



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

INSTALACIÓN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL

Douglas Engemberth Ochoa Galindo
Asesorado por Ing. Mario Alfredo Gutiérrez Quintana
Ing. Luís Alfredo Asturias Zúñiga

Guatemala, octubre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

INSTALACIÓN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

DOUGLAS ENGEMBERTH OCHOA GALINDO

ASESORADO POR ING. MARIO ALFREDO GUTIERREZ QUINTANA
ING. LUIS ALFREDO ASTURIAS ZÚÑIGA.

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Romeo Neftali López Orozco
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godinez
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

INSTALACIÓN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica – Eléctrica, el 15 de octubre de 2003.

Douglas Engemberth Ochoa Galindo

Guatemala, 18 de Julio de 2008

Ingeniero
Otto Fernando Andrino González
Coordinador de Área de Electrotécnia,
Facultad de Ingeniería,
Universidad de San Carlos de Guatemala,
Guatemala, Ciudad.

Estimado Ing. Andrino:

Por medio de la presente le comunico que, habiendo examinado, estudiado y discutido en varias reuniones consecutivas, el trabajo de graduación titulado "INSTALACIÓN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL", asignado al estudiante DOUGLAS ENGEMBERTH OCHOA GALINDO y encontrando satisfactorios los planteamientos y el desarrollo del mismo, luego de efectuadas las enmiendas que consideré necesarias me permito emitir el Dictamen Favorable Aprobado el trabajo de Graduación.

Por lo tanto, el autor de este trabajo y yo como su asesor nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,



Ing. Mario Alfredo Gutierrez Quintana
ASESOR

Guatemala, 18 de Julio de 2008

Ingeniero
Otto Fernando Andrino González
Coordinador de Área de Electrotécnica,
Facultad de Ingeniería,
Universidad de San Carlos de Guatemala,
Guatemala, Ciudad.

Ingeniero Andrino:

El motivo de la presente es para informarle que he asesorado el trabajo de graduación titulado "INSTALACIÓN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL", que previo a obtener el título de Ingeniero Mecánico-Electricista, ha desarrollado el alumno DOUGLAS ENGEMBERTH OCHOA GALINDO.

Es mi deseo manifestarle que he encontrado el trabajo muy satisfactorio, y en mi opinión, llena los requisitos para su aceptación. Por lo anterior, le agradecería que revise el trabajo, a fin de dar el visto bueno para que el estudiante Ochoa Galindo pueda someterse al examen público respectivo.

Por otro lado, el autor de este trabajo y yo como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Sin otro particular, agradezco su atención.

Atentamente,


Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 28 de julio 2008.

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
INSTALACIÓN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL,
del estudiante; DOUGLAS ENGEMBERTH OCHOA GALINDO,
que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Otto Fernando Aurino González
Coordinador Área de Electrotécnia



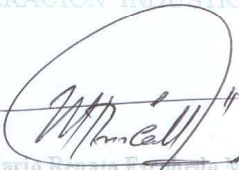
OFAG/sro

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; DOUGLAS ENGEMBERTH OCHOA GALINDO, titulado: INSTALACIÓN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL, procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
DIRECTOR



GUATEMALA, 30 DE JULIO 2008.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 333.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **INSTALACIÓN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Engemberth Ochoa Galindo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, octubre de 2008



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres: Marco Antonio Ochoa y Yolanda Rosario Galindo Portillo de Ochoa

Mi hermana: Sugey Asheldina Ochoa Galindo

Mis sobrinos: Brayan, Ángel y Joshua García Ochoa

Mis abuelos: Maria Benarda Ochoa Vela, Matilde Portillo Calderón D.E.P
y Francisco Javier Galindo D.E.P

Por su paciencia, esfuerzo y constancia, que con su apoyo ha sido posible alcanzar la culminación de esta meta, que hoy de esta forma doy un paso más al enriquecimiento como persona y a realizarme como profesional dentro del vínculo social de esta tierra que es conocida como el país de la eterna primavera, Guatemala.

AGRADECIMIENTOS A:

Ingeniero Luis Alfredo Asturias Zúñiga y Ingeniero Mario Alfredo Gutiérrez Quintana, por su dedicación a su asesoría y amistad que me brindaron durante el desarrollo de este trabajo de graduación.

Mis amigos: Manuel Enrique Morales Ramírez, Hernán Eduardo Cabrera García, José Manuel Rodas Barrientos por su apoyo incondicional.

Amigos y compañeros de las empresas:

Agroexportadora Nobleza

Protisa

Coagro (Del Monte)

Quienes con sus aportes y disponibilidad obtuve la inspiración para la elaboración del presente trabajo de graduación, con el deseo que éste sea de utilidad a quien se interese en el tema citado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	XXIII
GLOSARIO	XXV
RESUMEN	XXIX
OBJETIVOS	XXXI
INTRODUCCIÓN	XXXIII
1. COMPRESORES DE REFRIGERACIÓN	
1.1 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor	1
1.1.1 Compresores abiertos	4
1.1.2 Compresores herméticos	7
1.1.3 Compresores semiherméticos	9
1.2 Partes que lo componen	10
1.3 Códigos para diferentes tipos y modelos de compresores	19
1.4 Aplicación de los compresores semiherméticos	26
1.5 Puesta en marcha	31
1.6 Mantenimiento de compresores	36
1.6.1 Aceites lubricantes para refrigeración	38
1.6.1.1 Aceite de Poliolerster	39
1.6.1.2 Aceite de base mineral	40
1.6.1.3 Aceites alkylbenzenes (AB)	41
2. CONDENSADORES	
2.1 Definición	43
2.2 Partes que lo componen	44
2.2.1 Serpentín condensador	44

2.2.2 Estructura	45
2.2.3 Ventiladores	45
2.2.4 Gabinete de compresores y accesorios	45
2.2.5 Gabinete de potencia y mandos	46
2.3 Tipos y Modelos	46
3. EVAPORADORES	
3.1 Definición	53
3.1.1 Evaporadores de sistema inundado	55
3.1.2 Evaporadores de sistema semi-inundados	56
3.1.3 Evaporadores de sistema seco	57
3.2 Características	60
3.3 Tipos y modelos	62
3.4 Partes que lo componen	65
3.4.1 Serpentín y panel del evaporador	65
3.4.2 Válvula de expansión termostática (VET)	66
3.4.3 Distribuidor y nozzle (Restrictor de Orificio)	68
3.4.4 Ventiladores	69
3.4.5 Bandeja de condensado	70
3.4.6 Bornera de conexiones	70
3.5 Puesta en marcha	70
3.6 Aplicaciones	71
4. REFRIGERANTES	
4.1 Definición	73
4.2 Tipos de refrigerantes y marcas	77
4.2.1 Composición de refrigerantes	77
4.2.2 Marcas	79
4.3 Aplicaciones	79

5.	TUBERÍA DE REFRIGERACIÓN	
5.1	Definición	91
5.2	Tipos de tubería	92
5.3	Esquema de instalación de tuberías y diseño	96
5.3.1	Líneas de gas caliente	97
5.3.1.1	El condensador situado por debajo del compresor	97
5.3.1.2	El condensador y compresor situados al mismo nivel	98
5.3.1.3	El condensador situado arriba del compresor	98
5.3.2	Líneas de Succión	100
5.3.2.1	El evaporador y el compresor situados al mismo nivel	101
5.3.2.2	El evaporador situado por debajo del compresor	103
5.3.3	Línea de líquido	107
5.3.3.1	Cómo utilizar los diagramas de tuberías	112
5.4	Longitud equivalente de tubería	113
5.5	Soporte de tubería de refrigeración (por Heatcraft)	114
5.6	Instalación de tubería	126
5.6.1	Procedimiento	126
5.7	Técnicas para preparación de tubería de cobre tipo L y accesorios	127
5.7.1	Cómo utilizar el cortador de tubo	129
5.8	Técnica de soldadura para tubería de cobre tipo L	130
5.8.1	Soldadura de copa hacia arriba	133
5.8.2	Soldadura horizontal	134
5.8.3	Soldadura de copa hacia abajo	135
5.9	Accesorios para tubería de cobre tipo L	136
5.10	Prueba de tubería	136
5.11	Mantenimiento	138
6.	AISLAMIENTO PARA TUBERÍA	
6.1	Definición	139
6.2	Tipos de aislamiento	140

6.3	Aplicaciones	141
6.3.1	Almacenaje	141
6.3.2	Accesorios del elastómero de celdas cerradas	142
6.4	Instalación	143
6.4.1	Opción, cuando no hay armaflex en el mercado	147
7.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
7.1	Diagramas eléctricos de unidades frigoríficas	149
7.2	Fusibles	161
7.2.1	Selección de fusibles	161
7.2.2	Clase de servicio	162
7.2.3	Características de operación generales	164
7.2.4	Construcción	164
7.3	Interruptores Termomagnéticos	172
7.4	Cableado para control y potencia	175
7.4.1	Confinamientos	183
7.4.2	Tableros de potencia	191
8.	EQUIPO Y HERRAMIENTA	
8.1	Equipo de soldadura oxiacetilénica (SOA)	195
8.2	Equipo de soldadura eléctrica (SEA)	198
8.3	Bomba de vacío	199
8.4	Bomba para carga de aceite	201
8.5	Juego de manómetros para refrigeración	202
8.6	Recuperadora de refrigerante	203
8.7	Llave de cola – corona y torquimetro	204
8.8	Llave de trinquete	205
8.9	Juegos de llaves allen y torx	205
8.10	Cortadora de tubos	205
8.11	Juego de limas	206
8.12	El balonador y expansor de impacto	206

8.13	Doblador de tubo	208
8.14	Juego de llaves de copa	209
8.15	Alicates, pelacables, pinzas, cinta de aislar y navaja	209
8.16	Multímetro	210
8.17	Barrilla de plata	210
9.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
9.1	Diseño de cargas térmicas BTUH	211
9.1.1	Transmisión de calor	211
9.1.2	Infiltración de aire	214
9.1.3	Carga de enfriamiento del producto	216
9.1.4	Calor de respiración	217
9.1.5	Calor de cargas misceláneas	219
9.1.5.1	Calor por personas	219
9.1.5.2	Motores	220
9.1.5.3	Iluminación	221
9.1.5.4	Empaque y tarimas	221
9.2	Selección de equipos de refrigeración	231
9.3	Potencia eléctrica necesaria	238
9.4	Elaboración de planos	240
10.	MONTAJE DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN	
10.1	Montaje de condensadores	243
10.2	Localización y ubicación de condensadores	244
10.2.1	Ubicación de condensador cerca de una pared u obstrucción	244
10.2.2	Montaje de múltiples unidades condensadoras	245
10.2.3	Montaje de una unidad dentro de fosa	245
10.2.4	Montaje de condensador dentro de una valla decorativa	246
10.3	Montaje de las unidades condensadoras	248
10.4	Anclajes	250
10.4.1	Tanquetes ADI	250

10.4.2	Barrenanclas Tipo C	251
10.4.3	Anclas Arpón	252
10.5	Herrajes	253
10.5.1	Perfiles Industriales	254
10.5.2	Barras roscadas	255
10.6	Montaje de evaporadores	256
10.7	Drenajes para evaporadores	261
11.	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REFRIGERACIÓN	
11.1	Válvula de expansión, orificios nozzles y distribuidor	265
11.2	Válvula de solenoide	272
11.3	Visores o indicador de humedad y líquido	274
11.4	Filtros secadores	275
11.4.1	Humedad	276
11.4.2	Polvo	276
11.4.3	Ácidos	276
11.4.4	Barro y barnices	277
11.5	Separador de aceite	283
11.6	Recipiente acumulador y control del nivel de aceite	285
11.7	Recibidores o deposito de refrigerante líquido	288
11.8	Acumulador de succión	291
11.9	Silenciadores de descarga	293
11.10	Válvulas de paso y servicio de refrigerante	294
11.11	Elementos de anti-vibración	296
11.12	Presostatos	297
11.12.1	Presostato de baja presión	297
11.12.2	Presostato de alta y baja presión	299
11.13	Presostato diferencial de aceite	301
11.13.1	Presostato de diferencial de aceite electrónico	302
11.14	Termostato	303

11.15	Reloj sincrónico (descongelación automática)	307
11.16	Válvulas para control de condensación	309
11.17	Monitor de fases	313
12.	PROCEDIMIENTOS PARA UN MANTENIMIENTO FORMAL	
12.1	Preservación periódica	317
12.2	Preservación progresiva y total	317
12.3	Mantenimiento	318
12.3.1	Mantenimiento preventivo	318
12.3.2	Mantenimiento correctivo	320
12.4	Limpieza de panales de evaporadores	320
12.5	Mantenimiento a motores eléctricos	322
12.6	Limpieza y revisión de panales de condensadores	323
12.7	Mantenimiento de compresores	324
12.8	Mantenimiento de refrigerantes	326
12.9	Carga de refrigerante	327
12.10	Cambio de aceite y filtros secadores	328
13.	SEGURIDAD INDUSTRIAL EN ÁREA DE REFRIGERACIÓN	
13.1	Uso del equipo oxiacetileno	331
13.2	Clasificación de refrigerantes en grupos de seguridad	337
13.3	Delimitación de áreas	340
13.3.1	Maquinaria de alto riesgo	340
13.3.2	Maquinaria de mediano riesgo	340
13.3.3	Maquinaria de riesgos menores	341
13.4	Señalización	341
13.4.1	Señalización de vehículos	342
13.4.2	Señalización peatonal	342
13.5	Localización dispositivos de seguridad	343
13.5.1	Hidrantes	343

13.5.2	Extintores	343
13.5.2.1	Extinguidores para fuego clase "A".	344
13.5.2.2	Extinguidores para fuego clase "B".	344
13.5.2.3	Extinguidores para fuego clase "C"	345
13.5.2.4	Extinguidores para fuegos clase "D"	345
13.6	Equipo de protección personal o de seguridad	346
13.6.1	Protección de los ojos	348
13.6.1.1	Anteojos o gafa de tapadera	348
13.6.1.2	Gafas anti resplandor (energía radiante)	349
13.6.1.3	Protección de cabeza ante energía radiante (caretas)	350
13.7	Protección de dedos, manos y brazos	351
13.8	Protección de los pies y las piernas	353
13.9	Cascos de seguridad	354
13.10	Protección contra el ruido	356
13.11	Equipo respiratorio protector	357
13.12	Higiene Industrial	358
13.12.1	Ruido	358
13.12.2	Gases	359
13.12.3	Pisos	359
13.12.4	Equipo	359
13.12.5	Paneles de cuartos fríos	360
	CONCLUSIONES	361
	RECOMENDACIONES	363
	BIBLIOGRAFÍA	365

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1 Diagrama de entalpía vrs presión de compresión de vapor, ciclo ideal	1
2 Diagrama de entalpía vrs presión de compresión de vapor, ciclo real	2
3 Compresor abierto de cuatro cilindros	4
4 Partes de un compresor abierto de acople directo.	5
5 Equipo frigorífico de un contenedor equipado con un compresor abierto	6
6 Compresor abierto utilizado en la industria	7
7 Compresor hermético	8
8 Compresor semihermético	9
9 Partes de un compresor semihermético (desarmable).	10
10 Esquema de un compresor semihermético	11
11 Resistencia eléctrica de un compresor semihérmético	12
12 Visor de nivel de aceite	13
13 Eje de cigüeñal de un compresor de refrigeración de seis cilindros en W.	14
14 Conjunto de biela, pistón y sus segmentos de un compresor de refrigeración	15
15 Plato de válvulas para dos cilindros en línea de un compresor	15
16 Válvula de servicio de compresor y de línea	17
17 Despiece de un compresor semihermético de 6 cilindros y sus partes	18
18 Esquema de identificación de un compresor Copelametic discus	26
19 Grupo de compresores para una misma unidad condensadora	27
20 Curvas determinantes de la potencia frigorífica de un compresor a diversas presiones de P_{asp} aspiración y P_{cond} condensación	30
21 Juego de manómetros con su manifur y mangueras con conectores hembra schrader.	32

22 Sistema de lubricación de un compresor semihermético con su bomba de aceite	36
23 Gráfica giroscópica, en la cual se observa la cantidad de absorción de humedad entre un aceite POE y uno de base mineral.	39
24 Recipiente de aceite sintético de Poliolester para refrigeración	40
25 Gráfica que muestra la secuencia del comportamiento del refrigerante dentro de los condensadores	43
26 Unidad condensadora compacta y sus partes	44
27 Diferentes tipos de unidades condensadoras	46
28 Disposición de condensadores	48
29 Curva de relación entre temperaturas de evaporación y condensación para determinar la capacidad calorífica del condensador.	49
30 Clasificación de un equipo Century y sus equivalentes con otros fabricantes	50
31 Clasificación de un equipo Century de 15 Hp.	51
32 Modelos equivalentes de una unidad condensadora de 15 Hp	52
33 Esquema del comportamiento del refrigerante dentro del serpentín del evaporador durante su recorrido	54
34 Esquema de un evaporador inundado	55
35 Evaporador semi inundado de tubo y aletas, con colector inferior para refrigerante líquido y superior de aspiración	56
36 Serpentes evaporadores de un solo circuito con tubo liso	57
37 Diferentes compartimientos de un evaporador seco	58
38 Esquema de varios circuitos de un evaporador seco, que van desde el distribuidor hacia el colector de succión	59
39 Emplazamiento de evaporadores de aire forzado en cámaras de diversas estructuras, recomendables y no recomendables	60
40 Equivalencia de carga entre diferentes marcas de evaporadores secos.	63
41 Equivalencia de un evaporador chandler con una capacidad de 252,000 BTUH y con un flujo de aires de 30,000 a 36,800 CFM	64
42 Partes de un evaporador seco	65

43	Se muestra el panel de un evaporador seco	66
44	Se presenta una Válvula de expansión termostática y la ficha reguladora nozzle, para el refrigerante correspondiente y dos tipos de distribuidores el cual se utiliza según el número de circuitos que compongan el evaporador.	66
45	Ubicación de distribuidores y válvulas de expansión en un evaporador de gran capacidad con dos circuitos de fábrica	69
46	Presentación de cilindros con R-22, los cuales pueden ser de 15, 25 y 35 libras de refrigerante	79
47	Varios refrigerantes con sus aplicaciones y reemplazos	80
48	Cualidades de la tubería de cobre para refrigeración	94
49	Esquema de un estante para el almacenaje de tubería de refrigeración	96
50	Tubería de gas caliente, el condensador situado por debajo del compresor	97
51	Tubería de gas caliente, el condensador situado al mismo nivel que el compresor	98
52	Tubería de gas caliente, el condensador situado por encima del compresor no mas de 8 pies	99
53	Tubería de gas caliente, condensador arriba de 8 a 25ø del compresor	99
54	Tubería de gas caliente, cuando el condensador se encuentra a alturas mayores de 25ø o más, en donde se agrega un sifón por cada 25ø	100
55	Tubería de succión, evaporador al mismo nivel del compresor	101
56	Tubería de succión, el evaporador esta por encima del compresor	102
57	Tubería de succión, evaporador abajo del nivel del compresor	104
58	Instalación de tubería de succión en evaporadores que se encuentran arriba del nivel del compresor	105
59	Esquema de instalación de tubería de succión, para un evaporador de dos circuitos	106
60	Esquema de la disposición de tubería, para una unidad evaporadora de carga variable, el cual esta equipado con un compresor de dos velocidades	107

61 Diagramas para determinar el diámetro de las tuberías que se utilizan con el refrigerantes R-12.	110
62 Diagramas para determinar el diámetro de las tuberías que se utilizan con el refrigerante R-22	111
63 Esquema de la instalación de soportes en las esquinas de una tubería tipo L	115
64 Soporte de tubería de succión, líquido y eléctrica,	116
65 Construcción de los sifones de línea de succión en evaporadores	117
66 Esquema de la disposición de soportes e inclinación de la tubería	126
67 Partes de un cortador de tubos	129
68 Técnica para el corte de un tubo de cobre tipo L	129
69 Diferentes insumos para la realización de soldaduras en tubería de cobre L	132
70 Partes de un equipo de oxiacetileno	133
71 Posición de soldadura de cobre en copa hacia arriba	134
72 Posición de soldadura horizontal	135
73 Posición de soldadura de copa hacia abajo	135
74 Diferentes accesorios de cobre para tubería de cobre tipo L	136
75 Detector electrónico de fugas	137
76 Antorcha de haluros para la detección de fugas	137
77 Diferentes diámetros de coquillas de elastómeros y su empaque	140
78 Planchas y diferentes diámetros de elastómeros de celdas cerrada para aislamiento de ductos y tubería de refrigeración.	141
79 Pegamento de contacto a base de neopreno, para aplicación con elastómeros de celdas cerradas	142
80 Pintura a base de polietileno para protección de coquillas de armaflex	143
81 Cintas autoadhesivas de múltiple propósito	143
82 Recomendación de soporte de tubería con coquillas de armaflex o equivalente	144
83 Disposición del soporte de una tubería de refrigeración	145
84 Pasos para la colocación de una coquilla de armaflex o equivalente	145

