53895	152.54	166.50	0.29551	0.46748	152.20	166.04	0.29246	0.41186	151.85	165.57	0.28970
320	0.55630	157.30	171.71	0.30228	0.48299	156.98	171.28	0.29927	0.42594	156.66	170.85	0.29656
340	0.57345	162.13	176.98	0.30896	0.49828	161.83	176.58	0.30598	0.43980	161.53	176.18	0.30331
360	0.59041	167.02	182.32	0.31555	0.51338	166.74	181.94	0.31260	0.45347	166.46	181.56	0.30996
P = 200 psia (T_{sat} = 125.22°F)												
P = 300 psia (T_{sat} = 156.09°F)												
P = 400 psia (T_{sat} = 179.86°F)												
Sat.	0.22983	110.11	118.62	0.21753	0.14266	112.60	120.52	0.21512	0.09642	113.35	120.48	0.21161
140	0.24541	113.85	122.93	0.22481								
160	0.26412	118.66	128.44	0.23384	0.14656	113.82	121.95	0.21745				
180	0.28115	123.35	133.76	0.24229	0.16355	119.52	128.60	0.22802	0.09658	113.41	120.56	0.21173
200	0.29704	128.00	138.99	0.25035	0.17776	124.78	134.65	0.23733	0.11440	120.52	128.99	0.22471
220	0.31212	132.64	144.19	0.25812	0.19044	129.85	140.42	0.24594	0.12746	126.44	135.88	0.23500
240	0.32658	137.30	149.38	0.26565	0.20211	134.83	146.05	0.25410	0.13853	131.95	142.20	0.24418
260	0.34054	141.99	154.59	0.27298	0.21306	139.77	151.59	0.26192	0.14844	137.26	148.25	0.25270
280	0.35410	146.72	159.82	0.28015	0.22347	144.70	157.11	0.26947	0.15756	142.48	154.14	0.26077
300	0.36733	151.50	165.09	0.28718	0.23346	149.65	162.61	0.27681	0.16611	147.65	159.94	0.26851
320	0.38029	156.33	170.40	0.29408	0.24310	154.63	168.12	0.28398	0.17423	152.80	165.70	0.27599
340	0.39300	161.22	175.77	0.30087	0.25246	159.64	173.66	0.29098	0.18201	157.97	171.44	0.28326
360	0.40552	166.17	181.18	0.30756	0.26159	164.70	179.22	0.29786	0.18951	163.15	177.18	0.29035

ANEXO 24: GRAFICA DE EFICIENCIA PROMEDIO PARA COMPRESORES RECIPROCANTES



EFICIENCIAS PROMEDIO PARA COMPRESORES RECIPROCANTES.

ANEXO 25: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE COMPRESOR TECUMSEH

Condición	V	Capacidad de refrigeración			Eficiencia			Temp. Ev.	Temp. Cond.	Temp. Amb.	Retorno de Gas	Temp. Liq.
		Btu/h	Kcal/h	W	Btu/h	Kcal/h	W/W					
*ASHRAE	115V 60Hz.	600	151	176	4.2	1.1	1.22	-23°C (-10F)	54°C (130F)	32°C (90F)	32°C (90F)	32°C (90F)

ANEXO 26: ESPECIFICACIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE COMPRESOR TECUMSEH

Mecánicas	
Peso (Kg)	8
Desplazamiento (cc)	5.58
Tipo de aceite	Polioléster
Viscosidad aceite (cSt)	10
Carga de aceite (cc)	243
Eléctricas	
Rango de Voltaje (60 Hz.)	92-127
Corriente Rotor Bloqueado (A)	22
Corriente de carga (A)	2.13

ANEXO 27: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VÁLVULA DE PASO QE QUALITY

Marca	QE QUALITY
Modelo	QVP-38
Material de fabricación	Plástico y Bronce
Diámetro entrada	3/8"
Altura	2.67 "
Longitud	2.44"
Conexión	FLARE

ANEXO 28: ESPECIFICACIONES GENERALES FILTRO DESHIDRATADOR EMERSON

ESPECIFICACIONES GENERALES							
Marca	Modelo	Vol. Desecante (cm ³)	Conexión	Dimensiones (mm)			
				A	B	C	D
EMERSON	TD-083	131	3/8" Flare	-----	151	97	64