85	Diferentes cortes de coquillas para el aislamiento de tubería de refrigeración en la formación de accesorios 45°,90° y Tee	146
86	Técnica de aislamiento de tubería de refrigeración con PVC y poliuretano líquido	148
87	Diagrama de una unidad de 50 Hp marca Century	152
88	Diagrama de potencia de una unidad de 70hp marca Chandler	154
89	Diagrama de control de una unidad de 70 Hp marca Chandler	155
90	Diagrama eléctrico de potencia y control de una unidad de 35hp marca Larkin	156
91	Diagrama eléctrico de control de una unidad de 40hp marca Century	158
92	Curva característica de operación de fusibles	165
93	Interruptor de seguridad para servicio ligero con elemento fusible	169
94	Interruptor de seguridad para servicio pesado con elemento fusible	169
95	Interruptor de seguridad de doble tiro con elemento fusible	170
96	Interruptor para servicio pesado, tamaño de acuerdo a nivel de amperaje en zapatas, con elemento fusible	170
97	Diferentes tipos de porta fusibles usados en equipo de refrigeración	172
98	Rangos de corriente que actúan en un interruptor termo-magnético	174
99	Interruptor termo-magnético de 3 polos montado en el panel de control del condensador	174
100	Distancias de soportes horizontales	180
101	Condulets para conduit rígido e IMC con rosca NPT, y tubo conduit rígido de aluminio	191
102	Tablero de la serie S de Siemens	192
103	Distintos accesorios que componen un equipo de soldadura oxiacetilenico	196
104	Partes de un equipo de soldadura eléctrica SEA.	199
105	Partes de una bomba de vacío	200
106	Bomba para carga de aceite plástica de desplazamiento positivo.	201
107	Juego de manómetros para refrigeración	202
108	Modelos de recuperadoras de refrigerante.	204
109	Llaves de cola ó corona y torquimetro tipo ratchet	204

110	Llave de trinquete de cuatro medidas 3/16, 1/4, 3/8 y 1/2 pulgadas	205
111	Juego de llaves Allen y Torx	205
112	: Corta tubo de para diámetros pequeños y uno para diámetros grandes	206
113	Partes de un balonador	207
114	Juego de expansores individuales	208
115	Doblador de tubos desde 1/4" a 5/8"	208
116	Insumos necesarios en todo momento, como herramienta, los cuales son barrillas de plata, de latón y sus correspondientes fundentes.	210
117	Datos para el ejemplo de cálculo de cargas de un cuarto frío, para el almacenamiento de melón cantalope, valores extraídos de tablas anteriores.	226
118	: Disposición de las luminarias de este cuarto frío, en donde se dispone de 28 luminarias de 2 *32W	228
119	Distribución de producto dentro del recinto	229
120	Arreglo de evaporadores en el cuarto frío del ejemplo anterior	235
121	Plano en donde se muestra el montaje de los diferentes equipos y accesorios del cuarto frío del ejemplo anterior	237
122	Plano en donde se puede apreciar la ubicación de evaporadores, tubería, condensadores y conductores para los diferentes equipos en la instalación de un equipo de refrigeración de tipo industrial	241
123	Esquema de la instalación de un condensador cerca de una pared u otro tipo de obstrucción que pueda restringir el flujo de aire de renovación	244
124	Esquema en la instalación de varias unidades condensadoras de igual o diferente capacidad frigorífica	245
125	Diferentes situaciones que se nos puede presentar en el momento de instalar una unidad condensadora dentro de una fosa.	246
126	Esquema de la disposición de instalación de una unidad condensadora rodeada de una valla protectora	246
127	Tipos de problemas que se presentan, cuando los condensadores son instalados debajo de una galera o techo de baja altitud	247

128	Ubicación de la electro-maya, para la fundición del piso donde se montarán los equipos de refrigeración	248
129	Esquema que representa la forma indicada para el montaje de las unidades condensadoras por medio de una grúa de pluma	249
130	Esquema de instalación de anclajes tipo tanquetes ADI, medidas de tanquetes y recaladores RDI en pulgadas.	251
131	Esquema de instalación de Barrenanclas tipo C y tabla de medidas para este tipo de anclaje	252
132	Esquema de instalación de anclajes tipo Arpón	253
133	Diferentes dimensiones de perfiles unicanal, y especificación de las perforaciones de este perfil, usado también para instalaciones eléctricas	254
134	Utilización de barrilla roscada para soporte y anclaje de tuberías	255
135	Suspensión de evaporadores en una cámara frigorífica por medio de barrillas roscadas	256
136	Dimensiones de una unidad evaporadora	257
137	Distancias mínimas recomendadas para instalación de evaporadores dentro de una cámara frigorífica	258
138	Esquema representativo del flujo de aire de un evaporador, en donde se tiene una mejor succión y tiro de aire del evaporador	259
139	Distancias recomendadas para la instalación de unidades evaporadoras dentro de un recinto de dimensiones considerables, dimensiones en metros	259
140	Disposición de evaporadores para varios tipos de recintos	260
141	Disposición de evaporadores en cámaras de refrigeración con puertas en los costados	261
142	Disposición de una línea de drenaje, la cual está construida por tubería de PVC de agua potable y accesorios, para un evaporador	263
143	Esquema de una válvula de expansión termostática, también con equilibrador interno y externo	268
144	Ubicación de los diferentes elementos que controlan el evaporador	269

145	Posiciones del bulbo de la VET, a las 4:00 y 8:00 en punto son las mas recomendadas	270
146	Instalación de una VET y accesorios	272
147	Partes de una válvula de solenoide	273
148	Instalación de una válvula de solenoide	274
149	Instalación de un visor detector de humedad	275
150	Filtros sellados de líquido y de succión montados de fabrica	278
151	Partes e instalación de un filtro secador de dos elementos reemplazables de cartucho	279
152	Diferentes tipos de filtros secadores de elemento cartucho	280
153	Montaje de portafiltros de cartucho, uno de dos elementos para la línea de líquido y otro de un elemento para la línea de succión	282
154	Posiciones recomendables para la instalación de los portafiltros	282
155	Esquema de partes e instalación de un separador de aceite	284
156	Separador de aceite para una unidad de dos compresores el cual es sellado, a la derecha se muestra un separador desmontable para el flujo de refrigerante de un compresor	285
157	Acumulador de aceite, conexión del recipiente hacia la línea de succión y el recipiente controlador de nivel de aceite.	286
158	Esquema de un sistema múltiple de reguladores individuales de aceite, con su separador de aceite y deposito acumulador de aceite para un sistema de refrigeración de tres compresores en paralelo	287
159	Partes del recibidor de refrigerante líquido	288
160	Esquema para averiguar el nivel de refrigerante líquido del recibidor	289
161	Cuatro recibidores de líquido de una unidad condensadora de cuatro compresores de 40 hp	290
162	Acumulador de succión	291
163	Instalación de dos acumuladores de refrigerante	292
164	Silenciador de descarga	293
165	Instalación de un silenciador de descarga	293
166	Válvulas de servicio del compresor	294

167	Montaje de válvulas de servicio de succión y de gas caliente	295
168	Montaje de dos válvulas de paso, la primera sobre el recibidor de líquido y la segunda la que abre el paso del condensador al evaporador	296
169	Instalación de elementos antivibración dentro de la unidad condensadora	297
170	Partes de un presostato de baja presión	299
171	Presostatos de baja y alta presión en una sola unidad	299
172	Calibración de presiones para una unidad que trabaja con una temperatura de evaporación de 25°F con R-22	300
173	Parte principales de un presostato diferencial de aceite	302
174	Conexión de la sonda del presostato electrónico Sentronic y montaje en el panel de control de la unidad condensadora	303
175	Termostato de bulbo remoto	304
176	Partes de un termostato	305
177	Termostato electrónico	306
178	Instalación de un termostato electrónico dentro de una unidad condensadora	307
179	Partes de un reloj sincrónico	308
180	Montaje de las válvulas ORI y ORD en una unidad condensadora	310
181	Esquema de la instalación de las válvulas ORI y ORD	311
182	Esquema de instalación de una válvula OROA	311
183	Esquema de instalación de una válvula LAC	312
184	Monitor de fases	314
185	Organigrama de un departamento de conservación	316
186	Evaporador en servicio de preservación	321
187	Partes de un motor eléctrico trifásico para su preservación	322
188	Vista superior de una sección en una unidad condensadora	323
189	Partes de un compresor semihérmico y de su motor eléctrico	325
190	Elementos que conforman el triángulo del fuego	332
191	Uso correcto del equipo de oxiacetileno	332
192	Caso en el que se puede provocar una explosión por un flujo inverso	333

193	Caso de que se puede dar la explosión del regulador al cierre de las válvulas	334
194	Caso en el que se puede provocar una incendio de grandes proporciones	334
195	Válvulas retenedoras de flujo inverso	337
196	Hidrante con su respectiva manguera	343
197	Diferentes tipos de extintores en cuya placa se identifica el tipo de fuego a sofocar	345
198	Visualización del tipo de fuego que un extintor puede sofocar	346
199	Gafas protectoras de vista panorámica transparentes o de color	348
200	Gafas protectoras contra energía radiante	350
201	Caretas protectoras contra la salpicadura de partículas candentes y otras contra las radiaciones del arco eléctrico	350
202	Guantes que proporcionan protección a toda la mano del trabajador	352
203	Mangas protectoras de brazos, para trabajos de soldadura	352
204	Protección para la parte anterior del cuerpo (Gabachas)	353
205	Tipos de calzado para uso industrial, Trinsulada, punta de acero, suela de hule para protección contra choque eléctrico y a prueba de agua	354
206	Esquema de los elementos que componen un casco de protección	355
207	Diferentes tipos de filtros como protectores de las vías respiratorias	358

TABLAS

I	Etapas del ciclo de refrigeración ideal	1
II	Valores correspondientes a P_v de acuerdo al refrigerante a utilizar	28
III	Valores de rendimiento volumétrico	29
IV	Comparación de aceites sintéticos, base mineral y mezcla de aceite mineral con alkylbenzeno con un mínimo del 50%	41
V	Valores del coeficiente K, para evaporadores circulación forzada de aire	62
VI	Datos físicos y de comportamiento comparativos de los refrigerantes HCFC.	76
VII	Nombre, fórmula química y punto de ebullición de los refrigerantes hidroc fluorocarbonos hasta los de base de hidrocarburos	88
VIII	Algunas propiedades de algunos refrigerantes CFC	89
IX	Información de presión y temperatura de algunos refrigerantes CFC	90
X	Diferentes tipos de tubería de cobre	93
XI	Diámetros externos, internos y peso de tubería rígida y flexible tipo L	95
XII	Equivalente de la caída de presión para un cambio de 2°F en la temperatura de saturación del refrigerante en la tubería de líquido	109
XIII	Longitudes equivalentes en pies de los accesorios y válvulas, para tubería de cobre tipo L	113
XIV	Pies equivalentes de tubería debido a válvulas y ajuste de fricción	118
XV	Tamaño de tubería recomendadas para el R-404 A y R-507	120
XVI	Tamaño de tubería recomendadas para el R-134a	122
XVII	Tamaño de tubería recomendadas para el R-404 A y R-507	124
XVIII	Tabla de varillas de plata y sus aplicaciones	131
XIX	No. de boquilla que se utiliza en diferentes diámetros de tubería con varillas de plata de diferente calibre recomendable	132

XX	Abreviaturas, significado e interpretación de los diferentes componentes que hacen funcionar un equipo frigorífico de diversas capacidades	150
XXI	Capacidad interruptiva de fusibles	168
XXII	Dimensiones de conductores aislados	177
XXIII	Capacidad de corriente de conductores de cobre, basada en una temperatura ambiente de 30°C y su corrección de temperatura.	182
XXIV	Factor de relleno por número de conductores	184
XXV	Dimensiones de tubo conduit al 100%, 60% y combinación de cables.	185
XXVI	Número de conductores máximo por tubo (Tabla C1 NEC 2005)	186
XXVII	Factor de corrección por arreglo de conductores	187
XXVIII	Calibre mínimo de conductor para tierra física	187
XXIX	Impedancia de conductores	188
XXX	Distancia máxima ente soportes para tubo conduit	189
XXXI	Interruptores industriales en caja moldeada	189
XXXII		
	Capacidad interruptiva nominal de interruptores termomagnéticos	190
XXXIII	Presiones de oxígeno y acetileno con base al número de boquilla a utilizar	197
XXXIV	Valores del coeficiente K de diferentes materiales aislantes, en función del factor de resistencia térmica y espesor de dichos paneles para recintos refrigerados	212
XXXV	Corrección de transferencia de calor por efecto solar de paneles.	213
XXXVI	Cambios promedio de aire por 24 horas en cuartos de almacenamiento arriba de 32°F por infiltración de aire por aberturas de puertas	214
XXXVII	Cambios promedio de aire por 24 horas en cuartos de almacenamiento abajo de 32°F debido a aberturas de puertas y infiltración de aire	215

XXXVIII	Cantidad de calor removido del aire enfriado en las condiciones de cuartos de almacenamiento en BTU por pies ³ .	216
XXXIX	Calor de respiración de algunos tipos de productos	218
XL	Calor equivalente de ocupantes dentro de los recintos refrigerados	220
XLI	Calor equivalente de motores eléctricos	220
XLII	Ganancia de calor debido a la operación de pallet trucks operados con baterías	221
XLIII	Calor específico de varios líquidos y sólidos	222
XLIV	Clases de productos que requieren de una HR específica, se tiene que conservar los rangos de TD del equipo o viceversa.	224
XLV	Factores de utilización para lámparas fluorescentes	228
XLVI	Hoja de cálculo de cargas	230
XLVII	Vacío en pulgadas por debajo de la presión atmosférica, presiones manométricas en libras por pulgada cuadrada	232
XLVIII	Varios modelos del evaporadores Chandler de 3 ventiladores	234
XLIX	Varios modelos de condensadores de la Chandler	236
L	Clasificación de los refrigerantes en tres grupos de seguridad	339

LISTA DE ABREVIATURAS

A/C	Aire acondicionado
AWG	American Wire Gage, (Calibre de Cable Americano), un tipo de norma para calibre de conductores.
BTU	British Thermal Units (Unidad Térmica Británica), unidad para expresar transferencia de energía térmica.
BTU/h	British Thermal Units por hora. (Unidad Térmica Británica por hora) unidad para expresar transferencia de potencia térmica.
cfm	Flujo de aire en pies cúbicos por minuto
Hp	Caballo de potencia (<i>Horse power</i>), 1hp = 0.746 Kw
LRA	(Ranting load ampere), Corriente nominal o corriente a plena carga,
MCM	Mil Circular Mill
NEC	(National Electrical Code), Código Nacional de Electricidad de los Estados Unidos.
NTIE	Normas Técnicas Para Instalaciones Eléctricas de los Estados Unidos.
OSHA	(Occupational Safety and Health Act.), Acta de Higiene y Seguridad Ocupacional
ppm	Partes por millón
Psi	Presión en libras por pulgada cuadrada.
RLA	(Lock Rotor Ampere), Corriente en Amperios a rotor bloqueado
rpm	Revoluciones por minuto.
Tr	Tonelada de refrigeración = 12,000 BTU/h
UL	(Underwriters laboratories) Laboratorio que certifica los productos eléctricos para ser usados en forma segura.

GLOSARIO

Azeótropo	Es una mezcla de dos refrigerantes, que se comporta como si fuera una sustancia homogénea en dichos refrigerantes, los cuales mejoran sus características.
BTU	Es el calor necesario para subir o bajar un grado Fahrenheit, la temperatura de una libra de agua (British Thermal Units), equivalente a 1055.06 Joules en el sistema Internacional de medidas
Calor específico	Es la capacidad de un cuerpo en absorber calor en BTU /lbs*°F o kJ/kg*°C, para cada tipo de producto, tenemos un calor específico, el cual forma parte de las cargas del recinto
Calor latente	Es el calor necesario para cambiar el estado de un cuerpo sin alterar su temperatura, dicho de otra forma es el cambio de entalpía de dicha sustancia, donde la entalpía representa el cambio de estado a temperatura constante de un cuerpo.
Calor sensible	Es el tipo de calor que se percibe al tacto, cuando un cambia de temperatura pero no cambia su estado, esto quiere decir que su entalpía es cero.

Caloría	Es el calor necesario para aumentar en un grado Celsius la temperatura de un gramo de agua.
Coeficiente de respiración	Es muy similar al calor específico, con la diferencia de que el coeficiente de respiración, es el calor que se genera en frutas y vegetales a temperaturas bajas, lo que se da como una carga adicional en el diseño de una instalación frigorífica.
Conducción	Es la transmisión de calor por medio de un cuerpo sólido, el cual tiene características de buen conductor, tal como el cobre, aluminio y otros.
Convección	Es la transmisión de calor por medio de una sustancia ya sea gas o líquido, el cual lo transporta a otro lugar, sirviendo este como un refrigerante en esta clase de equipos.
Dureza Brinell	Es un ensayo metalúrgico para definir la resistencia a la penetración de un metal.
Flare	Tipo de conector de 1/4", usado en accesorios de refrigeración para su uso con la válvula schrader.
Frigoría	Es el calor que se extrae de un litro de agua para bajar 1 °C su temperatura. Equivalente a 1 kcal o 1.1626 watts

Inocuidad	Característica de un ambiente con bajo contenido de bacterias.
Insulado	Materiales que aíslan la temperatura de algún componente en los equipos de refrigeración.
Nozzle	Ficha que trae un agujero perforado en su centro con el diámetro indicado para un tipo de refrigerante, esta va instalada en la válvula de expansión termostática.
Radiación	Es la transmisión de calor por un medio, el cual se irradia de un cuerpo a otro menos radiante.
Recalentamiento	Es la diferencia que existe entre la temperatura del refrigerante evaporado que sale del evaporador (en estado 100% vapor), y la absorción de calor extra por un sobredimensionado del evaporador o por un mal aislamiento de la tubería.
Schrader	Válvula parecida al centro de la válvula de un automotor, la cual puede tener rosca SAE o NPT, la cual es compatible con el juego de manómetros, este tipo de válvula, las podemos ver en las válvulas de servicio, pinch de succión y otros.
Sensando	Acción de llevar un control constante de lecturas de una máquina determinada.

Tándem	Unidad condensadora equipada por dos o más compresores que componen la potencia total de dicha unidad condensadora, los cuales pueden tener un arreglo en paralelo o en circuitos independientes.
Torque	Es el producto de una fuerza aplicada a un cuerpo a cierta distancia, la cual torsiona un cuerpo en forma helicoidal, también se conoce como momento de torsión.
Vaporización súbita	Es el refrigerante que hierve en alta presión por la presencia de la humedad, la cual puede formar hielo en la VET (válvula de expansión termostática), restringiendo el paso del refrigerante al evaporador.
Volante	Es una masa homogénea de fierro, bien balanceada, que utilizan los motores de combustión interna y los compresores de refrigeración por medio del rotor del motor, que es el que almacena energía mecánica, la cual regula las vibraciones del equipo.

RESUMEN

Se exponen todos los pormenores en lo que respecta a la instalación de equipos de refrigeración Industrial, su funcionamiento y servicio necesario para la preservación de dichas unidades frigoríficas. Para tener un dominio de esta clase de equipo, se tratan varios capítulos que ayudan a identificar o seleccionar un equipo específico con base a las necesidades que se nos presenten, para ello, se dan definiciones de los diferentes tipos de refrigerantes, de la instalación de la tubería que maneja el refrigerante, de la unidad condensadora a las evaporadoras y viceversa, técnicas de soldadura y del aislamiento de tuberías, instalación eléctrica requerida para potencia y mandos, equipo y herramienta necesario para el servicio de mantenimiento, cálculo de cargas térmicas para la selección de equipos que se requieren en una nueva instalación, instalación de accesorios y procedimientos para un servicio de mantenimiento general para este tipo de equipos de refrigeración sin olvidar los aspectos de seguridad e higiene industrial que ayudará a evitar accidentes laborales y mantener un nivel de productividad en proporción a la capacidad de los equipos instalados.

OBJETIVOS

GENERAL

Describir el funcionamiento de los equipos de refrigeración tipo Industrial, desde su selección, montaje, instalación, mantenimiento y conservación, para obtener la máxima eficiencia de los equipos de refrigeración que el fabricante proporciona por medio de sus especificaciones técnicas de cada modelo.

ESPECÍFICOS

1. Determinar los diferentes tipos de compresores que se utilizan en dichos equipos de refrigeración, así como los tipos de condensadores y evaporadores.
2. Definición de varios refrigerantes y sus aplicaciones para un determinado tipo de producto.
3. Instalación de tubería y aislamiento para la línea de succión como la de líquido.
4. Como seleccionar un equipo de refrigeración con base a la aplicación, características y cargas térmicas de determinado recinto.
5. Cuidados que se deben de tener en el montaje, disposición de potencia eléctrica del lugar para la apropiada instalación de dichos equipos de refrigeración ya que los mismos son de capacidades considerables.

6. Detalle de la instalación eléctrica de los equipos, diagramas, cableados, confinamientos y tableros de distribución para la alimentación de dichas unidades frigoríficas.
7. Aspectos a seguir para la ubicación de evaporadores en función de la aplicación y dimensionamiento de los cuartos fríos que los contienen.
8. Conocimiento de equipo y herramienta necesaria para el servicio de preservación de dichas unidades frigoríficas.
9. Rutinas de servicios de conservación en general para este tipo de equipos de refrigeración.
10. Aspectos de seguridad e higiene industrial que ayudan a preservar el buen funcionamiento de los equipos y la seguridad del personal que labora en dichas instalaciones, evitando con ello cualquier tipo de accidente industrial.