ANEXO 29: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS FILTRO DESHIDRATADOR EMERSON REFERENCIADAS AL R-134a

Modelo	Capacidad de retención de humedad (Gotas de agua)		Capacidad de flujo (Ton)	Capacidades recomendadas (Ton. De refrigeración)	
	24 °C	52 °C		Refrigeración e Inst. Comerciales	Aire Acond., Reemplazo e Inst. en campo
TD-083	265	245	4.3	2	4

ANEXO 30: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VISOR DE LÍQUIDO Y HUMEDAD MARCA EMERSON

MARCA	MODELO	CONEXIÓN	CÓDIGO DE COLORES / HUMEDAD (ppm H2O)		
				Temp. Líquido	R134a
EMERSON	HMI.1MM3	3/8 x 3/8 Flare	SECO (Azul)	+ 24° C	20
				+ 38° C	35
				+ 52° C	60
			PRECAUCIÓN (Morado)	+ 24° C	35
				+ 38° C	55
				+ 52° C	85
			HUMEDAD (Rosado)	+ 24° C	130
				+ 38° C	160
				+ 52° C	190

ANEXO 31: GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA



Universidad de El Salvador

RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE R-134a.

Objetivo: Conocer y comprender el funcionamiento de una unidad de recuperación de refrigerante R-134a y el método que rige su operación.

1. Contenido.

Refrigerante R-134a.

Luego de muchos años de investigación y pruebas realizadas, el refrigerante R134a (HCF134a) ha surgido como la elección de la industria como alternativa de reemplazo para el CFC12. El refrigerante R134a tiene un factor de 0 ODP (potencial destructivo de la capa de ozono).

Solubilidad en el agua: el refrigerante R134a en estado líquido, al igual que el refrigerante R22, pueden absorber mucha más cantidad de agua que el refrigerante R12 por lo tanto será menos recomendable para sistemas de baja temperatura por la posibilidad de bloqueo del tubo capilar debido a la formación de hielo. Sin embargo, esto no reduce la necesidad de un sistema deshidratado. Investigaciones y pruebas exhaustivas han conducido a determinar que el refrigerante R134a es compatible con todos los materiales usados en los compresores herméticos Tecumseh y sus unidades condensadoras.

Recuperación en fase gaseosa

La recuperación de refrigerante consiste en el proceso de removerlo de un sistema pre-cargado en cualquier estado físico, es decir, líquido o gas, para luego ser almacenado en un tanque externo al sistema.

Para la recuperación de refrigerantes es necesario tomar en cuenta factores como: el tamaño del sistema al cual se le dará servicio, el tipo y la cantidad de refrigerante que éste contiene, las condiciones en las cuales se hará la recuperación.

Existen diversos métodos de recuperación, que se diferencian entre sí, por el estado en el cual se extrae y se conduce el refrigerante durante el proceso. Uno de estos métodos es la recuperación en fase gaseosa, y es éste el que rige la operación del equipo de recuperación a utilizar en esta práctica.

Este procedimiento generalmente es el más lento ya que el flujo de gas es menor en fase gaseosa. Se debe tener presente que las mangueras de conexión entre la máquina recuperadora, el sistema de refrigeración al que se le dará servicio y el tanque recuperador, deben ser de la longitud mínima posible, así como del diámetro interior máximo posible, con la finalidad de contribuir a aumentar el rendimiento del proceso.

El refrigerante, en fase de vapor, es normalmente aspirado por la succión de la máquina recuperadora y, una vez condensado, es enviado al tanque recuperador.

2. Material, equipo y herramientas a utilizar

Para la realización de este laboratorio es indispensable contar con los siguientes elementos:

- a) Equipo de recuperación de refrigerante R-134a
- b) Juego de mangueras para refrigeración
- c) Tanque de recuperación
- d) Bomba de vacío
- e) Balanza electrónica
- f) Llave ajustable (cangreja)
- g) Cronómetro
- h) Termómetro
- i) Unidad de refrigeración a la cual se le dará servicio.