INTRODUCCIÓN

Cuando realicé el año de practica laboral, me encontré con un equipo de refrigeración de potencia considerable, algo nuevo para alguien que realiza dicha práctica laboral e incluso para aquellos recién graduados que no hayan tenido la oportunidad de manejar esta clase de equipos, ya que poseen cierto grado de complejidad. Para los estudiantes de Ing. Mecánica Eléctrica combinada, considero que serían los que pueden entender su funcionamiento un poco más rápido, por la combinación de las dos áreas, áreas que se aplican en proporción para este tipo de equipos de refrigeración industrial con R-22, investigando y compartiendo información con personas dedicadas a este campo, se recaudó información y criterios generales que hoy comparto con los lectores de este trabajo de graduación que estén interesados en conocer esta clase de equipos de refrigeración industrial, como estudiantes de refrigeración a nivel técnico, Ingenieros de las diferentes especialidades Mecánica, Eléctrica, Civil, Química e Industrial, que de una u otra forma pueden tener necesidad de un ambiente refrigerado en su área de trabajo, ya que en refrigeración se tiene una gran gama de aplicaciones.

Este trabajo es mas práctico que teórico, cuyo propósito es dar a conocer el funcionamiento de estos equipos para quienes ya tienen conocimiento de esta área de refrigeración y dejar la inquietud a otros de investigar o de llevar algún curso de refrigeración para lograr un mejor entendimiento de lo que es refrigeración en general y con ello poder obtener el máximo rendimiento de los equipos de refrigeración que tengan en sus instalaciones.

En los primeros capítulos 1, 2 y 3, se da una definición de los compresores, condensadores y evaporadores, los cuales se ilustran por medio de fotografías, en donde se muestra como clasificar cada uno de estos equipos. En los capítulos 4, 5 y

6, se da una definición de los diferentes tipos de refrigerantes y sus aplicaciones, así como técnicas para la construcción y aislamiento de las diferentes líneas de tubería.

En el capítulo 7, se presentan diagramas e instalaciones eléctricas necesarias para esta clase de equipos de refrigeración, de no tenerse esta información en dicha industria, se puede usar esta información para elaborar un diagrama de cada equipo que se tenga, ya que son muy similares en su funcionamiento y disposición de sus accesorios para los diferentes fabricantes de esta clase de equipos de refrigeración.

En el capítulo 8, se presentan diferentes equipos y herramienta, utilizada en la preservación de dichos equipos de refrigeración. En el capítulo 9 se da un método para el cálculo de cargas térmicas, que se aplica en un determinado recinto, cuyo propósito es, en base a las condiciones del producto a refrigerar, determinar la carga térmica que se manejara en dicho recinto, para con ello, se pueda seleccionar la cantidad y tipo de equipos necesarios para dicho fin.

En los capítulos 10, 11 y 12, de una forma interactiva, se muestra el montaje e instalación de los diferentes accesorios en refrigeración industrial, donde podemos tener ideas para la preservación de dichos equipos, cuyos servicios de conservación sean lo más prácticos posibles, para la intervención rápida en caso de falla.

Como todo tipo de instalación industrial, en el capítulo 13, se muestran algunos conceptos de seguridad e higiene industrial, cuyo propósito es tener presente la concurrencia de accidentes laborales, por falta de equipo de protección, lo cual ayuda a tener una producción de calidad, evitando accidentes cuando se realizan las diferentes actividades de conservación y producción con el equipo de protección adecuado.

A lo largo de este trabajo se dan tips que ayudan a comprender y manejar los equipos propios de refrigeración, también nos da técnicas para la instalación de dichos equipos y sus accesorios.

1. COMPRESORES DE REFRIGERACIÓN

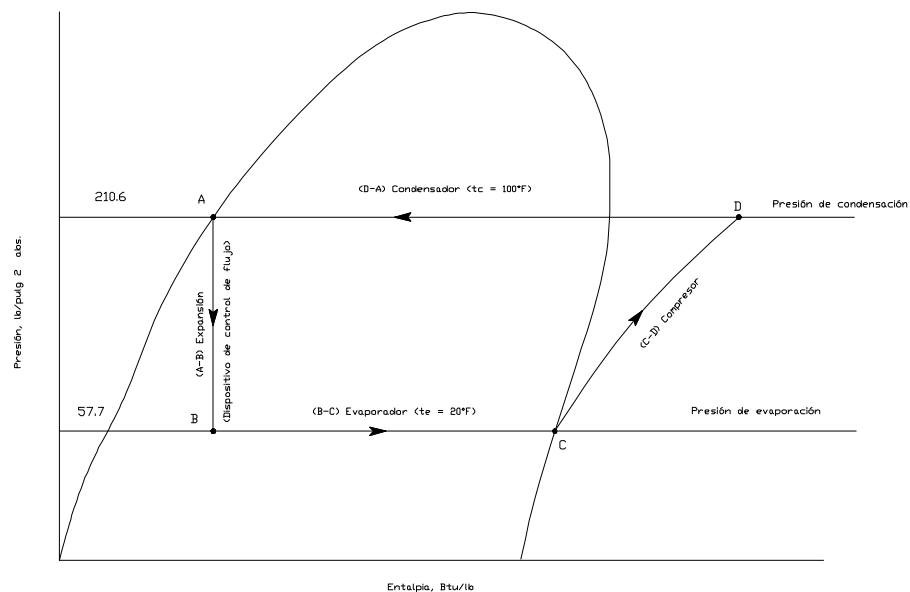
Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

Un ciclo de refrigeración ideal por compresión de vapor se comporta como se muestra en el diagrama entalpía - presión del refrigerante indicado, en el cual se indica la ubicación de cada proceso. El ciclo consiste en cuatro procesos identificados como A-B, B-C, C-D y D-A, mostrados en tabla I y figura 1.

Tabla I Etapas del ciclo de refrigeración ideal.

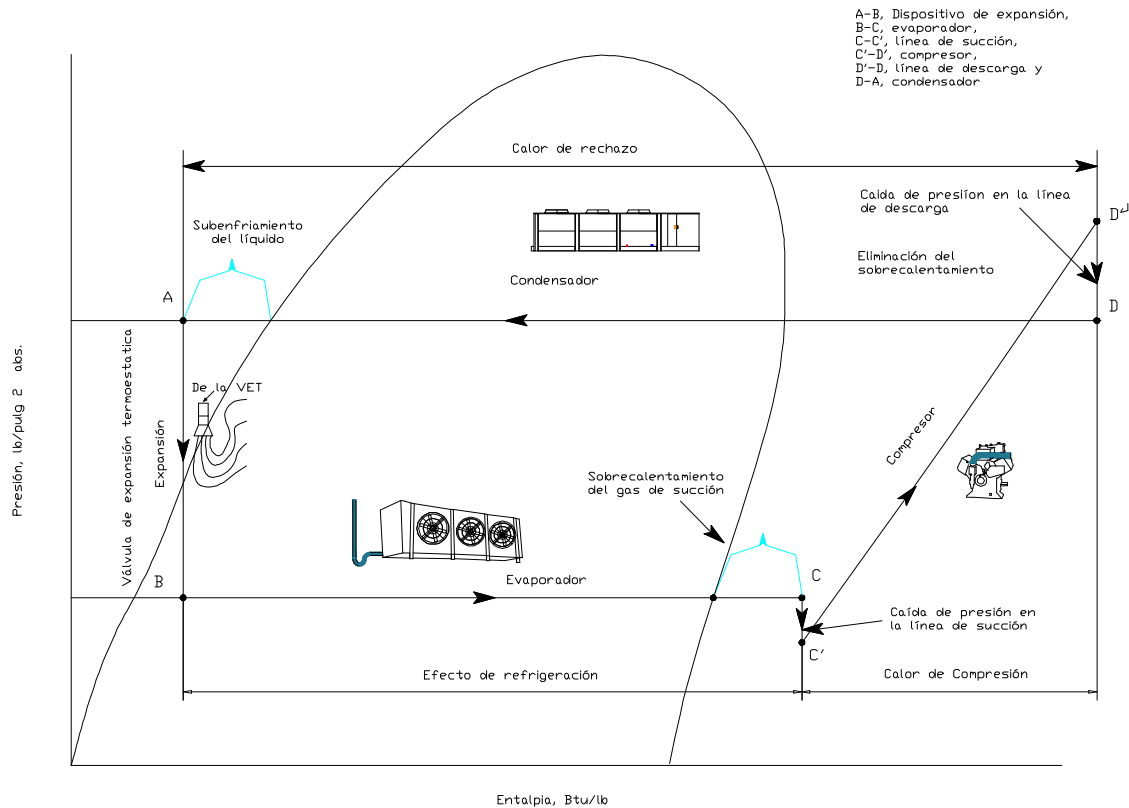
Línea	Proceso termodinámico	Equipo en donde ocurre
A-B	Entalpía Constante	Dispositivo de control de flujo (Válvula de expansión termoestática)
B-C	Presión Constante	Evaporador
C-D	Entropía Constante	Compresor
D-A	Presión Constante	Condensador

Figura 1 Diagrama de entalpía ó presión de compresión de vapor, ciclo ideal.



En un ciclo real de refrigeración, los cuatro procesos descritos anteriormente tienen variantes como se muestra en la figura 2.

Figura 2 Diagrama de entalpía ó presión de vapor, ciclo real.



En la figura 2, se puede apreciar el comportamiento del refrigerante en un sistema real, en el proceso A, vemos que el refrigerante se encuentra en estado líquido con un subenfriamiento causado por falta de aislamiento del tramo dentro del recinto que hace que baje la temperatura del condensado, en el proceso A-B, podemos apreciar la expansión, en donde el refrigerante inicia un cambio de su estado líquido a gaseoso de forma gradual. En el proceso B-C, el refrigerante absorbe el calor del recinto, si el calor es excesivo para la cantidad de refrigerante que se ha evaporado, este empieza a sobrecalentarse, lo cual no es conveniente para nuestro sistema, para contrarrestarlo la válvula de expansión termostática tiene que ser capaz de aumentar el flujo de

refrigerante. En el proceso C-C \emptyset se da una caída de presión en la succión, por el sobrecalentamiento del gas refrigerante, adicional a esto en el proceso C \emptyset -D \emptyset tenemos una ganancia extra de calor, la cual es producida por efecto de compresión producto por el trabajo extra que dicho compresor realiza, esto hace que la línea de gas caliente eleve su presión a la salida del compresor. En este punto, el refrigerante es una mezcla en un mayor porcentaje de líquido, el cual ingresa a los serpentines del condensador, como se observa en el proceso D \emptyset -D, el refrigerante baja su presión, haciendo posible en el proceso D donde el refrigerante ya se encuentra en un estado 100% líquido, quedando pendiente disipar el calor latente y sensible absorbido del recinto y accesorios del resto del equipo. En el proceso D-A, se da el condensado del refrigerante, en donde el condensador extrae ese calor absorbido por el sistema y es rechazado al ambiente a modo que el refrigerante llegue a su temperatura de condensado listo para un nuevo ciclo.

La duración de cada proceso y su incidencia en el sistema dependen fundamentalmente del refrigerante, pues su comportamiento oscila en proporción a la demanda de carga que este manejando el sistema, tiene la capacidad de regularse de forma automática por medio de los instrumentos que miden diferenciales de presión que se dan a cada momento dentro del sistema. Teniendo un concepto del ciclo de refrigeración por compresión de vapor, procedemos a dar una definición de los compresores, los diferentes tipos, modelos y cada uno de los componentes que intervienen en un sistema de refrigeración

Definición

La mayoría de los compresores de refrigeración industrial, para una diversidad de refrigerantes como CHCl y diclofluoretanos son de desplazamiento positivo (reciprocante). También hay compresores de flujo continuo como los de tornillo helicoidales para refrigerantes R-22 y Amoniaco, los cuales son para cargas

extremadamente grandes como en la industria pesquera y fabricas de hielo, que utilizan motores del orden de 200 Hp por unidad frigorífica.

El presente trabajo está dirigido para aquella industria mediana y grande que utiliza equipos con compresores para el refrigerante R-22 (monoclorodifluorometano CHClF_2) cuyos productos a refrigerar pueden ser para el pasteurizado de lácteos, refrescos, conservación de frutas, vegetales, carnes, huevos y otros.

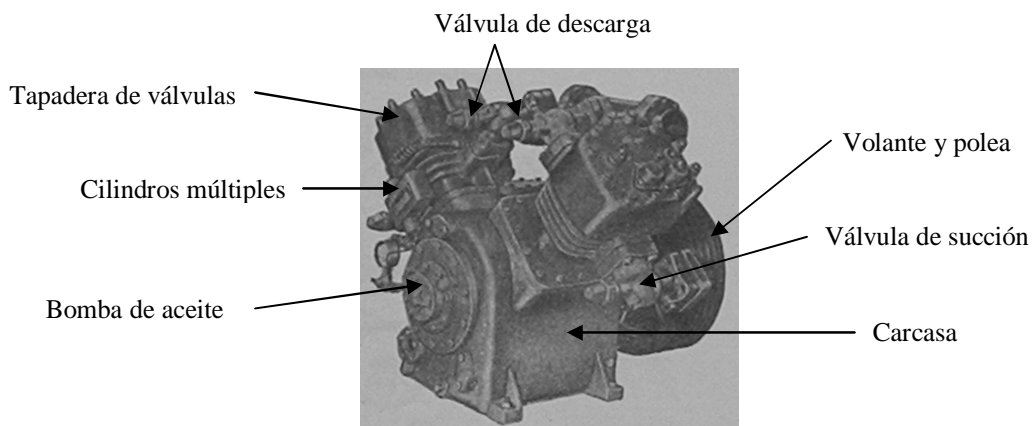
Entre los compresores reciprocantes, usados en esta clase de equipos frigoríficos tenemos:

- (1) Compresores abiertos
- (2) Compresores herméticos
- (3) Compresores semiherméticos

1.1.1 Compresores abiertos

Es un compresor construido por un mínimo de 2 a 4 cilindros, los cuales son accionados por correas o por un acoplamiento directo a un motor eléctrico de gran capacidad o a un motor de combustión interna, con una velocidad nominal de 1500 rpm.

Figura 3 Compresor abierto de cuatro cilindros

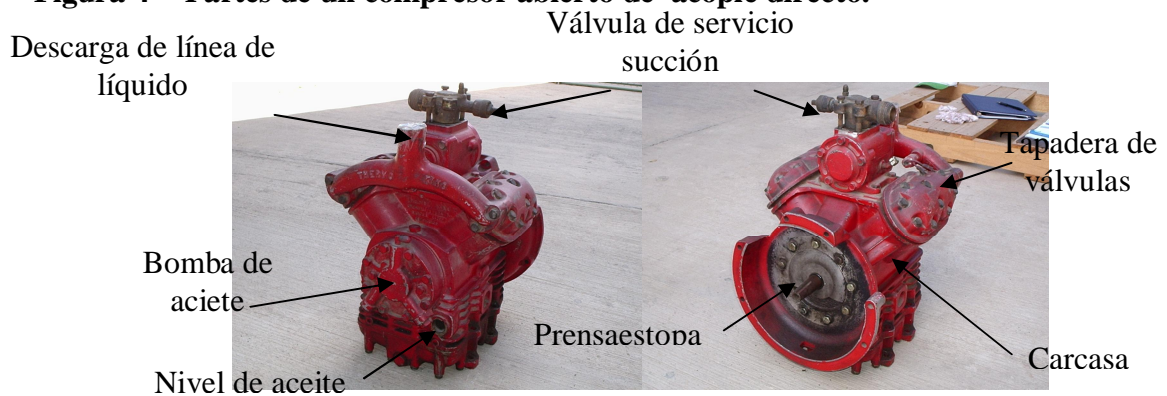


Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRACTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMATICA.**
Pág. 54

En la figura 3, vemos un compresor abierto, compuesto de cuatro cilindros, están ubicados dos en cada lado de la carcasa, en una formación lineal y entre ellos una disposición en V, este compresor es accionado por una polea que tiene la función de volante, haciendo que el movimiento del compresor sea lo mas continuo por las fluctuaciones que este genera en su movimiento reciprocante, por la cantidad de energía mecánica que el volante guarda de su inercia.

Una de las aplicaciones de estos compresores abiertos, es para la conservación de transporte de productos, ya que estos vehículos requieren de equipos frigoríficos portátiles, que sean de fácil reemplazo en el caso de una avería o de un accidente.

Figura 4 Partes de un compresor abierto de acople directo.

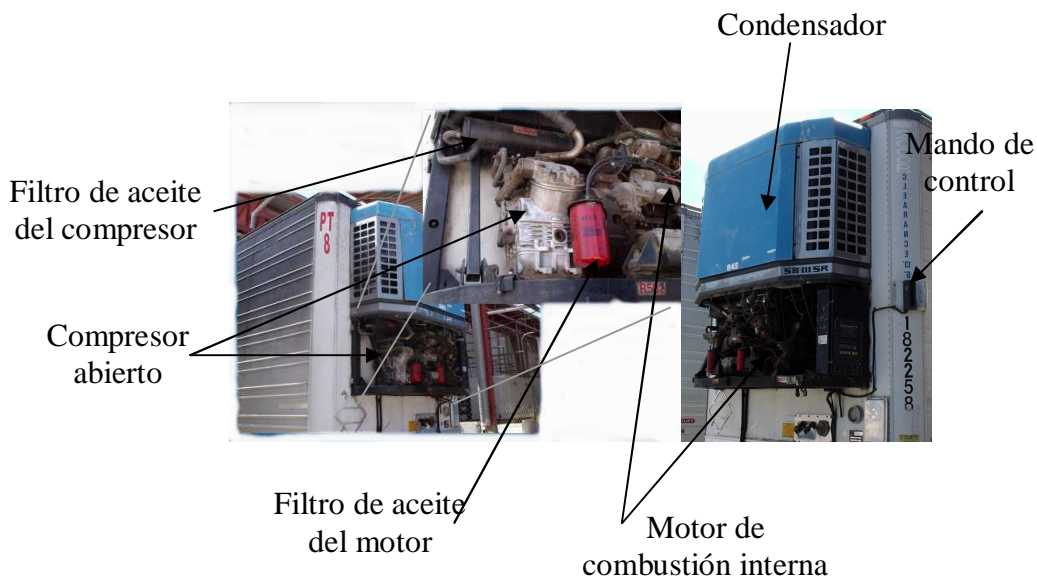


En la figura 4, vemos que el compresor no tiene volante, sino un eje con cuñero para acople directo a un motor eléctrico o a un motor de combustión interna, el cual cuenta con un volante y en el caso del motor eléctrico el rotor de este esta construido por una laminación de acero formando una masa sólida y pesada que hace la función de un volante.

En los compresores abiertos prevalece el mismo principio de funcionamiento de los compresores semiherméticos, en la figura 3 podemos ver una aplicación del compresor abierto, el cual se utiliza en contenedores refrigerados.

Estos equipos frigoríficos se utilizan para el mantenimiento de frutas y vegetales con cargas de 14,000 a 18,000 kg. El compresor es accionado por medio de un motor de combustión interna, los refrigerantes que utilizan estos compresores son R 502, R402 y R 408, la mayor cantidad de este refrigerante se encuentra en el condensador ubicado en la parte frontal del contenedor figura 5.

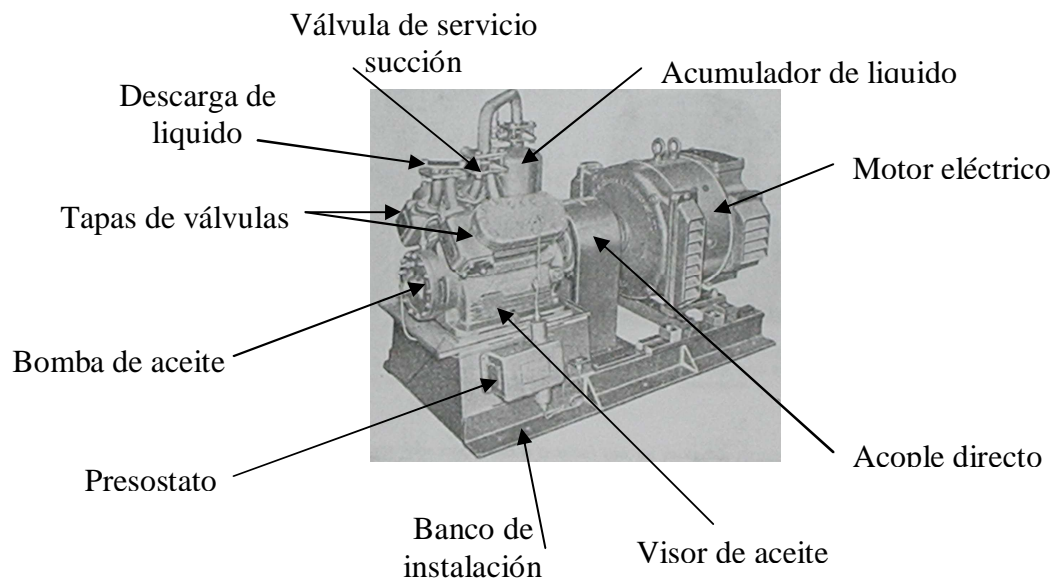
Figura 5 Equipo frigorífico de un contenedor equipado con un compresor abierto



De los compresores abiertos figura 6, tenemos un modelo multicilíndrico que es acoplado directamente a un motor eléctrico, cuenta con sus protecciones, tanto para el compresor como para el motor eléctrico usado en el área industrial, el compresor es accionado por medio de su acople externo, acoplado directamente a un motor eléctrico donde el hermetismo depende de un prensaestopas como en el caso de las bombas de agua centrífugas, haciendo de este modelo muy propenso a fugas de refrigerante, fugas de aceite, como también a la entrada de humedad al sistema. La combinación de la humedad con el refrigerante, forma ácido clorhídrico, lo que provoca un deterioro en los elementos construidos de cobre, produciendo desgaste, ruidos y silbidos que se producen por el desgaste de la prensaestopa, esto hace que pierda el sello hermético del compresor

y el sistema en general, razón por la cual ya se ha descartado poco a poco su utilización en la industria, reservándose solo para el uso en vehículos refrigerados.

Figura 6 Compresor abierto utilizado en la industria



Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA.**
Pág. 76

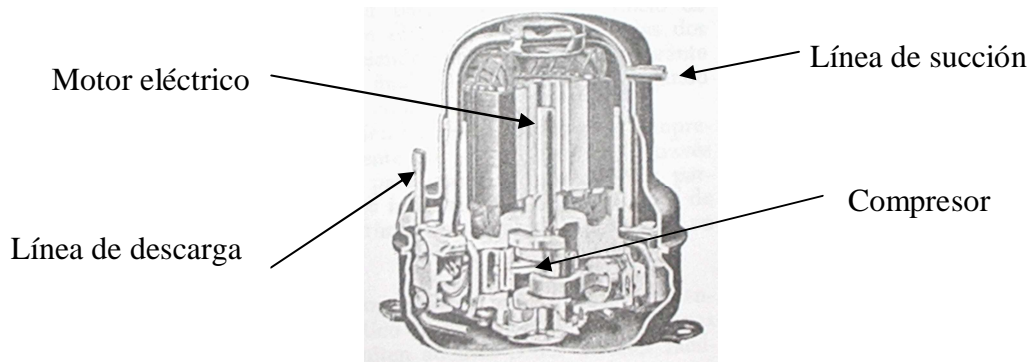
Los compresores abiertos son construidos específicamente para diferentes aplicaciones que pueden ser estacionarias o móviles.

1.1.2 Compresores herméticos

Los compresores herméticos, a diferencia de los compresores abiertos, son construidos solamente con motores eléctricos acoplados conjuntamente dentro de una misma carcasa, teniendo de esta forma un ambiente totalmente hermético. Estos compresores son alimentados con corriente alterna 110 voltios monofásico o bien con 208, 230, 460, 480 voltios trifásico para frecuencias de 50 ó 60 Hz, con potencias del

orden de 1/8 Hp, para uso residencial hasta 10 Hp para cámaras frías de centros comerciales.

Figura 7 Compresor hermético



Como podemos ver en la figura 7, los compresores herméticos, presentan las siguientes ventajas:

- (1) Su tamaño físico, lo que los hace mas compactos.
- (2) Su bajo nivel de ruido, se pueden ubicar a la par del recinto a enfriar, puesto que no tienen fugas de aceite y refrigerante gracias a que son herméticos.
- (3) También hay unidades frigoríficas para 12 y 24 V dc, son utilizados en potencias pequeñas para aire acondicionado de vehículos.

La desventaja que este compresor presenta es:

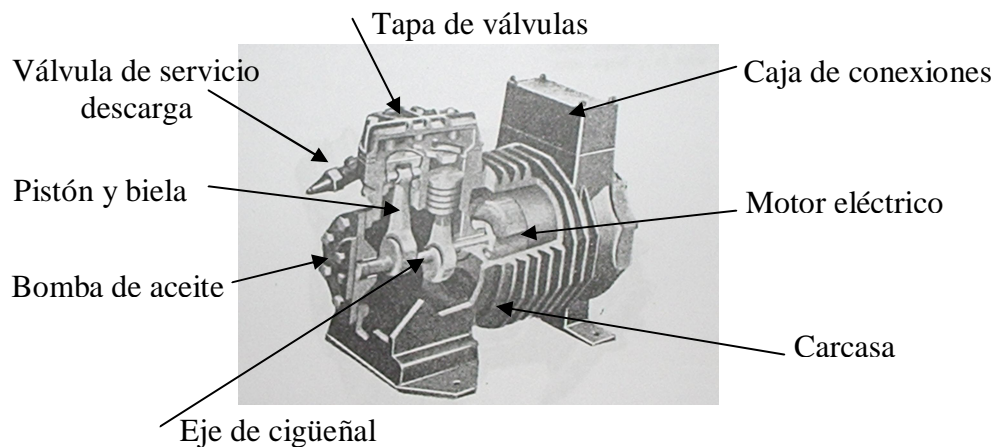
- (1) No hay forma de repararlo, puesto que al abrirlos para su servicio, pierde la hermeticidad de fabrica y su costo seria demasiado alto, por lo que se recomienda su reemplazo total en caso de avería.

Por tales razones no se construyen de alta potencia, puesto que son equipos no rentables en la industria.

1.1.3 Compresores semiherméticos

Estos compresores son una evolución de los dos tipos de compresores abiertos y herméticos, puesto que no necesita de un prensaestopas y fuente motriz externa, su nivel de ruido es comparable al compresor hermético. Como una ventaja adicional, permite mantenimiento periódico y una reparación completa de los mecanismos internos del compresor como los elementos electromecánicos del motor.

Figura 8 Compresor semihermético



Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA.**

Pág. 80

Para este tipo de compresor, mostrado en la figura 8, el rango de potencias esta comprendido de 1/2 Hp hasta 60 Hp por unidad frigorífica y en disposiciones en tándem de hasta 8 compresores en una misma unidad.

1.2 Partes que lo componen

En la figura 9, se señalan las partes externas de un compresor de marca Coperland, serie discus copelamatic, el cual es utilizado por varios fabricantes de equipos de refrigeración y congelamiento industrial.

Figura 9 Partes de un compresor semihermético (desarmable).

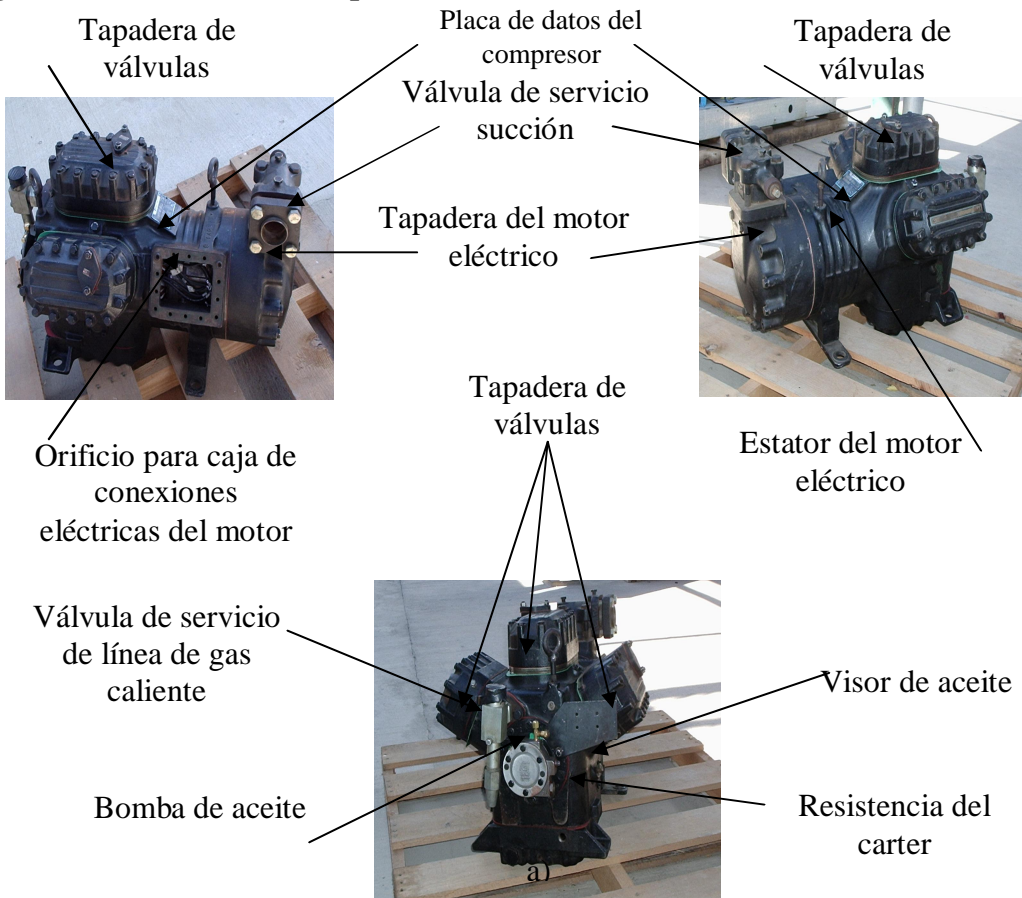
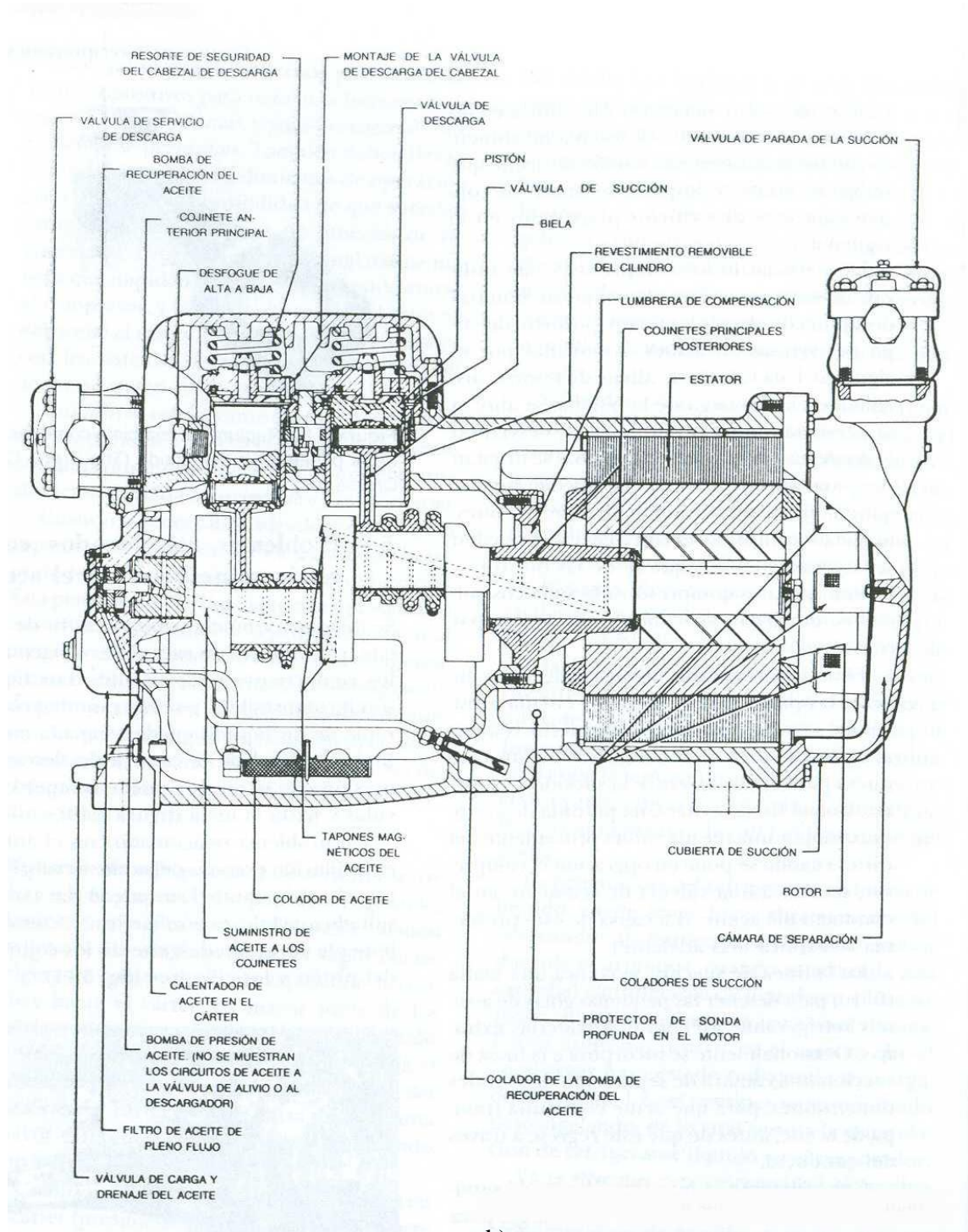


Figura 10 Esquema de un compresor semihermético.



b)

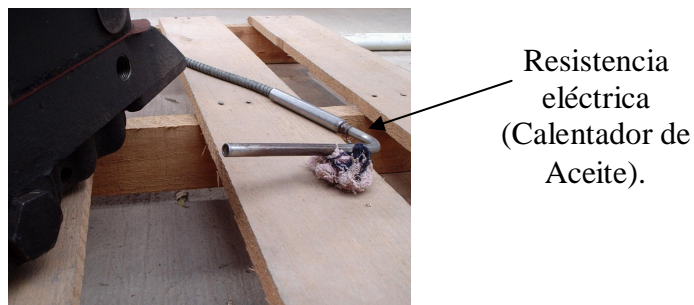
Fuente: Pita, Edward G. **PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN. Pág 100**

En la figura 10, podemos observar los componentes internos del compresor descrito anteriormente y del motor eléctrico incorporado en su interior.

Descripción de las partes:

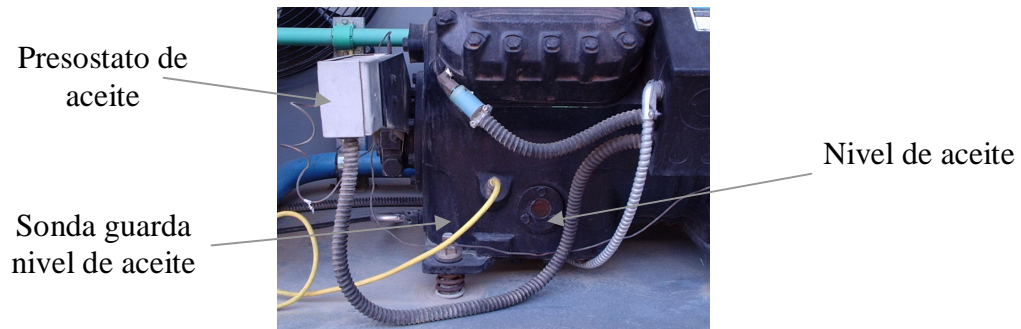
- (1) La carcasa de estos compresores es construida de hierro fundido, al igual que los block de motores de combustión interna, con un acabado superficial fino, exento de poros y tolerancias del orden milésimas de pulgada.
- (2) La resistencia eléctrica (Calentador de Aceite) figura 11, es un elemento para aquellos compresores que trabajan con la familia de refrigerantes clorofluorados, esta resistencia tiene la función de calentar el carter para evaporar el refrigerante con el propósito de evitar el desplazamiento del lubricante por el refrigerante en estado líquido que tiende a desgastar las internas del conjunto. Esta resistencia esta construida por un hilo acero de alta calidad, recubierto de cerámica, contenido dentro de una envoltura metálica, localizada en la parte inferior del compresor que es controlada por un termostato exterior, con lo que se pretende evitar en los periodos de parada la condensación del refrigerante en el carter, y atenuar la emulsificación con las posibles fugas de aceite en cada arranque del compresor, que se dan en los tiempos de deshielo.

Figura 11 Resistencia eléctrica de un compresor semihérmético.



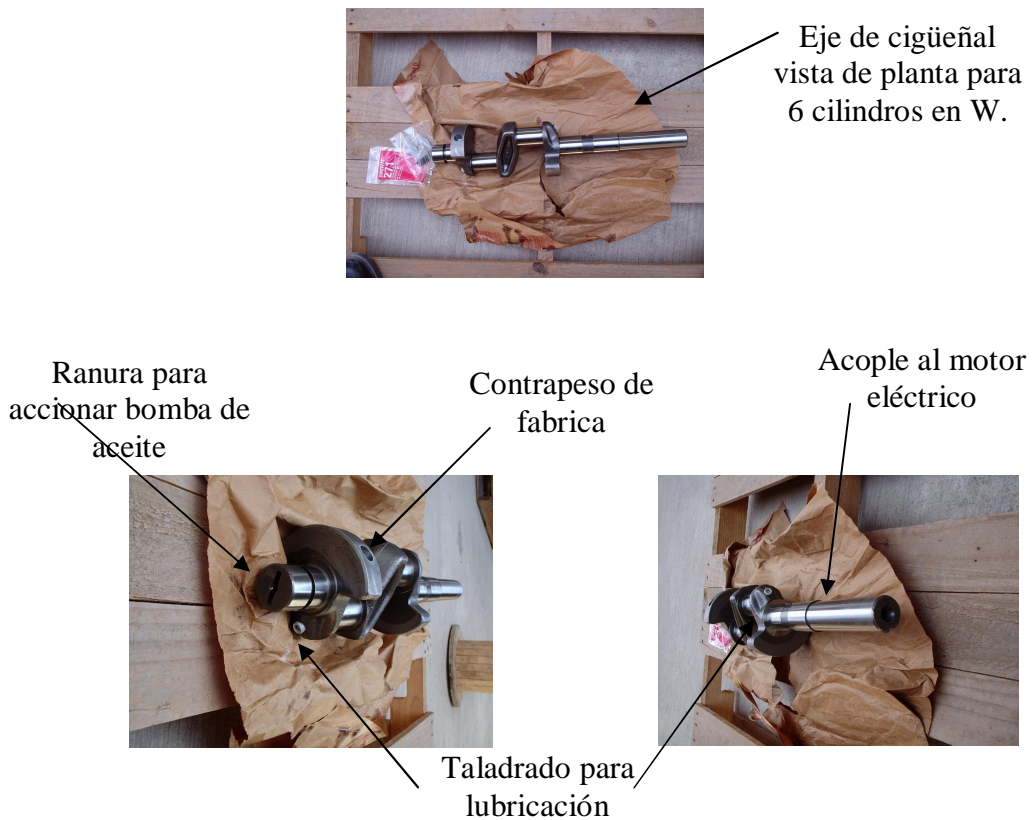
- (3) El visor de nivel de aceite es un elemento completamente hermético, el cual está localizado a un lado del carter o en una posición frontal del compresor, su propósito es ayudarnos a ver el nivel de aceite y determinar si trabaja bien la trampa y acumulador de aceite que forman parte de los accesorio del condensador, con el objetivo mantener el nivel de aceite correcto en el carter del compresor con la ayuda del presostato de aceite como se ve en la figura 12.

Figura 12 Visor de nivel de aceite



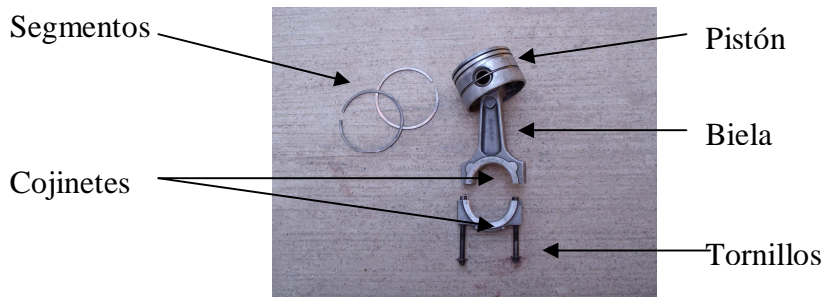
- (4) El eje de cigüeñal que se utilizan en esta clase de compresores de refrigeración, son muy similares en su construcción a los de los motores de combustión interna, con una disposición diferente, ya que para un compresor de 6 cilindros se utiliza un eje de cigüeñal de dos partes, en cada sección del cigüeñal, van instaladas 3 bielas por cada compartimiento las cuales forman una disposición W mostrada en la figura 13, estos ejes son fabricados con acero estampado en caliente, en hierro forjado o modular, de aleación y dureza especiales propias para la aplicación del mismo, con las medidas determinadas y rectificadas en todas sus cavidades para el número de cilindros que se requiere en dicha unidad.
- (5) Los ejes cigüeñal, deben estar perfectamente balanceados, para evitar cualquier tipo de vibración cuando está en marcha, todos los ejes tienen 2 puntos de contrapesos para compresores de 2, 4, 6, 8, y 9 cilindros, para lograr el balance. En compresores de 1 cilindro (no muy comercial), el cigüeñal lleva una de estas aberturas cementada como un contrapeso que da el mismo efecto de balance.

Figura 13 Eje de cigüeñal de un compresor de refrigeración de seis cilindros en W.