3. Disposiciones de seguridad.

Para la realización de esta práctica, es de carácter obligatorio portar el siguiente equipo de protección personal.

- a) Gafas de protección visual
- b) Guantes de cuero
- c) Mascarilla de protección respiratoria
- d) Botas de cuero con puntera reforzada.
- e) Gabacha de taller manga corta.
- f) Vestimenta cómoda

4. Procedimiento

Ubique cada uno de los elementos necesarios antes mencionados, y realice el siguiente procedimiento como se describe.

- a) Coloque el tanque de recuperación vacío sobre la balanza electrónica y anote el valor de su peso en libras , mantenga el tanque siempre sobre la balanza.
- b) Utilizando la bomba de vacío, realice un vacío al tanque de recuperación.
- c) Cierre todas las válvulas de servicio del recuperador de refrigerante y conecte las mangueras de la siguiente manera:
 - i. Uno de los extremos de la manguera de color azul a la válvula de servicio del mismo color, es decir, en el lado de baja presión, roscando la tuerca tipo Flare. Y el otro extremo, a la válvula de servicio de la unidad a la cual se le extraerá el refrigerante.
 - ii. Uno de los extremos de la manguera de color rojo a la válvula de servicio del mismo color, es decir, en el lado de alta presión, roscando la tuerca tipo Flare. Y el otro extremo, a la válvula con centro instalada en el tanque recuperador.
- d) Realice una purga del aire contenido en la manguera de baja presión; para ello, debe desenroscar suavemente la manguera de la válvula de servicio del equipo hasta escuchar por un segundo el escape del aire; luego enrosque nuevamente.

- e) Abra la válvula de servicio de baja presión y arranque la unidad recuperadora. En el manómetro de baja presión debe visualizarse el incremento de presión conforme el gas refrigerante ingresa al sistema.
- f) Con la ayuda del termómetro, censar la temperatura ambiente y anotar su valor , con este valor, verificar la presión a la cual el refrigerante R-134a logra su estado de condensación y anotarlo Esta presión será la que marque el manómetro de alta presión y será la referencia para poder abrir la válvula de servicio de alta presión.
- g) Una vez alcanzada la presión de condensación del R-134a, abra la válvula de servicio de alta presión y escuchara como el refrigerante condensado fluye hacia el tanque de recuperación. Realizar las descargas hacia el tanque verificando no perder la presión de condensación del refrigerante, si esta comienza a disminuir, cerrar la válvula de alta presión y esperar a q ésta se alcance nuevamente antes de realizar otra descarga hacia el tanque.
- h) Conforme se realice la recuperación, verificar en la balanza electrónica la masa del tanque recuperador y asegurar que éste no sobrepase el 80 % de su valor máximo. De lograrse este valor detenga de inmediato el proceso de recuperación.
- i) Par finalizar, una vez recuperado todo el gas refrigerante, cierre todas las válvulas de servicio y apague el equipo. Debe purgar el aceite acumulado en la trampa de aceite para que éste retorne hacia el compresor. Debe realizar esta operación al finalizar cada sesión.

CUESTIONARIO EVALUATIVO-POST LABORATORIO

Estudiante: _____ Carné: _____

Fecha: _____

Indicaciones: Conteste ordenadamente las interrogantes que a continuación se presentan.

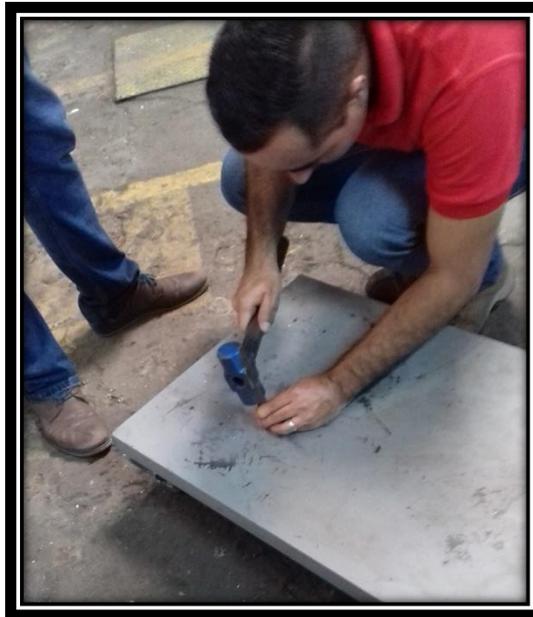
1. ¿En qué consiste la recuperación de refrigerantes?
2. Mencione 2 características del refrigerante R-134a.
3. ¿Qué factores se deben considerar en los equipos de recuperación de refrigerantes?
4. Mencione y explique el método de recuperación con el que opera la unidad recuperadora.
5. Mencione 4 elementos necesarios para el procedimiento del laboratorio y su función dentro del mismo.
6. ¿Para qué nos sirve saber el peso del tanque de recuperación vacío?