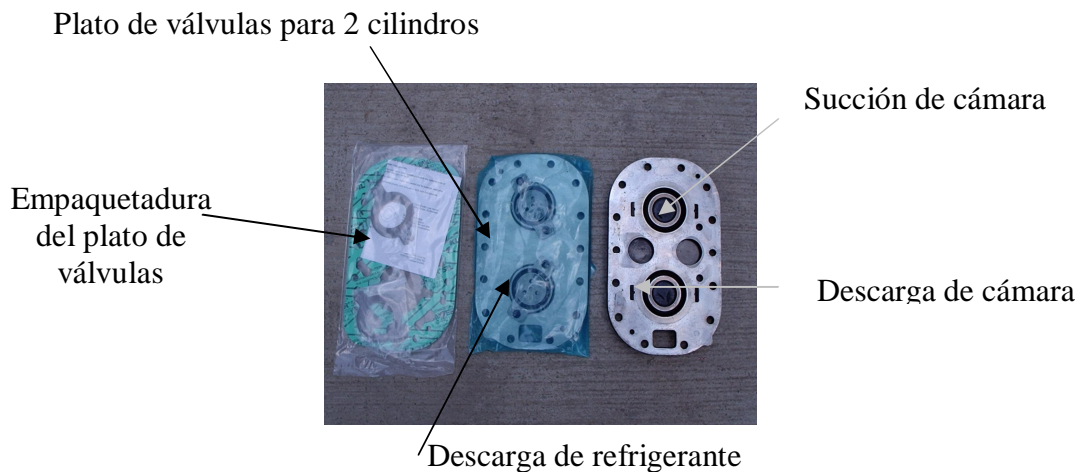
- (6) Las Bielas, figura 14, son piezas que están construidas de acero, de aluminio o de bronce, según el tipo de refrigerante con que vaya a trabajar el compresor, los rodamientos generalmente de bronce fosforado o de metal blanco antifricción, para un largo periodo de servicio, siempre y cuando se le mantenga el nivel de aceite para su lubricación, estas piezas tienen que ser instaladas con el torque que especifica el fabricante, al exceder este valor se sobrecarga el motor y genera un recalentamiento de las otras partes del compresor.

Figura 14 Conjunto de biela, pistón y sus segmentos de un compresor de refrigeración.



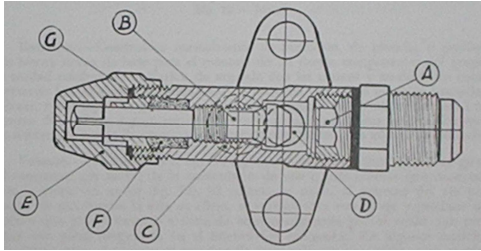
- (7) Los pistones figura 14, son piezas normalmente construidas de hierro fundido especial y para los compresores que trabajan con refrigerantes halógenos como el R-12 y R-22, para altas revoluciones, los pistones son construidos de aleaciones de aluminio con segmentos rectificadas de acero especial (anillos), que dan una perfecta hermeticidad con el cilindro del compresor.
- (8) Válvula de succión y descarga, estas están instaladas en un plato de hierro fundido, figura 15, en donde ambas válvulas van instaladas en forma lineal de acuerdo al número de cilindros del compresor, las válvulas consisten de una lamina delgada de acero flexible, la cual va sujeta a un extremo o a la mitad, las válvulas tienen la forma de lengüetas teniendo una flexión muy sensible en presencia de un diferencia de presión, lo cual hace que la válvula abra el orificio y regresa a su posición normal cuando la presión disminuye.

Figura 15 Plato de válvulas para dos cilindros en línea de un compresor



- (9) Tapadera de válvulas (culata), están fabricadas con de hierro fundido, son instaladas encima del plato de válvulas y los cilindros. Esta tapadera de válvulas se encuentra a alta presión en la etapa de descarga, razón por la cual es fijada por un numero significativo de tornillos (igual al número de orificios que se pueden apreciar en la figura 15), llevan un torque de apriete especificado por el fabricante, de esta manera podemos evitar fugas de refrigerante y aceite entre estos elementos.
- (10) Válvula de servicio, las hay para diferentes aplicaciones, como las que se utilizan para guardar el refrigerante en la línea de líquido en el momento que el equipo se pretende apagar por un periodo prolongado figura 16, dejando la línea de succión casi al vacío, cerrando a la vez la válvula de servicio de succión del compresor, para evitar que este se vaya a inundar de refrigerante líquido, lo cual nos permite poder desmontar el compresor de la unidad condensadora por algún mantenimiento o reparación por avería. La válvula de servicio tiene tres entradas, en la parte frontal de la válvula (A), es donde se conecta la succión o la descarga según sea el caso, en donde se puede llegar a un cierre hermético por el vástago (B), dejando presurizado la parte (C) superior, en donde se puede instalar un manómetro, de hecho estas válvulas tienen tres posiciones, las cuales son de rosca izquierda, cuyo tope de dicha rosca llegamos a cerrar la línea, girando la válvula hacia la derecha a tope, cerramos la salida del manómetro y la línea con el compresor, quedando abierto (D), y en una posición intermedia, tenemos abierto la línea del compresor y el manómetro, para la manipulación del manejo de esta válvulas, se quita el tapón (E) en donde se resguarda la platina de forma cuadrada la cual es operada por medio de una llave trinquete que corresponda a su medida, en otros modelos de tapón llave, en la parte posterior de la misma esta la medida del trinquete que utiliza dicha válvula la cual viene en forma de mariposa, con el fin de poder aplicar un torque a dicha llave, en medio de la carcasa y la llave de la válvula (G) se forma un cierre hermético por medio de una estopada (F).

Figura 16 Válvula de servicio de compresor y de línea



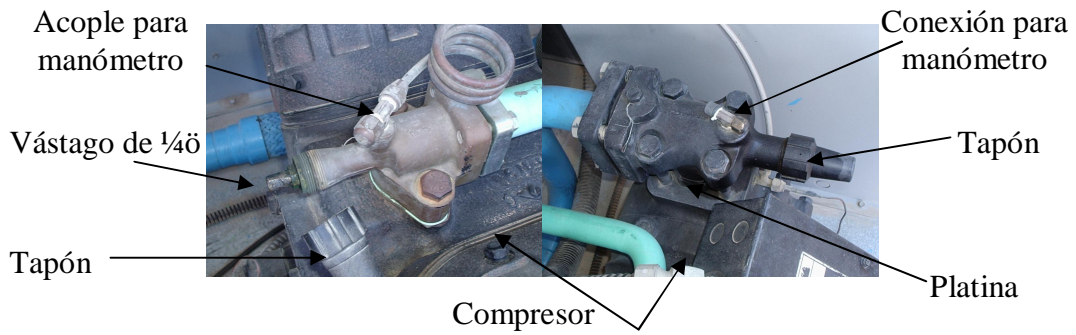
Esquema de una válvula de servicio de compresor



Válvula de servicio de línea con tapón trinquete reversible

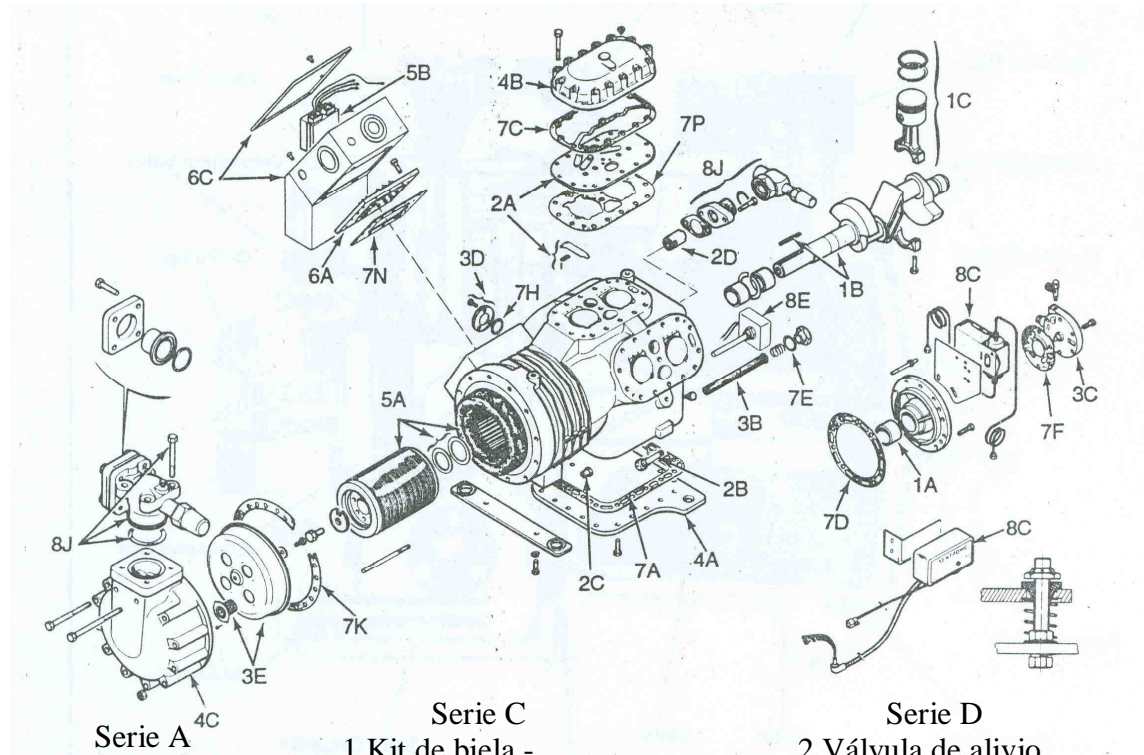
Válvula de líquido

Válvula de succión



En la figura 17, se presenta un despiece de los compresores coperland, copelametric, discus de seis cilindros.

Figura 17 Despiece de un compresor semihermético de seis cilindros y sus partes



- Serie A**
- 1 Bushing
 - 2 Plato de válvulas
 - 3 Filtro de aceite
 - 4 Tapa del carter
 - 5 Rotor y stator
 - 6 Plato de terminales
 - 7 Empaque del carter

- Serie B**
- 1 Kit de cigüeñal
 - 2 Válvula de ventilación de cigüeñal
 - 3 Cedaso de aceite
 - 4 Tapadera de cilindros
 - 5 Protector del motor
 - 7 Empaque de válvula

- Serie C**
- 1 Kit de biela - pistón
 - 2 Válvula cheque de aceite
 - 3 Bomba de aceite
 - 4 Cobertor de stator
 - 6 Caja y cobertor de terminales
 - 7 Empaque de plato de válvulas
 - 8 Presostatos

- Serie E**
- 3 Pantalla de succión
 - 7 Empaque conector magnético
 - 8 Resistencia del carter

- Serie D**
- 2 Válvula de alivio de aceite
 - 3 Visor de aceite
 - 4 Empaque de platos
 - 6 Diagrama eléctrico
 - 7 Empaque cobertor del compresor
 - 8 Enfriador de aceite

- Otras series**
- 7F Empaque bomba de aceite
 - 7G Empaque pantalla de aceite
 - 7H Empaque visor de aceite
 - 7J Empaque válvula alivio aceite
 - 7K Empaque covertedor de estator
 - 7L Empaque Caja de terminales
 - 7M Empaque terminal fusible
 - 7N Empaque cuerpo de válvula de terminales
 - 7P Empaque cuerpo de válvula del plato

Fuente: Copeland Corporation. **REPLACEMENT PARTS CATALOG INTERNATIONAL** pág.V

1.3 Códigos para diferentes tipos y modelos de compresores

En el transcurso del tiempo, la tecnología ha ido evolucionando con el objeto de buscar la mayor eficiencia y rendimiento de los equipos frigoríficos industriales, cuyo corazón son los compresores semiherméticos.

En el mercado se pueden encontrar equipos frigoríficos de diferentes fabricantes como lo son: Refrigeración Century, Bohn, Chandler, Larking, Climate Control y otros, en donde todas sus series y modelos de equipos condensadores, vienen equipados con compresores semiherméticos reciprocantes copeland, los cuales se dividen en tres categorías:

- (1) Copelawel para todos los refrigerantes
- (2) Copelawel HFC y
- (3) Copelamatic / Discus para todos los refrigerantes, mas eficientes.

Las diferentes categorías de compresores reciprocantes Copeland, tienen aplicaciones específicas, entre las que se determina el tipo de refrigerante que se utilizará, la potencia de su motor para dicho fin, voltaje de operación, serie y otros datos, que se pueden extraer de su placa de datos del compresor ubicada en la parte superior del compresor. Para complementar el significado de cualquier tipo de compresor se presenta ciertas nomenclaturas en las que se tiene la información para identificar un compresor de este fabricante.

Modelo y tipo de compresor Copelaweld

Código	Descripción
R	Temperatura alta o media
S	Temperatura media
F	Baja temperatura
E	Alta eficiencia
T	Dos velocidades

X X X X ó X X X X

Serie de la familia del compresor, Un número o una letra establecida para cada modelo

Desplazamiento una letra únicamente, arbitrariamente asignada para desplazamiento diferente dentro de cualquier serie de familia

Variación de modelo, un número o letra asignada para indicar diferentes tipos de modelos dentro de alguna serie

Especificación típica de motor
Nominal (HP) Código

1/4	0025
1/3	0033
1/2	0050
1/2	0051
3/4	0075
1	0100
1	0101
1-1/4	0125
1-1/2	0150
1-3/4	0175
2	0200
2-1/4	0225
2-3/4	0275
3	0300
3-1/2	0350
4	0400
4-1/2	0450
5	0500
7-1/2	0750
9	0900
10	1000
12	1200

Nomenclatura compresores copelaweld 1ª parte.

Tipos de motor de compresor		
Fase	Descripción	Código
1	C/Capacitor de marcha y C/capacitor de arranque	C
1	De inducción en marcha y c/capacitor de arranque	I
1	C/Capacitor de marcha y c/capacitor permanentemente dividido	P
3	Triásico	T

Los números de variación en la lista de materiales se asignan como sigue:

1. El número 100 es un compresor estándar usado en unidades de condensación copeland
2. el número 200 indica un compresor estándar y partes componentes B/M y No. De modelo.
3. El número 201 y mayor se asigna a todas las otras variaciones de un modelo dado.
4. El número de serie 700 y 900 indican el OEM y B/M del distribuidor y servicio y el No. de modelo.

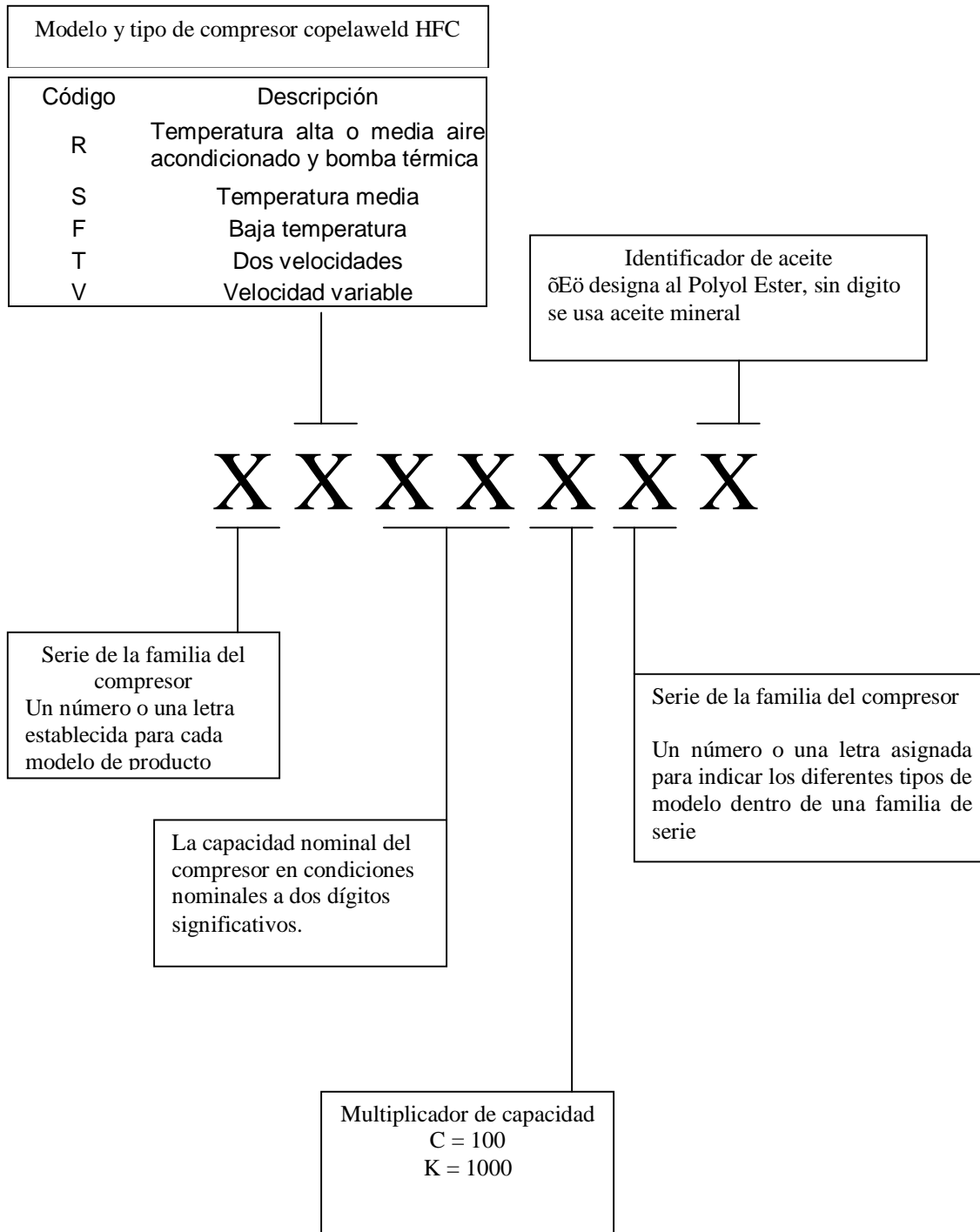
- X X X - X X X

Protección del motor del compresor	
Tipo de protección	Código
Protección externa inherente, Un protector (interruptor de línea) Se usa con contactor	A
Protección interna inherente, Un protector (interruptor de línea) Se usa con contactor	F
Protección térmica interna Sensores electrónicos y El módulo de contra externo Se usa con contactor	S

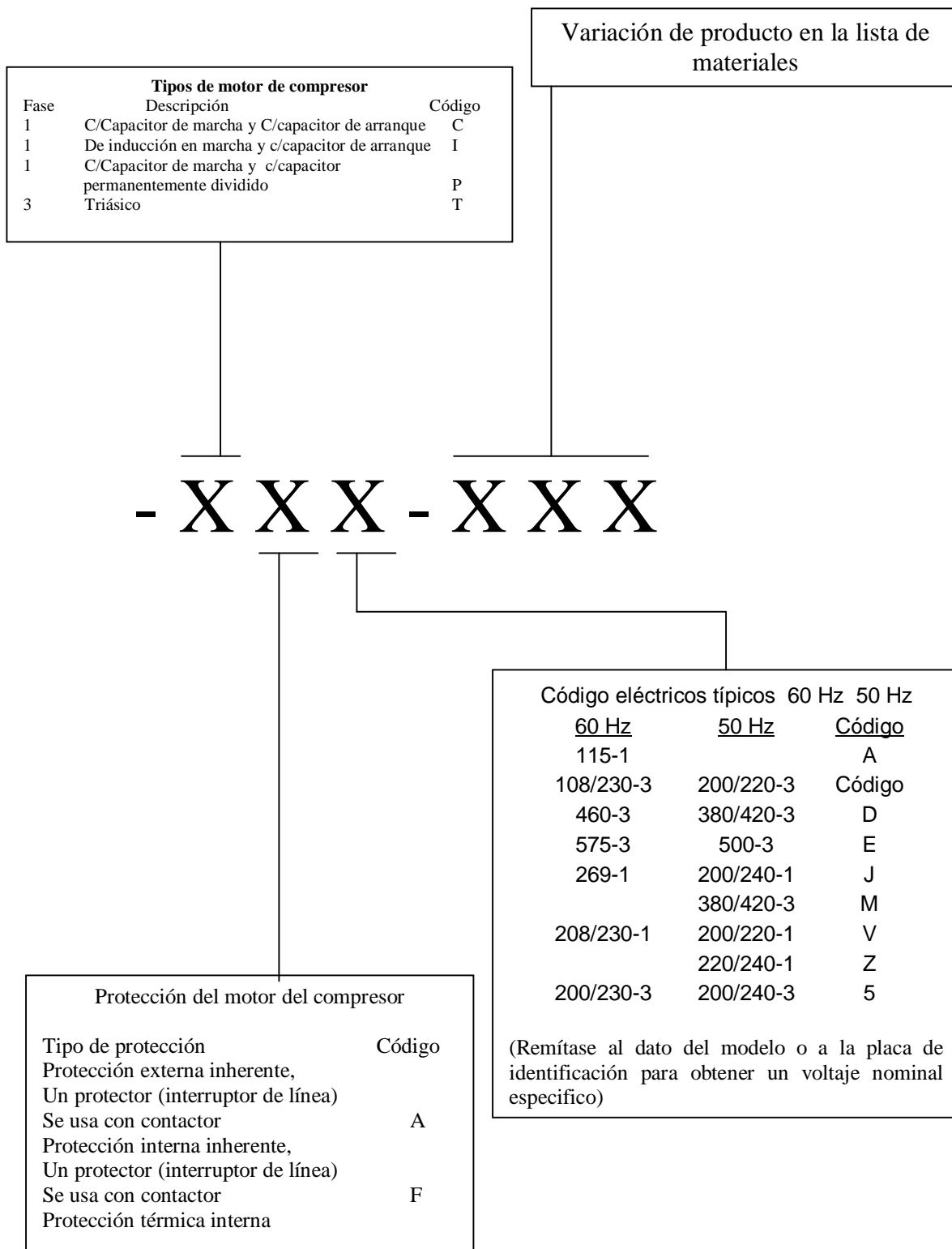
Código eléctricos típicos 60 Hz 50 Hz		
60 Hz	50 Hz	Código
115-1		A
108/230-3	200/220-3	Código
460-3	380/420-3	D
575-3	500-3	E
269-1	200/240-1	J
	380/420-3	M
208/230-1	200/220-1	V
	220/240-1	Z
200/230-3	200/240-3	5

(Remitase al dato del modelo o a la placa de identificación para obtener un voltaje nominal específico)

Nomenclatura compresores copelaweld 2ª parte.

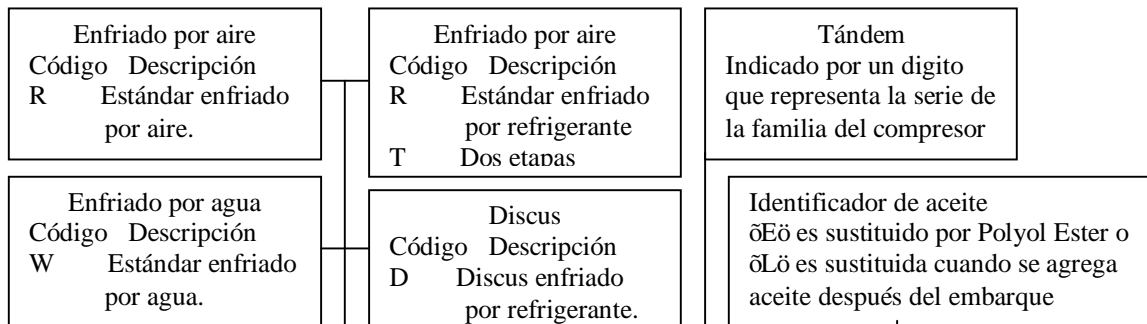


Nomenclatura compresores copelaweld HFC 1ª parte.



Nomenclatura compresores copelaweld HFC 2ª parte.

Modelo y tipo de compresor Copelametic / Discus



X X X X ó X X X X

Serie de la familia del compresor, Un número o una letra establecida para cada modelo

Desplazamiento y plato de válvulas
Una letra únicamente arbitrariamente asignada para cada combinación diferente de plato de válvulas y desplazamiento dentro de alguna serie de familia

Variación de modelo, un número o letra asignada para indicar diferentes tipos de modelos dentro de alguna serie

Especificación típica de motor

Nominal (HP)	Código
1/3	0033
1/2	0050
1/2	0051
3/4	0075
1	0100
1 - 1/2	0150
2	0200
3	0300
3	0310
3	0311
4	0400
5	0500
5	0505
6	0600
7 - 1/2	0750
7 - 1/2	0765
9	0900
10	1000
10	1015
12	1200
15	1500
20	2000
22	2200
25	2500
27	2700
30	3000
35	3500
40	4000
50	5000
60	6000
Tándem	
70	7000
80	8000
100	1110
120	1120

Nomenclatura compresores copelametic discus 1ª parte

Tipos de motor de compresor		
Fase	Descripción	Código
1	C/Capacitor de marcha y C/capacitor de arranque	C
1	De inducción en marcha y c/capacitor de arranque	I
3	En delta (estrella)	E
3	Triásico misceláneo	T
3	Seis terminales devanado parcial o directo a la línea excepto en 75 volts	F

Los números de variación en la lista de materiales se asignan como sigue:

1. El número 100 es un compresor estándar usado en unidades de condensación copeland
2. el número 200 indica un compresor estándar y partes componentes B/M y No. De modelo.
3. El número 201 y mayor se asigna a todas las otras variaciones de un modelo dado.
4. El número de serie 800 indica un repuesto normal de compresor y partes componentes B/M y número de modelo con control a 240 volts.
5. El número de serie 801 indica un repuesto normal de compresor y partes componentes B/M y número de modelo con control a 120 volts

- X X X - X X X

Protección del motor del compresor	
Tipo de protección	Código
Protección externa inherente, Un protector (interruptor de línea) Se usa con contactor	A
Protección interna inherente, Un protector (interruptor de línea) Se usa con contactor	F
Protección térmica interna Sensores electrónicos y El módulo de contra externo Se usa con contactor	S
Termostatos internos y protectores externos suplementarios	H
Míd en el compresor (dos para 3 fases uno para una fase se usa contactor	H
Termostatos internos y 3 Protectores externos suplementarios en el compresor se Usa contactor.	L

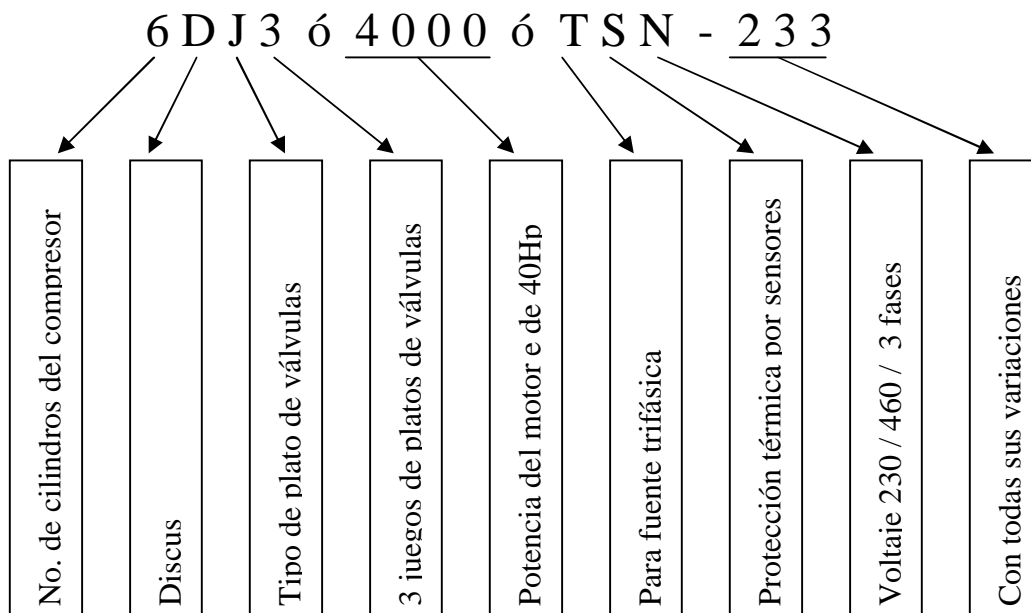
Código eléctricos típicos		
60 Hz	50Hz	Código
115-1	100-1	A
230-1	200-1	B
208/230-3	200/220-3	C
460-3	380/420-3	D
575-3	500-3	E
-	115-1	F
-	230-1	G
208-1	200-1	H
-	208/230-1	I
208/230/460-3	200/380/400-3	K
-	210/240/380-3	L
-	380/420-3	M
230/460-3	200/400-3	N
-	200/380-3	P
-	200/240-3	R
-	220-1	S
-	200-1	T
200-3	-	U
208/230-1	200/220-1	V
-	200/220-3	W
Especificaciones misceláneas de A.C.		X
-	500-3	Y
-	220/240-1	Z
200-1	200-1	3
100-1	100-1	4
200/230-3	-	5
230-3	-	6
380	346	7
200/220-380	200/346	8

Nomenclatura compresores copelamatic discus 2ª parte.

Fuente: Copeland Corporation. **MANUAL ELÉCTRICO**

Como ejemplo, se determina cómo se puede identificar un compresor semihermético de refrigeración en base a su placa de datos, para lo que se toma los datos de dicha placa e identificando cada termino en base a la nomenclatura anterior como sigue:

Figura 18 Esquema de identificación de un compresor Copelametic discus.



En la figura 18, podemos ver el significado de cada uno de los dígitos que componen la serie del compresor, en donde nos ayuda a identificar todas las características de dicho compresor, los cuales se deben de tomar en consideración para su instalación y tipo de refrigerante, voltaje y tamaño de la unidad condensadora que requiere dicho compresor, para favorecer su elección y disposición con el objeto de tener uno o varios compresores en stand by por cualquier avería de otras unidades frigoríficas.

1.4 Aplicación del los compresores semiherméticos

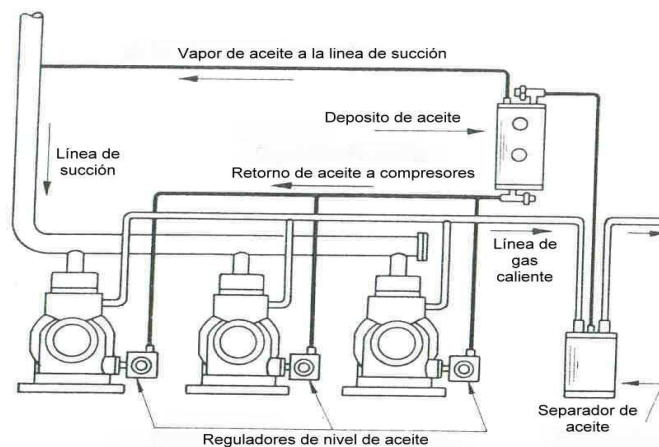
Los compresores semiherméticos se dividen en tres grupos, los cuales se determinan por los rangos de temperatura de operación del evaporador ó condensador, los cuales son:

Alta temperatura desde	+7°C	a	-15°C
Media temperatura desde	-5°C	a	-15°C
Baja temperatura desde	-20°C	a	-37°C

También se considera su aplicación en función a la potencia del compresor, ya que en el caso de compresores desde ½ Hp a 5 Hp, vienen instalados en unidades condensadoras recomendadas para tiendas, restaurantes y otras aplicaciones comerciales que tengan cargas de 4430 BTUH a 39240 BTUH, con temperatura de succión de 25°F. Para la conservación de productos congelados, se manejaría una temperatura de succión de 610°F con cargas de 2560 BTUH a 22530 BTUH, donde la alimentación eléctrica puede ser 208V/230V/1F, 208V/230V/3F y 460V/3F.

Según la potencia requerida (toneladas de refrigeración), se determina un condensador con un número de compresores en paralelo que pueden ser de 2 a 8, de los cuales algunos de ellos pueden estar en calidad de reserva o como respaldo para aun pico de demanda, figura 19.

Figura 19 Grupo de compresores para una misma unidad condensadora



Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA.**
Pág. 204

Entre sus aplicaciones más comunes:

- Cámaras y cuartos fríos de estaciones de servicio.
- Cámaras y estantes refrigeradas de supermercados.
- Enfriamiento de agua para A/C por medio de chiller en Hoteles y oficinas.
- Enfriamiento y mantenimiento de frutas y vegetales en la agroindustria por medio de cuartos fríos y humifresh.
- Pasteurizado de lácteos, refrescos y otros.

Para calcular aproximadamente la capacidad de un compresor * tenemos:

$$D^2 * C * N * V * P_v * R * 47 = \text{frigorías ó hora}$$

*Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA. Pág. 104**

Donde:

D = Diámetro del cilindro en metros

N = Número de cilindros

C = Carrera del pistón en metros

V = Velocidad en rpm

R = Rendimiento volumétrico

47 = Factor fijo

P_v = Potencia frigorífica volumétrica en frigorías por metro cúbico de refrigerante.

Tabla II Valores correspondientes a P_v de acuerdo al refrigerante a utilizar

Valor de P_v a -10°C Temp. Evaporación

Refrigerantes	Condensación por	
	aire	Agua
	Frig / h por m ³ de refrigerante	
SO ₂	244	249
CH ₃ Cl	362	370
R-12	370	385
R-22	596	624
R-502	594	629

Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRACTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMATICA. Pág. 105**

En la tabla II, tenemos valores de la potencia frigorífica volumétrica (P_v) en frigorías por metro cúbico-hora de los refrigerantes de acuerdo al tipo de condensador a utilizarse, esto nos ayuda a determinar la potencia frigorífica que cada refrigerante puede proporcionar por un volumen determinado. El rendimiento volumétrico (Tabla III), que puede tener la unidad condensadora se determina por la potencia del compresor y el tipo de condensación.

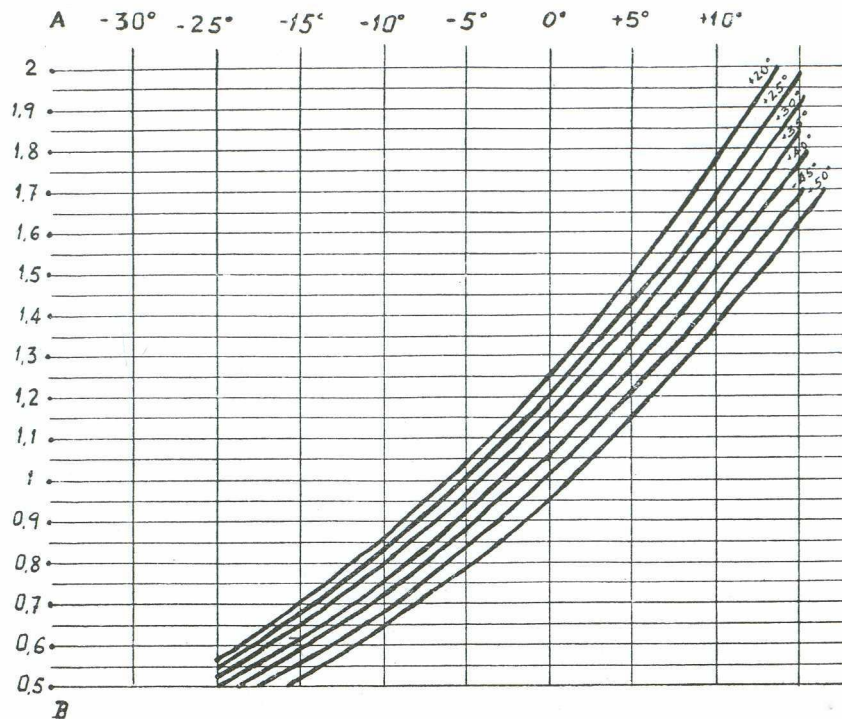
Tabla III Valores de rendimiento volumétrico

Valor de R (rendimiento volumétrico)
 Velocidades comprendidas entre 400 y 600 r.p.m.

		Frig/Hora -10°F evap.	Potencia motor en CV	Rendimiento
Condensación por	AIRE	300 a 550	1/4 a 1/3	0.55
		600 a 750	1/2	0.58
		750 a 1050	3/4	0.62
		1100 a 1450	1	0.64
		1500 a 1850	1.5	0.66
		2000 a 3200	2 a 2.5	0.68
		3500 a 7000	2.5 a 5	0.70
		7000 en adelante	5 en adelante	0.75
	AGUA	2500 a 4100	2 a 2.5	0.70
		4100 a 5200	3	0.72
		5600 a 7600	3 a 4	0.73
		8000 a 12000	4 a 7	0.75

En la figura 20, se determina la potencia frigorífica de un compresor a diversas presiones de aspiración y condensación.

Figura 20 Curvas determinantes de la potencia frigorífica de un compresor a diversas presiones de P_A aspiración y P_B condensación



Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA.**

Pág. 106

Donde el rendimiento de un compresor se basa en:

- (1) El aumento del espacio muerto superior que hay entre el pistón y la válvula de descarga, la cual, mientras mas grande sea, disminuye el rendimiento volumétrico del compresor.
- (2) El aumento de las diferencias de presión de lado de succión y líquido, disminuye el rendimiento volumétrico.
- (3) El rendimiento volumétrico varia inversamente a la relación de compresión, que es el resultado de dividir la presión absoluta de descarga por la presión absoluta de la succión. Donde dicha relación de compresión se debe de incrementar 15 lb/plg^2

para obtener la presión absoluta de descarga y aspiración señalada por los manómetros, la máxima relación considerada normal es de 10:1, ya que un valor mayor es motivo de serias dificultades, como descargas con temperaturas anormales, haciendo que el diferencial de presión en el compresor sea muy grande.

(4) En las aplicaciones de los compresores, se debe tener en cuenta el voltaje de operación de la industria, para poder seleccionar los equipos que cumplan con nuestras necesidades, sin alterar los valores de diseño especificados por el fabricante (secciones 430 y 440, NEC) como pueden ser:

- Para compresores trifásicos, se pueden tener tolerancias de voltaje hasta un rango máximo de +/- 10% del valor nominal de la placa de datos del compresor y accesorios.
- El desbalance de voltaje entre fases no debe de exceder el 2 %, al sobrepasar este valor, el monitor de fases desconecta la alimentación de la máquina, reconectando automáticamente al disminuir el desbalance con un tiempo de retardo a la conexión.
- Para compresores monofásicos, el rango esta entre un + 10% a un ó 5% del valor nominal de voltaje especificado por el fabricante.

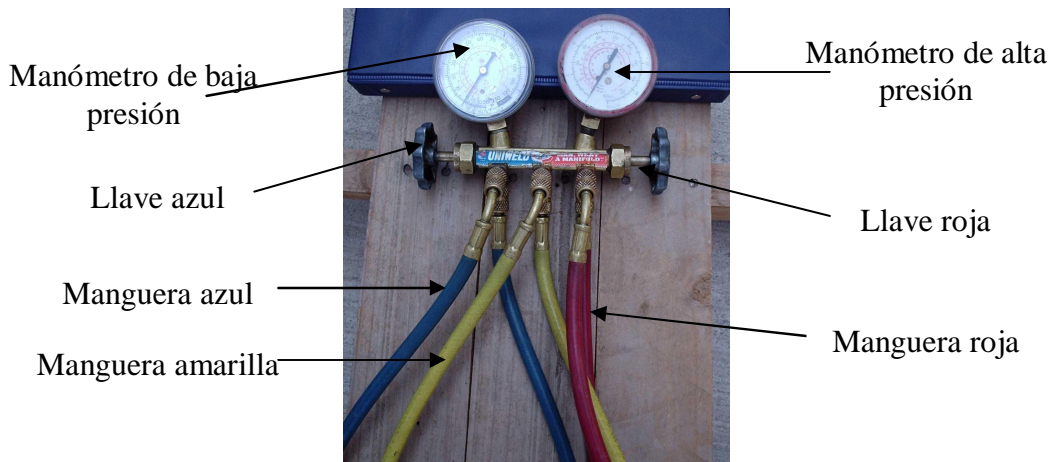
1.5 Puesta en marcha

Cuando el equipo es nuevo, condensador, evaporador y compresor, se deben de guardar las siguientes recomendaciones:

(1) La unidad condensadora consta de compresor y accesorios como válvula solenoide de líquido, visor de líquido, filtro secador de líquido y succión, trampa de aceite, válvula solenoide de aceite, acumulador de refrigerante, separador de aceite y conexiones eléctricas que se indicarán mas adelante en el capítulo de instalación

eléctrica. El compresor, accesorios y conexiones eléctricas, vienen instalados de fabrica como una sola unidad al vacío, condición muy importante para evitar el acceso de humedad al sistema

Figura 21 Juego de manómetros con su manifold y mangueras con conectores hembra schrader.



- (2) Ya instalado el circuito de tuberías, se procede a cargar nitrógeno seco dentro de ellas con las válvulas de servicio del compresor cerradas, con lo que podemos empezar a detectar fugas tanto en el condensador, tubería y evaporador. Se recomienda que la presión de prueba con nitrógeno esta entre 250 a 300 psi ya que la presión máxima de prueba es 400 psi, por un período mínimo de 24 horas con el propósito de detectar fugas. Para ello se carga el nitrógeno colocando la manguera roja del juego de manómetros como el de la figura 21 (lado derecho), a la válvula Schrader de succión y la manguera amarilla (intermedia) se coloca al cilindro de nitrógeno seco, para luego empezar la carga de nitrógeno al sistema asegurándonos que la válvula azul del juego de manómetros este cerrada antes de abrir la válvula roja, hasta que el sistema llegue a la presión requerida.
- (3) Después de revisar el sistema y verificar de que no haya bajado la presión del nitrógeno por el tiempo establecido, se procede a sacar el nitrógeno, para ello se

puede utilizar la misma válvula Schrader a la cual se le quita su centro con mucho cuidado por la alta presión en que se encuentra el sistema, pues esta será disparada en el momento de extraerla, o bien se puede utilizar una manguera con una válvula de paso, liberando el nitrógeno lo mas rápido posible, de esta forma el nitrógeno ayuda a limpiar el sistema, extrayendo todas aquellas partículas que el flujo pueda arrastrar hacia el exterior del sistema. De haberse encontrado fugas en el sistema, estas deben de corregirse y luego regresamos al inciso 1.

- (4) Satisfechos de la prueba del nitrógeno, podemos hacer el vacío de todo el equipo frigorífico, por medio de una o dos bombas de vacío, por mas o menos 12 horas sin interrupción, colocando la manguera azul a la Schrader de succión y la manguera amarilla a la bomba de vacío, abriendo la llave azul (izquierda) y cerrando la llave roja (derecha). Transcurrido el tiempo, cerramos la llave azul y apagamos la bomba de vacío desconectando la manguera amarilla y conectándola en juego de manómetros para que no se contamine su interior y evitar la entrada de aire al sistema por falla de la llave azul, vigilando que la presión no suba en el transcurso de la siguiente media hora, mejor aun si se puede disponer de unas 6 horas, lo cual será otro tipo de prueba de que el sistema no tiene fugas en su tubería. Si la presión no sube, entonces el sistema esta listo para la carga de refrigerante, de no estarlo, quiere decir que tenemos una pequeña fuga y regresamos al inciso 1 nuevamente.
- (5) Si la prueba de vacío esta bien, abrimos las válvulas de servicio del compresor el cual puede estar al vacío o con nitrógeno seco no siendo perjudicial para el sistema. El vacío no solo es una prueba para detectar fugas, sino que es necesaria para extraer la humedad del sistema debido a la entrada de aire en el momento de la instalación de las tuberías.