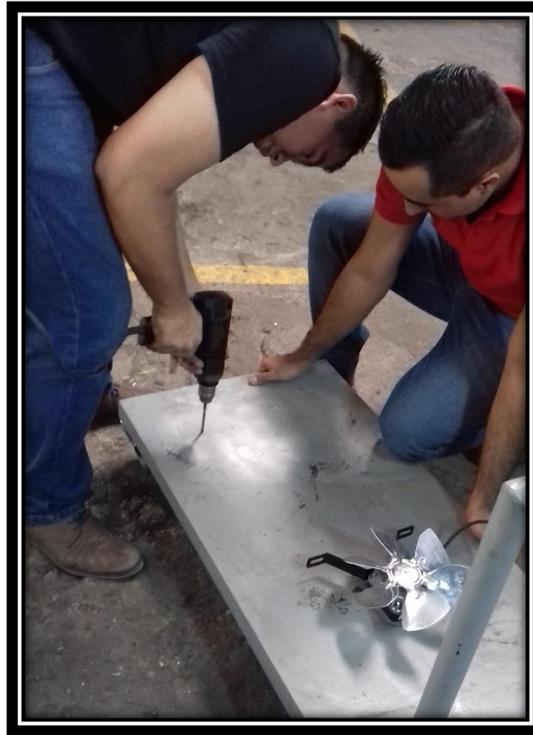
ANEXO 32: MEMORIA FOTOGRÁFICA DE CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO RECUPERADOR DE REFRIGERANTE R-134a

- Corte de materia prima para estructura base.



- Marcación y perforación de agujeros sobre base de estructura principal.