- (6) Procedemos a cargar el refrigerante, siempre por medio del juego de manómetros (figura 21), la manguera azul a la válvula schrader de la línea de succión y la manguera amarilla al cilindro de refrigerante, tratando de purgar las mangueras del aire con el mismo refrigerante previo a la conexión en la válvula schrader de la línea de succión. El refrigerante viene en varias presentaciones, las cuales se enumerara en el capítulo de refrigerantes, que según el tamaño de la unidad frigorífica, su carga puede estar entre 100 a 250 libras de refrigerante, por tal razón se necesitan varios cilindros de 25 ó 35 libras, para el cambio de cilindro debe cerrarse la llave azul del juego de manómetros cada vez que se cambie de cilindro, sin olvidar purgar la manguera amarilla con el refrigerante ya cargado en máquina, antes de abrir de nuevo la llave azul, para este proceso se debe de encender toda la unidad condensadora, para que el compresor empiece a llenar el sistema hasta que este llegue a su presión y temperatura de condensación.

Una de las formas para ver que el sistema ya está con la carga de refrigerante requerido, es cuando en el visor de líquido ya no se vean burbujas en el refrigerante circulante y que la presión del lado de alta llegue cerca de 250 psi lo cual es indicativo de que la unidad ya esta llegando a su plena carga de refrigerante. Esto también depende del tamaño del equipo y la temperatura de evaporación a la que trabaja el sistema, con ello estamos terminando de hacer la instalación de dicho equipo, el cual puede quedarse trabajando normalmente hasta que le llegue la hora de su primer deshielo, sin olvidarse que hay que cambiar los filtros de succión y líquido a mas tardar en las siguientes 24 ó 48 horas de operación, con el propósito de extraer del sistema todo tipo de impurezas causadas por la instalación de sus accesorios, para de esta forma dejar el sistema trabajando permanentemente.

Cuando la unidad se desea apagar por un periodo prolongado que puede ser, por fin de temporada, reparación o mantenimiento, se deben de seguir los siguientes pasos:

- (1) Procedemos a cerrar la válvula de servicio de la línea de líquido y el compresor se dedicara en ese momento a recoger todo el refrigerante de la línea de líquido,

evaporador y línea succión, llegándose a apagar el compresor al bajar la presión de succión en forma automática.

- (2) Después se cierra las válvulas de servicio de líquido y succión del compresor, para garantizar que no llegue a condensarse el refrigerante dentro de él por la baja presión.
- (3) Desconectamos la unidad del sistema eléctrico, y con ello ya tenemos la unidad fuera de servicio.

Cuando se quiere arrancar el equipo nuevamente, después de un período de tiempo en la cual la unidad permaneció apagada se deben de seguir los siguientes pasos:

- (1) Verificamos presiones de la línea de líquido y succión, las cuales deben estar en sus valores predeterminados al equipo.
- (2) Energizamos la unidad condensadora, pero sin arrancar el compresor, para poder conectar la resistencia del carter del compresor con el propósito de calentar el aceite que hará hervir refrigerante líquido contenido en el carter del compresor, para evitar averías, se recomienda dejar trabajando la resistencia del carter por un tiempo de un día antes de disponer el arranque total de la unidad frigorífica.
- (3) Procedemos a abrir la válvula de servicio del lado de succión del compresor, controlando que la presión no sea muy alta para luego energizar el contactor del compresor, pero antes se debe de abrir la válvula de servicio de líquido del compresor, para que éste arranque cuando la presión pase por arriba del diferencial establecido en la unidad de forma automática, para terminar de recoger el refrigerante que haya quedado en el sistema en su última operación, llegando a

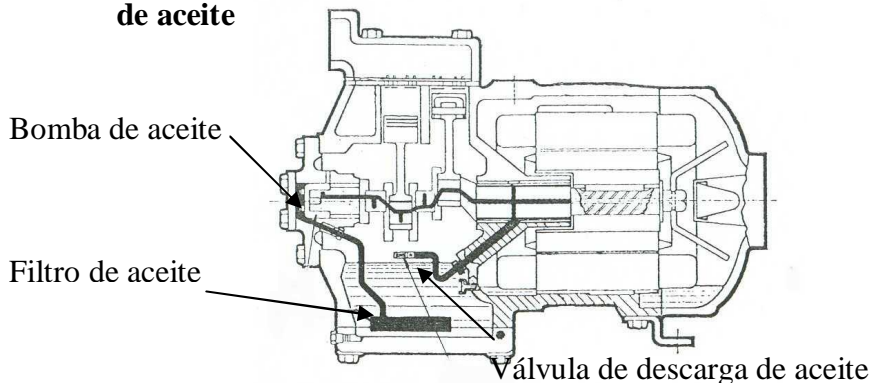
bajar de nuevo la presión de succión que hará que el compresor se desconecte de nuevo.

- (4) Cumplido los pasos anteriores, se puede decir que la unidad ya esta lista para funcionar normalmente y para ello solo nos resta abrir la válvula de servicio de la línea de líquido, el cual liberara el refrigerante almacenado en el acumulador y en el condensador, para que el sistema trabaje normalmente con sus controles automáticos.

1.6 Mantenimiento de compresores

El principal cuidado que requiere un compresor es la lubricación, para evitar el desgaste de las partes móviles, la lubricación en estos compresores se realiza por medio de una bomba que inyecta el aceite a presión hacia todas las superficies de rozamiento, a través de taladros adecuados en el eje cigüeñal, que salen por los cojinetes de biela, lubricando las paredes de cilindros y pistones que son los elementos sujetos a la mayor fricción del compresor como se aprecia en la figura 22.

Figura 22 Sistema de lubricación de un compresor semihermético con su bomba de aceite



Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA.**
Pág.86

La presión de aceite esta controlada por medio de un presostato, el cual protege al compresor por falta de lubricación. Hay que verificar que las empaquetaduras del compresor mantengan la hermeticidad para evitar perdidas de refrigerante que dañan la capa de Ozono, así como la pérdida total o parcial de aceite que puede llevar a que nuestro compresor sufra un sobrecalentamiento que aumenta el desgaste de sus piezas de una forma considerable.

También se debe de tener la carcasa del compresor libre de polvo, para facilitar el enfriamiento por radiación y convección, a la vez conservar el sello de las válvulas de servicio, pese a que estas cuentan con su prensaestopa y tapón, no están siempre libres de fugas de refrigerante y desgaste que sufren por fatiga causada por vibración producida por el compresor en su funcionamiento, para evitar este efecto, se debe de asegurar el carter del compresor en su correspondiente anclaje de resorte ó hule que absorbe gran parte de la vibración con un torque de apriete especificado por el fabricante.

Para la parte del motor eléctrico, comprobar la resistencia de los devanados de línea a línea, verificando el valor especificado por el fabricante para ello se requiere de un Megger, el cual es un instrumento para la medición de aislamientos para aquellos compresores que trabajan con fuente trifásica. En los motores monofásicos se mide la resistencia de arranque y marcha, de esta forma se puede predecir una falla a futuro y programar su mantenimiento juntamente con el compresor en base a horas de servicio.

Por falta de lubricación, se llega a producir desgaste de las piezas móviles o por falla de protección eléctrica, se daña el compresor, el motor o ambos, en estos casos se procede a desmontar el compresor, luego a recuperar el refrigerante y a limpiar todo el circuito del condensador y evaporador para eliminar los residuos y ácidos que se producen por la humedad y de esta manera el equipo queda listo para la instalación del

nuevo o reconstruido compresor, por último cargar el refrigerante requerido por el sistema.

Revisar que la resistencia eléctrica trabaje correctamente, ya que esto ayuda a evitar la compresión de refrigerante líquido en la cámara, lo cual puede destruir el plato de válvulas del compresor. Luego verificar la carga de refrigerante por medio del visor de líquido o por presiones de operación de las líneas de succión y líquido.

Si llegase la presión de succión a una lectura arriba de lo normal en donde el evaporador y condensador están operando normalmente, esto indica una anomalía en el sistema y se procede a revisar el amperaje del motor del compresor donde un +/- 5% del valor especificado por el fabricante se considera como un rango normal de operación, pero un valor muy por debajo de esta especificación, indica la posibilidad de una válvula de succión rota, una barra de conexión rota, una junta quemada o anillos desgastados del compresor, lo que hace que baje la carga mecánica del motor. Si el amperaje está con un valor muy por arriba de lo especificado por el fabricante, podemos pensar en un incremento de la carga mecánica, la posibilidad de daño en la chumaceras por falta de lubricación o desgaste anormal por el desplazamiento del lubricante por el refrigerante o el apriete excesivo de la bielas en el eje cigüeñal de un compresor reparado. La información de los amperajes pueden verse en la placa de especificaciones del compresor o preguntar a su distribuidor más cercano.

1.6.1 Aceites lubricantes para refrigeración

En la placa de datos del compresor en su octavo dígito, si es una letra "E" indica que el compresor está equipado con aceite Poliolester el cual es el más recomendado, cuando la letra es una "L" significa que el compresor no trae aceite de fábrica, por lo que se presentan las siguientes opciones.

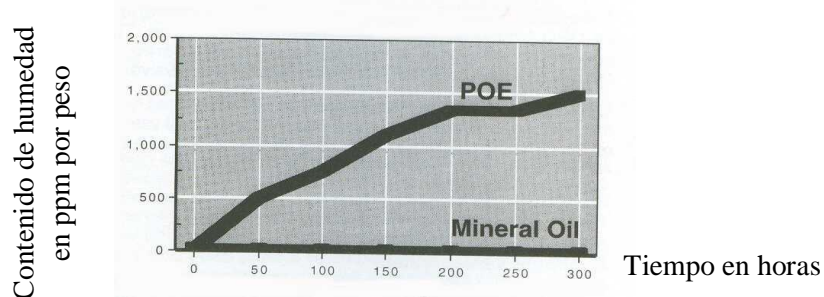
Para cambios posteriores en el mantenimiento en nuestros equipos de refrigeración debido a los refrigerantes CFC (Clorofluorocarbonos) como el R-11, R-12, R-22 y R502, y a sus sustitutos, los cuales no siempre pueden utilizar el mismo refrigerante, por lo que se deben de evaluar la compatibilidad de estos lubricantes con los nuevos refrigerantes HFC (Hidrofluorocarbonos) como el 134^a, 123, 402^a, 407C y otros, como también los refrigerantes HCFC (hidroclorofluorocarbonatos) que son promovidos por varios fabricantes.

Como segundo paso, debemos de asegurarnos de la compatibilidad del aceite cuando se cambien los refrigerantes, como en el caso de un CFC 12 a un HCFC 22, en donde se requiere el cambio de lubricante si es de base mineral, pero para evitar este problema, podemos buscar un aceite que sea compatible con la introducción del nuevo refrigerante el cual sería un aceite sintético de Poliolester.

1.6.1.1 Aceite Poliolester

Los lubricantes a base de Poliolester (POE), tienen la característica de rápida absorción de humedad del ambiente, esto se puede demostrar en una gráfica higroscópica donde se compara el contenido de humedad de un lubricante POE con una de base mineral como la mostrada en la figura 23.

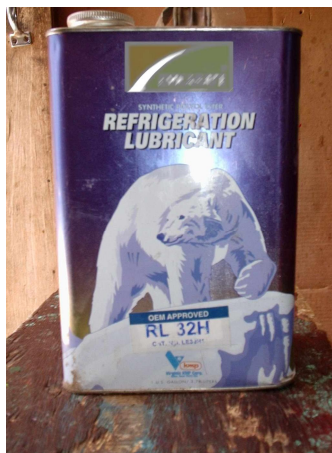
Figura 23 Gráfica giroscópica, en la cual se observa la cantidad de absorción de humedad entre un aceite POE y uno de base mineral.



Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **REFRIGERATION SYSTEM, INSTALLATION AND OPERATION MANUAL** pág 16

Por ejemplo, si los niveles de humedad suben a 100 ppm se producirá corrosión en el sistema y su destrucción, por lo que es importante que los elementos del compresor se mantengan herméticamente. Estos lubricantes vienen en recipientes especiales sellados, después de abrir un bote de lubricante Poliolester figura 24, debe ser usado en su totalidad, puesto que una vez abierto este absorberá la humedad del ambiente, cuando se deje expuesto a la atmósfera. El mismo tratamiento se le debe de dar a cualquier otro tipo de aceite para su uso en refrigeración.

Figura 24 Recipiente de aceite sintético de Poliolester para refrigeración



1.6.1.2. Aceite de base mineral

En la tabla IV se observa el Suniso 3GS, Texaco WF32 y Calumet R015, los cuales son aceites amarillos, que están disponibles en distribuidores locales, estos aceites son compatibles entre ellos, los cuales pueden ser usados en sistemas de alta y baja temperatura.

Tabla IV Comparación de aceites sintéticos, base mineral y mezcla de aceite mineral con alkybenzeno con un mínimo del 50%

Aceites para refrigeración		Refrigerantes tradicionales HCFC-22	Intermedios R401A, R401B R402A (mp-39, MP-66, HP-80)	HFC's HFC-134a, R404A, R507
POE	Mobil EAL arctic 22 CC	A	A	P
	ICI (Virginia KMP) Emkarate RL 32CF	A	A	P
Aceites minerales	Suniso 3GS	P	PM	NO ACCEPTABLE
	Texaco WF32	P	PM	
	Calumet RO15	P	PM	
	Sontex 200 - LT (Aceite blanco)	(BR & tornillo solo)		
	Witco LP - 200	P		
A/B	Zerol 200 TD	AM	PM	NO ACCEPTABLE
	Tipo Soltex AB - 200		PM	

P = Preferente elección de lubricante
A = Aceptable alternativa
M = Mezcla de aceite mineral y Alkylbenzene (AB) con mínimo 50%.

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **REFRIGERATION SYSTEM, INSTALLATION AND OPERATION MANUAL** pág 16

1.6.1.3. Aceites alkybenzenes (AB)

Los aceites Alkylbenzenes son recomendados por los fabricantes de compresores Copeland para su uso como una mezcla con aceite mineral, cuando se tiene una armonía intermedia con los refrigerantes R401A, R401B y R402A, con un mínimo del 50% de AB, se requiere en estas mezclas para asegurar un propio retorno de aceite. Chequear el nivel de aceite en el visor, el cual debe de estar entre 1/4 a 1/3 del visor, cuando el compresor esta en operación.

Cuando se hace cambio de aceite o bien, el compresor no viene equipado con aceite de fabrica, se le agrega aceite seco a 1/4 del visor de aceite, se pone a trabajar el compresor por 2 horas aproximadamente, el resto de la carga de aceite se puede agregar

al acumulador o depósito de aceite, cerrando la válvula y conectando la manguera de la bomba por medio del conector flare de 1/4 de la misma, luego se abre la válvula nuevamente después de cargar el aceite requerido. En el compresor podemos apreciar que el nivel de aceite estará entre 1/4, 1/3 ó 1/2 del visor de aceite, que son los niveles que se manejan cuando el compresor esta trabajando, ya que el aceite se atomiza y es comprimido por el compresor, el cual viaja en la línea de gas caliente y parte del mismo es retenido en el separador de aceite, conduciéndolo al deposito de aceite, de donde retorna a los compresores por medio de los reguladores de nivel de aceite que cada compresor tiene como parte de su equipo de operación, lo cual realiza en forma mecánica automática. Las empresas que utilizan estos lubricantes después de su uso, son vendidos a granel a empresas recicladoras.

2.

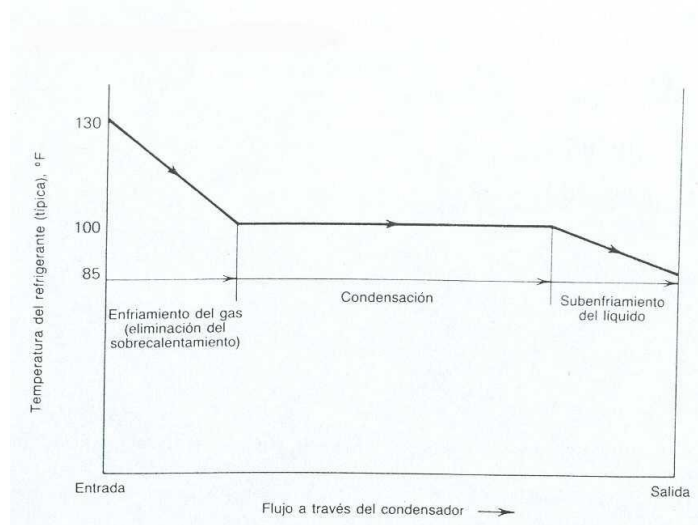
CONDENSADORES

Definición

Los condensadores y los evaporadores son intercambiadores de calor. Calor absorbido del vapor refrigerante que sale del evaporador, es comprimido haciendo que este se condense a estado líquido sobrecalentado, cuyo calor se quiere transferir a un medio mas frío como el agua o el aire por medio de los serpentines del condensador, llevándolo a la temperatura de saturación.

Seguidamente, el refrigerante sigue enfriándose a modo de remover el calor latente absorbido por el evaporador, comprimiéndolo gradualmente hasta que éste salga en estado líquido saturado a su presión y temperatura de condensación, figura 25.

Figura 25 Gráfica que muestra la secuencia del comportamiento del refrigerante dentro de los condensadores

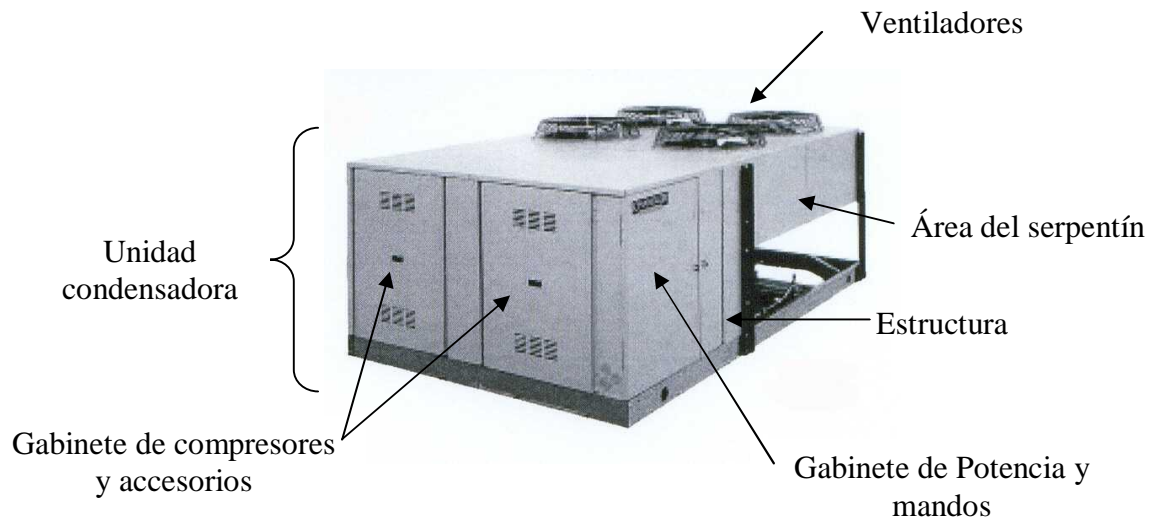


Fuente: Pita, Edward G.
**PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE
REFRIGERACIÓN. Pág. 154**

Partes que lo componen

Los condensadores al igual que los evaporadores, según el medio de enfriamiento tenemos el condensador evaporativo, enfriado por agua y el condensador enfriado por aire forzado, el cual es el mas usado en nuestro medio. Hoy en día las unidades condensadoras vienen de fabrica con todos sus accesorios tanto mecánicos como eléctricos en donde se incluye el compresor. A continuación mencionamos las partes propias de la unidad condensadora (figura 26), que hace énfasis a lo que es el condensador en si, los accesorios mencionados se tratarán por aparte en los capítulos correspondientes.

Figura 26 Unidad condensadora compacta y sus partes



Fuente: Chandler Refrigeration. **REFRIGERATION PRODUCTS. Pág. 26**

2.2.1. Serpentín condensador

El condensador es un elemento de transferencia de calor, construido de tubos de cobre con 6 a 8 aletas por pulgada, las cuales forman una cama a lo largo y ancho de la estructura que lo contiene, proporcionando un área de superficie para poder remover el calor sensible y latente del gas caliente que se comprime, con el objeto de obtener de

éste el refrigerante líquido saturado, a su temperatura de condensación, listo para otro nuevo ciclo.

2.2.2 Estructura

Los condensadores son construidos en gran parte con lámina galvanizada de cédula 20, algunos fabricantes le dan un acabado con pintura al horno, diseñadas para resistir las condiciones adversas del ambiente, puesto que estos equipos se instalan a la intemperie. El aislamiento es otro elementos que viene distribuido en la estructura para aislar los serpentín del condensador de la estructura, evitando de esta forma que eleve la temperatura de condensado, de esta forma se garantiza la conducción de un flujo de aire fresco a través de las superficies del serpentín.

2.2.3 Ventiladores

Igual que los evaporadores, los condensadores van equipados con ventiladores eléctricos, cuyos motores están diseñados para evitar la entrada de agua procedente de las precipitaciones a los rodamientos de bolas sellados que componen el eje del motor eléctrico, manteniendo su lubricación por un periodo prolongado, los motores trabajan con voltajes de 230V/3F/60Hz, 460V/3F/60Hz y 575V/3F/60Hz, y potencias de 1 Hp a 1 1/2 Hp, son arrancados en secuencia y en forma alternativa según la demanda en BTUH que maneje la unidad condensadora.