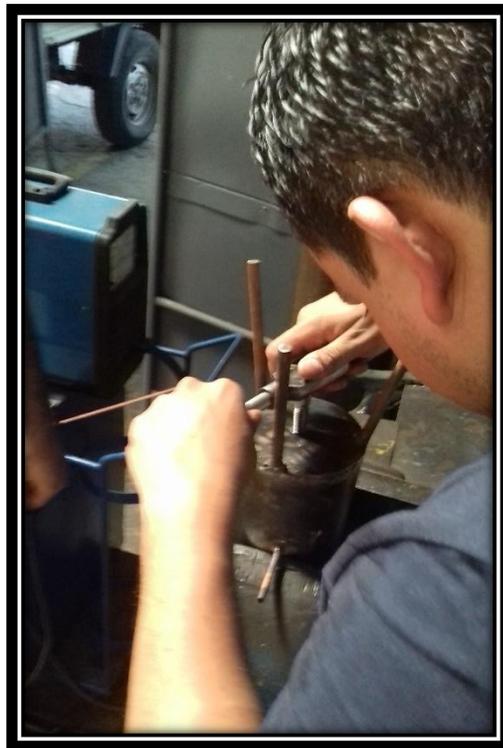


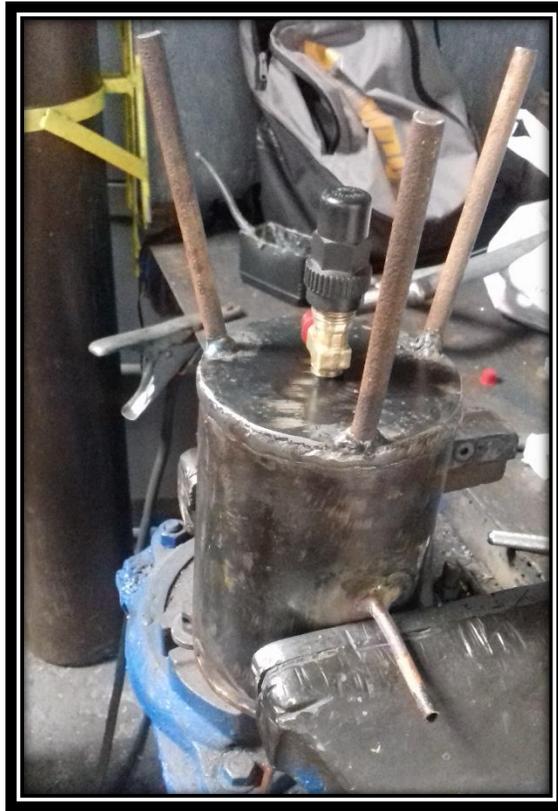


- Perforación de cilindro recuperador.



- Fabricación separador de aceite.





- Aplicación de pintura en los elementos.

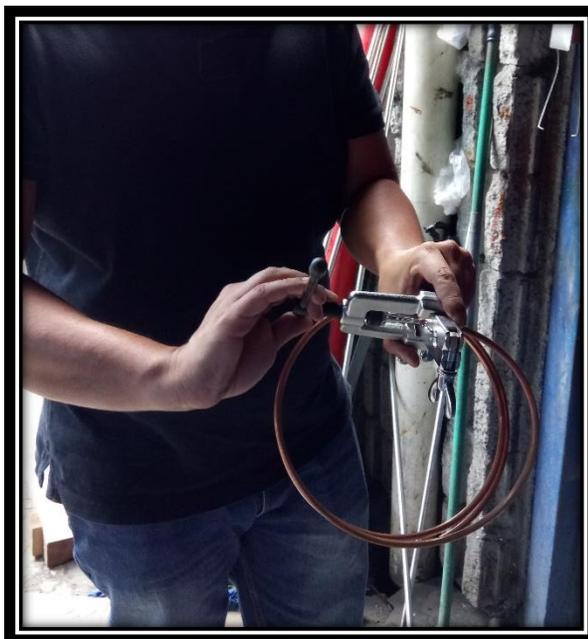


- Montaje de elementos principales sobre estructura base.



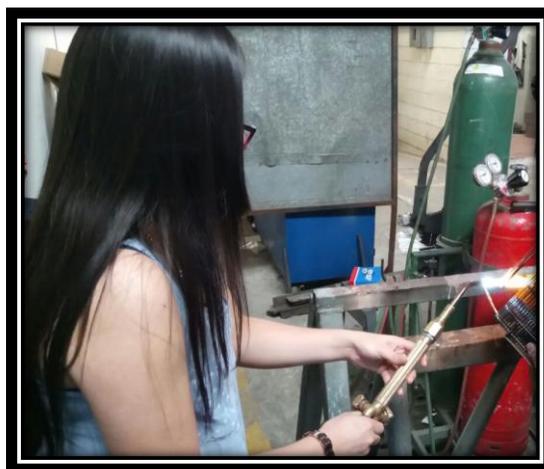
- Corte y abocinado de tubería de cobre flexible.



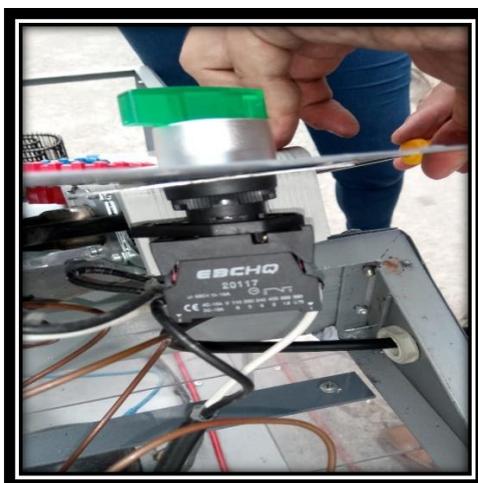


- Interconexión de elementos con soldadura oxiacetilénica.



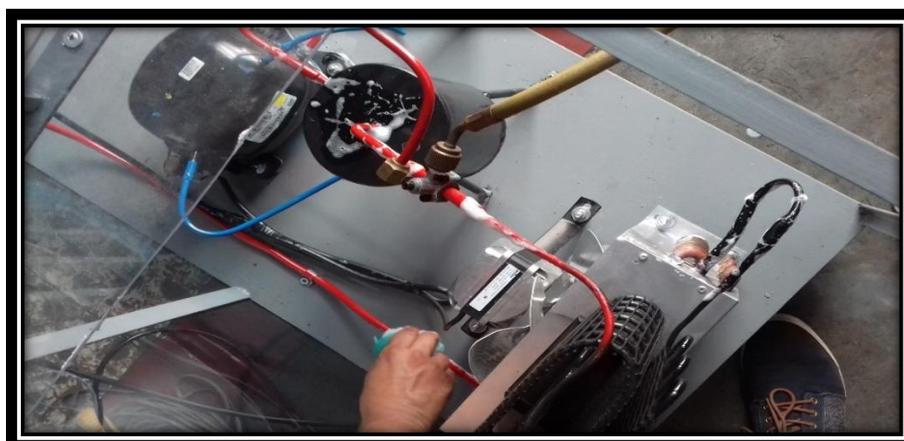


- Montaje y conexión de elementos eléctricos.

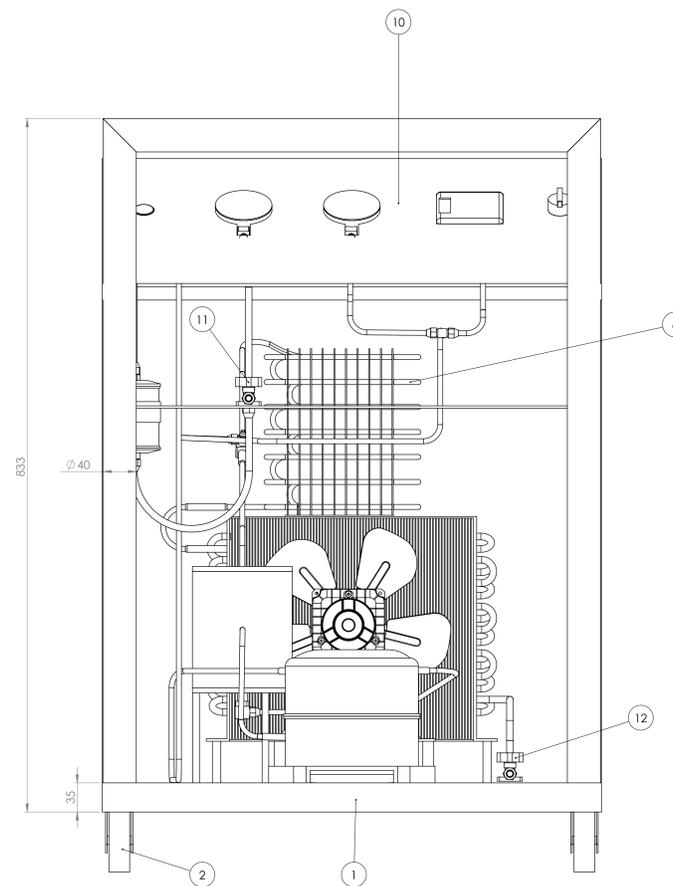
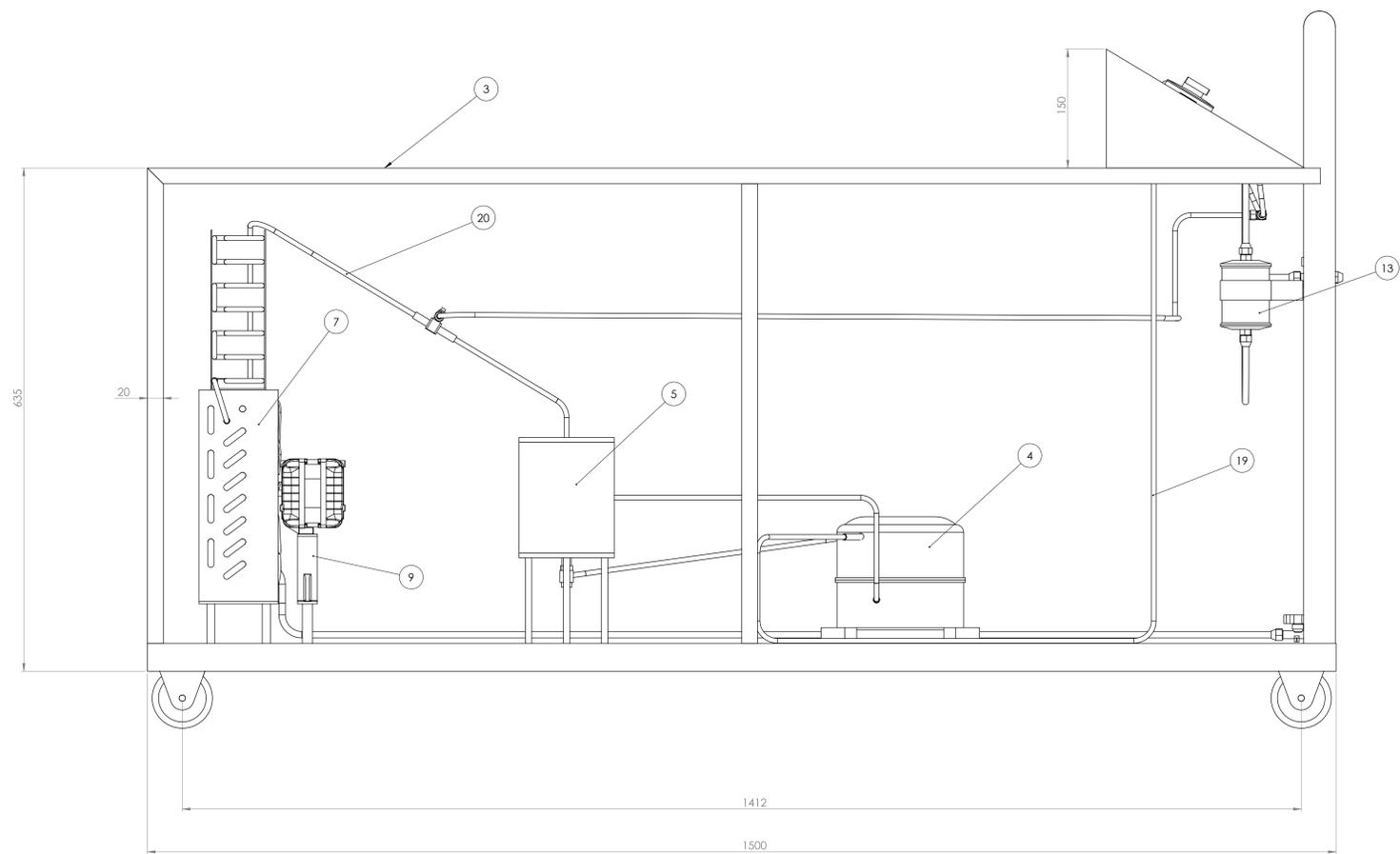
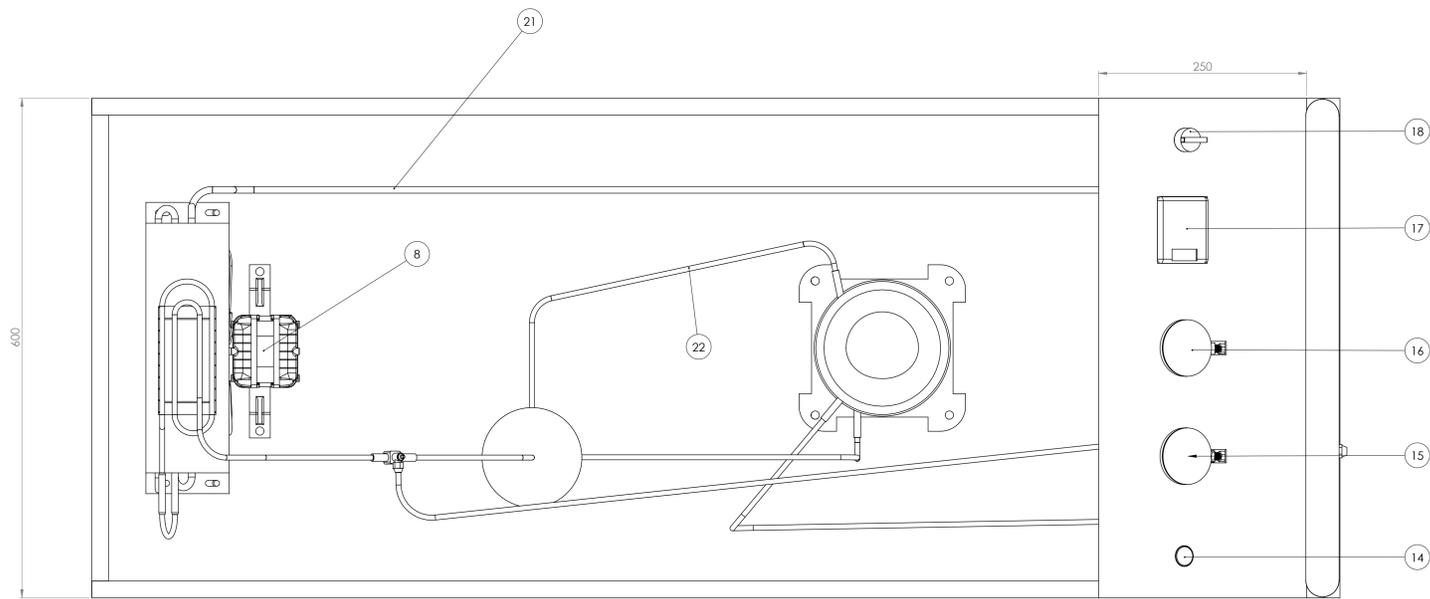


ANEXO 33: MEMORIA FOTOGRÁFICA DETECCIÓN DE FUGAS DEL EQUIPO

- Utilizando método de agua jabonosa.



**ANEXO 34: PLANOS CONSTRUCTIVOS Y ESQUEMA DE
FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO RECUPERADOR DE REFRIGERANTE**



Nº PARTE	CANT.	DENOMINACIÓN	MATERIAL
22	1	TUB. PARA RETORNO DE ACEITE (BP)	COBRE
21	1	TUB. DESCARGA CONDENSADOR (AP)	COBRE
20	1	TUB. ENTRADA CONDENSADOR (AP)	COBRE
19	1	TUB. ENTRADA COMPRESOR (BP)	COBRE
18	1	SWITCH ENCENDIDO/APAGADO	
17	1	PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN	
16	1	MANOMÉTRO DE ALTA PRESIÓN	
15	1	MANOMÉTRO DE BAJA PRESIÓN	
14	1	VISOR DE HUMEDAD	
13	1	FILTRO SECADOR	
12	1	VÁLVULA DE SERVICIO ALTA PRESIÓN	
11	1	VÁLVULA DE SERVICIO BAJA PRESIÓN	
10	1	TABLERO DE CONTROL	LAMINA GALVANIZADA
9	1	BASE DE VENTILADOR	
8	1	MOTOVENTILADOR	
7	1	CONDENSADOR DE CONVECCIÓN INDUCIDA	ALUMINIO / COBRE
6	1	CONDENSADOR DE CONVECCIÓN NATURAL	LATÓN
5	1	SEPARADOR DE ACEITE	HIERRO FUNDIDO
4	1	COMPRESOR HERMÉTICO 1/5 DE HP	
3	1	ESTRUCTURA DE RECUPERADOR	HIERRO FUNDIDO
2	4	RUEDAS	CAUCHO
1	1	BASE DE RECUPERADOR	HIERRO FUNDIDO

TODAS LAS COTAS ESTAN EN MILIMETROS

DIBUJADO	22/05/2017	AE08004 AP08036 RC09065	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQ. ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
COMPROBADO	22/05/2017	ING. DE LEÓN	
ESCALA	1:3	RECUPERADOR DE REFRIGERANTE R134a	HOJA 1 DE 1 ISO A