2.2.4 Gabinete de compresores y accesorios

Es un compartimiento adicional que traen los unidades condensadoras para el acondicionamiento del compresor y otros accesorios que se necesitan para el buen funcionamiento del equipo frigorífico, que harán funcionar el equipo de una forma automática como se vera mas adelante cada uno de ellos.

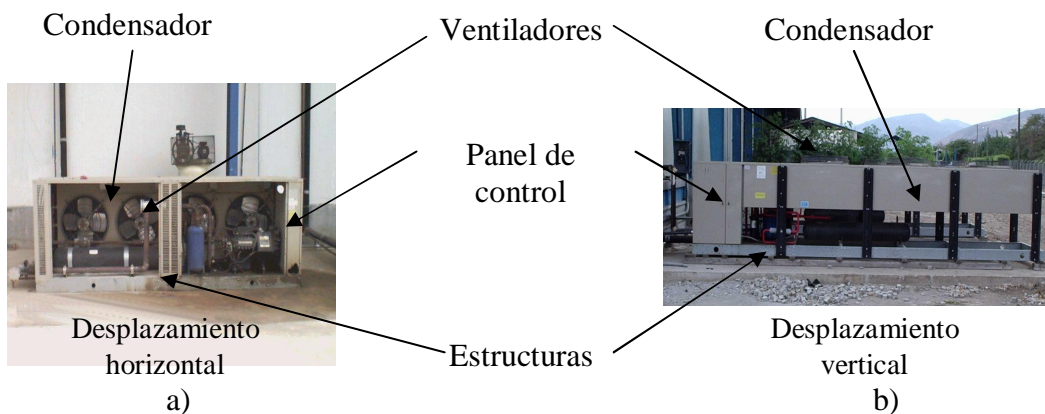
2.2.5 Gabinete de potencia y mandos

Es también otro compartimiento adicional en donde se acondiciona todos los elementos eléctricos como contactores, interruptores termomagnéticos y de cuchillas, relevadores y otros, los cuales se verán mas adelante en el capítulo de instalaciones eléctricas.

2.3 Tipos y modelos

Según el lugar de instalación, hay condensadores con descarga de aire vertical y horizontal, para los cuales se requiere de ciertas libranzas que ayuda a el enfriamiento adecuado del gas caliente y que no se incurra a disminuir su eficiencia al remover el calor sensible y latente del refrigerante por falta de ventilación.

Figura 27 Diferentes tipos de unidades condensadoras a) Flujo de aire con desplazamiento horizontal. b) Flujo de aire con desplazamiento vertical



De acuerdo a la infraestructura de la industria, aparte de los BTUH que se requieren para nuestro propósito, se pueden escoger cualquiera de estos dos tipos de condensadores de la figura 27. El primero barre al aire caliente del condensador hacia

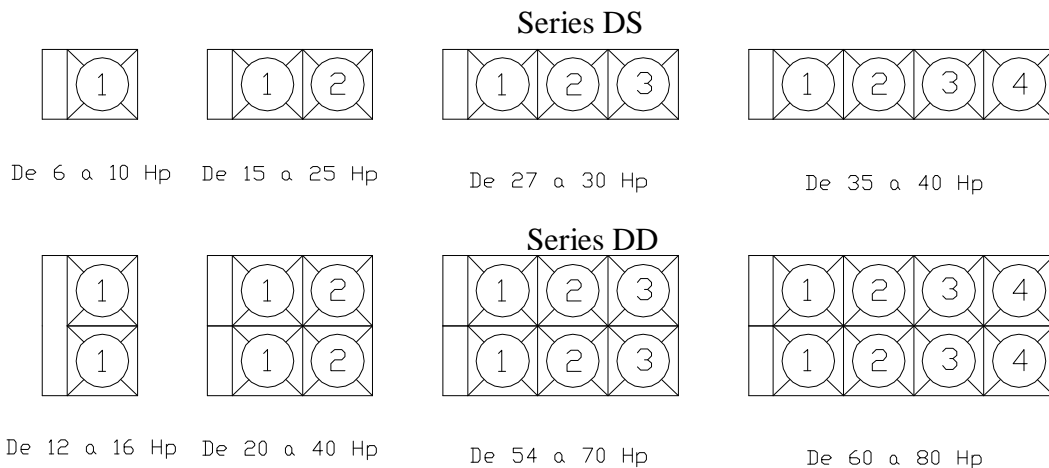
el frente, o sea en forma horizontal, mientras que el segundo barre el aire caliente hacia arriba o sea en forma vertical.

Según la conveniencia de nuestra instalación, se puede elegir cualquiera de estos dos modelos, ya que los mismos son de una capacidad muy similar en BTUH, con compresores de la misma potencia, los cuales pueden ser de un mismo fabricante o de diferentes fabricantes, ya que todos estos equipos están certificados por la UL (Underwriters Laboratories), lo que los hace muy similares en sus características.

Los modelos de tiro vertical son los que requieren de menor área en una instalación, puesto que el aire que expulsan va al ambiente sin el inconveniente de que otra unidad cercana lo pueda aspirar, como pudiera ser el caso del modelo de tiro horizontal, ya que si un condensador aspira el aire caliente de otra unidad, no tendrá una buena eficiencia para enfriar el refrigerante caliente, la cual puede decaer de un 60 a 40% de su rendimiento, por lo que estas unidades se pueden instalar en el perímetro de un grupo de condensadores o bajo techo como el caso de restaurantes o edificios, barren el aire caliente a las calles y la aspiración es suministrada de los sótanos o parqueos del inmueble, razón por la cual no son muy usados en la industria, donde se cuenta con muy poco espacio para la instalación de este tipo de equipos.

Según la capacidad de BTUH, este tipo de condensadores presentan la siguiente disposición, con potencias que van 6 a 480 caballos, las unidades de 6 a 40 Hp vienen equipadas en una sola unidad con un compresor no mayor de 40 Hp, para aquellas unidades arriba de 40 Hp, vienen equipadas con dos o más compresores en tándem para obtener la potencia total necesaria dentro una misma unidad, pueden ir conectados en paralelo o en circuitos independientes. En la figura 28, se dispone la distribución de unidades condensadoras de desplazamiento vertical con una disposición de ventiladores, en la cual se determina una potencia en Hp, la cual es proporcional a la capacidad de BTUH de la unidad condensadora.

Figura 28 Disposición de condensadores, cuya potencia del compresor se puede intuir del número de ventiladores que posee la unidad condensadora de un compresor o en tándem de dos compresores en este caso, ya que hay unidades de hasta ocho compresores.



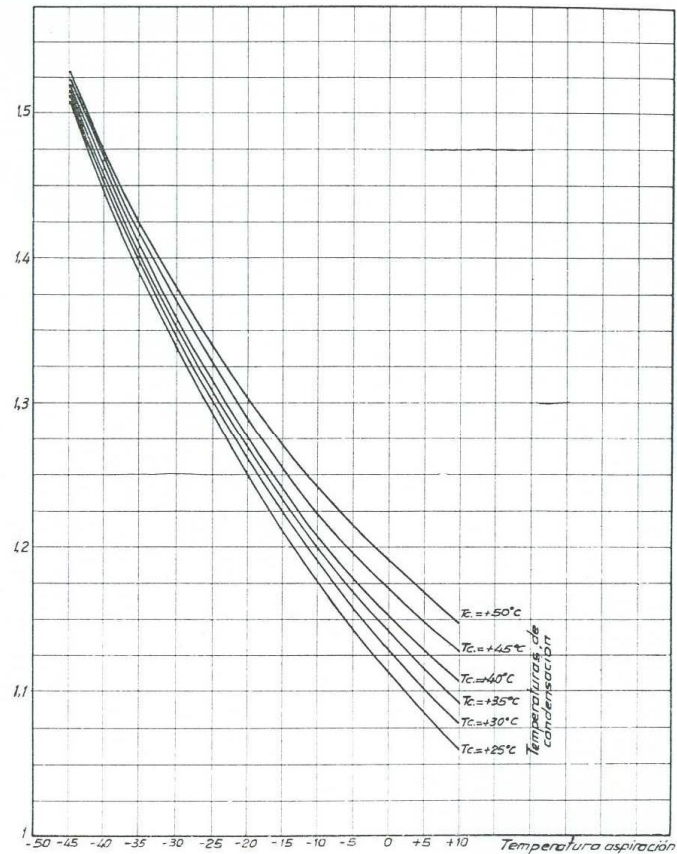
Fuente: RAE Corporation. Century Refrigeration. **INSTALATION OPERATION MANUAL Pág. 10**

Al igual que en los evaporadores, la eficiencia de los condensadores esta basada en tres factores:

- (1) La superficie total de radiación formada por los tubos, mas el áreas de aletas,
- (2) Temperatura del aire ambiente en donde se ubique el condensador y
- (3) La velocidad del aire a través del condensador.

La superficie del condensador debe soportar el calentamiento del refrigerante de los evaporadores, mas el calor producido por el trabajo mecánico, rozamientos del compresor y tuberías, lo cual ya esta contemplado en la curva de la figura 29.

Figura 29 Curva de relación entre temperaturas de evaporación y condensación, para determinar la capacidad calorífica del condensador.



Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA**. Pág 107

Físicamente, los condensadores están sobredimensionados un 40% para poder disipar las pérdidas en el sistema, por ello, los fabricantes otorgan a sus productos una relación 1.4 con respecto al calor que los evaporadores van a absorber. A continuación, se presentan varios ejemplos para la determinación de potencia y temperatura de succión, en la cual se muestra la fotografía, de un equipo de la marca Century y sus equivalentes tanto en potencia como en capacidad de carga en BTUH comparado con los equipos de otros fabricantes (Figura 30).

Figura 30 Clasificación de un equipo Century y sus equivalentes con otros fabricantes



Este es un condensador Century de 50 Hp de 6 ventiladores cuya clasificación en su placa de datos es

DD 50 H2

DD Ventiladores en paralelo
DS ventiladores en línea

Temperatura de Succión
H4 & H2 = 95°F ambiente y 25°F de succión.
L2 & L4 = 95°F ambiente y 620°F de succión.

Potencia de compresores en Hp

Equivalente a la serie JBD / JLD de BOHN
Equivalente a la serie HDD de Chandler

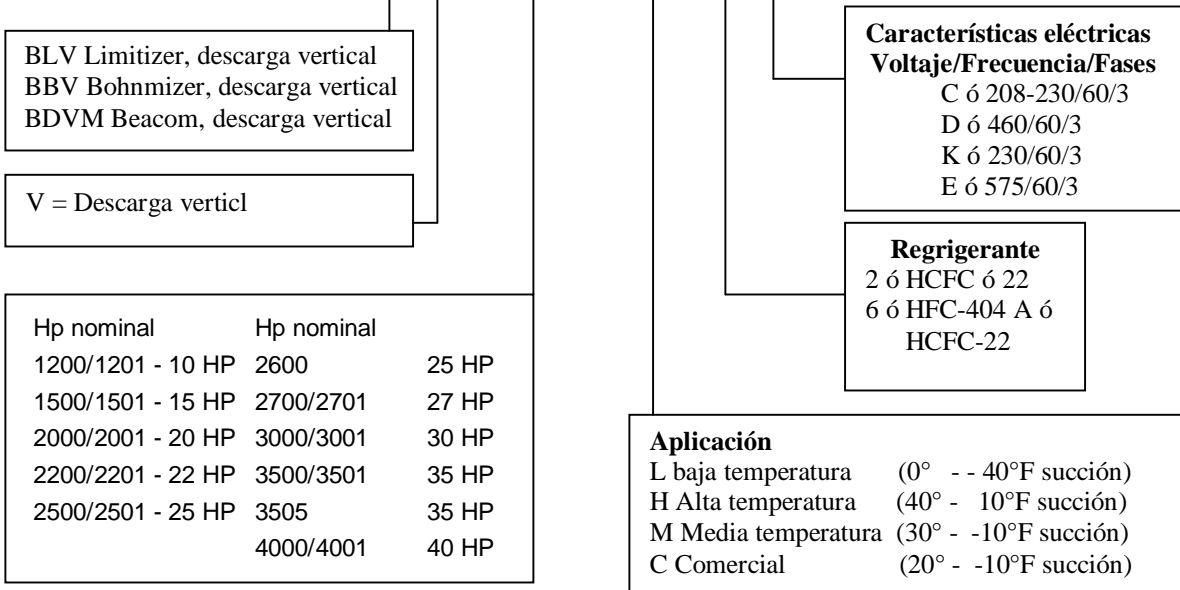
Como ejemplo, para identificar un condensador en línea, se muestra un equipo de marca un Century de dos ventiladores, en la figura 31.

Figura 31 Clasificación de un equipo Century de 15 Hp.



Este es un condensador Century de 15 Hp de 2 ventiladores cuya clasificación en su placa de datos es

BLV 1500 L 6 C

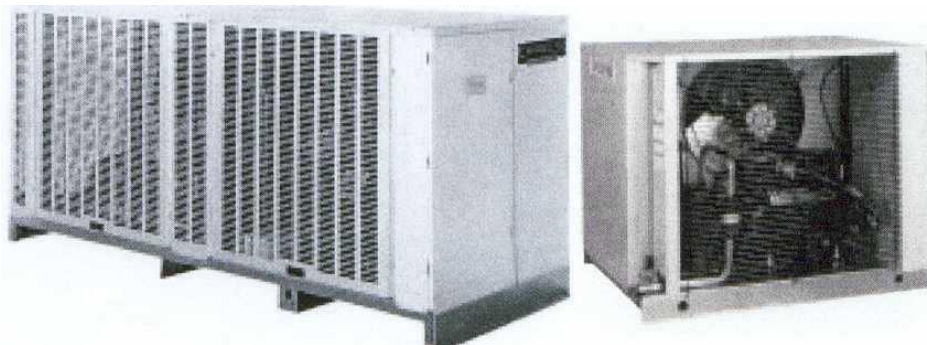


Entre los modelos similares al equipo marca Century (BLV 1500 L 6 C), tenemos:

Fabricante	Serie
Century	DS15H2
BOHN	BBH1500H2
Chandler	HDH1500D6

En el caso del modelo Chandler HDH 1500 D6 y BOHN BBH 1500 H2, son equipos con descarga de aire horizontal tal como se muestra en la figura 32.

Figura 32 Modelos equivalentes de una unidad condensadora de 15 hp, los cuales son de desplazamiento de aire horizontal



Fuente: Chandler Refrigeration. **REFRIGERATION PRODUCTS. Pág. 20-21**

Todos estos condensadores vienen equipados con compresores recíprocos (desplazamiento positivo), marca Copeland Discus, con sus correspondientes accesorios y controles eléctricos, incluidos dentro de la misma unidad condensadora, hacen posible que el equipo trabaje en forma automática respondiendo a los cambios de cargas en BTUH dentro del recinto.

3.

EVAPORADOR

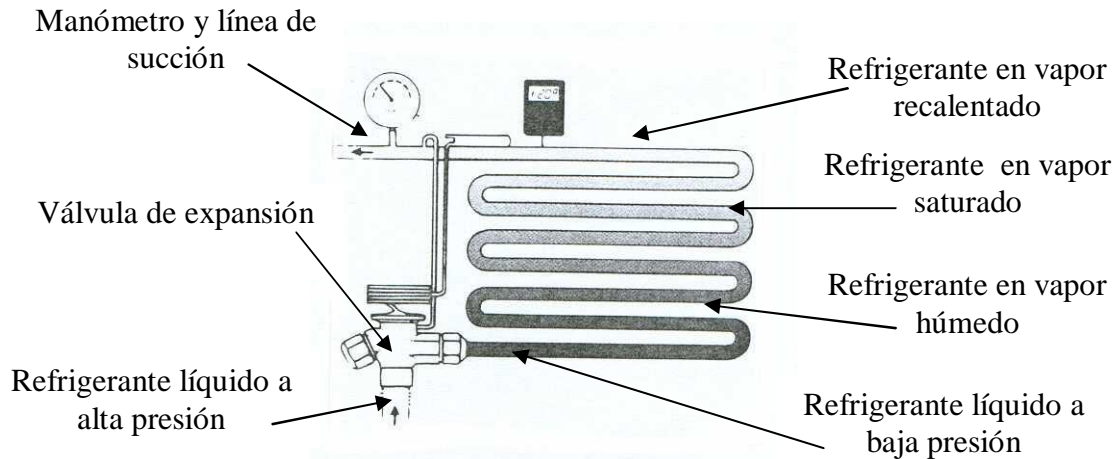
Definición

Los evaporadores son el medio por el cual el refrigerante absorbe el calor latente del recinto disminuyendo la temperatura, según la aplicación, hay una variedad de formas y disposiciones en los evaporadores.

Los evaporadores al igual que los condensadores son intercambiadores de calor. Los evaporadores son los encargados de absorber calor por medio del refrigerante líquido (a alta presión) que llega al los serpentines del evaporador, cuando el refrigerante pasa por la válvula de expansión donde es estrangulado y distribuido en el evaporador, el refrigerante pasa de estado líquido y a baja presión, la baja presión hace que el refrigerante empiece a hervir, efecto que hace que el refrigerante empiece a absorber el calor latente, con un burbujeo parecido cuando hierve el agua, produciéndose un cambio de estado de refrigerante líquido a refrigerante en vapor húmedo conforme absorba calor del evaporador, el refrigerante llega a un estado de vapor saturado que es cuando el refrigerante ya ha recogido todo el calor que puede absorber del evaporador bajando su densidad, en la figura 33, se puede apreciar el comportamiento del refrigerante dentro de un evaporador. Si el refrigerante no ha terminado de recorrer el interior del evaporador, entonces, el refrigerante en estado de vapor saturado va aumentando la cantidad de calor absorbido hasta que este llegue a un estado de vapor recalentado, situación que se debe de evitar, ya que el recalentamiento del refrigerante hace que el ciclo sea menos eficiente cuando hay un exceso, claro esta que 10°F de recalentamiento si son aprovechables, ya que con esto se puede controlar el flujo de refrigerante dentro del evaporador por medio de una válvula de expansión termostática logrando de esta forma que el refrigerante salga en forma de vapor saturado evitando que se tenga refrigerante líquido en la línea

de succión que puede ocasionar daños al compresor.

Figura 33 Esquema del comportamiento del refrigerante dentro del serpentín del evaporador durante su recorrido.



Fuente: Refrigeration and Air Conditioning Controls Danfoss **NOTAS DEL INSTALADOR**

La figura 33 muestra los estados de ebullición de un refrigerante dentro de un evaporador, cuyo flujo es constante, donde la válvula de expansión termostática, es la que se encarga de regular el paso de refrigerante dependiendo de la carga térmica, para obtener de esta forma vapor saturado en un 100% y no como vapor húmedo ni mucho menos en estado de vapor recalentado, ambos casos son perjudiciales, pues con vapor húmedo se tienen partes de refrigerante líquido que son arrastradas por la succión al compresor desplazando la lubricación y el vapor recalentado hace que el compresor trabaje mas por la caída de presión de recalentamiento, subiendo la temperatura de operación a tal grado que los lubricantes no pueden manejar, provocando que baje la eficiencia de todo el sistema. Según la aplicación podemos mencionar algunos tipos de evaporadores y la evolución de estos, entre las cuales podemos ver:

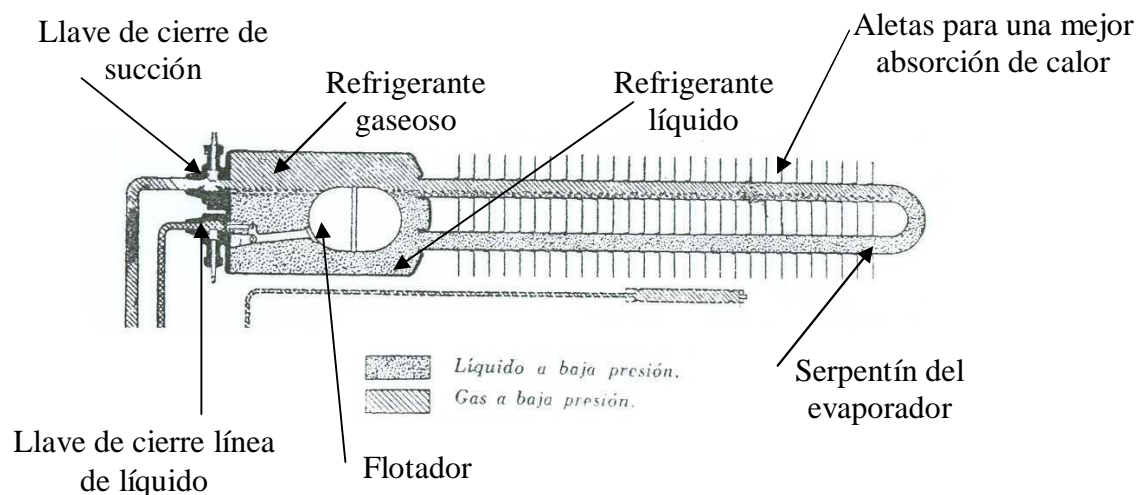
- (1) Evaporadores de sistema húmedo o inundado
- (2) Evaporadores de sistema semi-inundado y
- (3) Evaporadores de sistema seco.

3.1.1 Evaporadores de sistema inundado

En este tipo de evaporador, los hay de varias disposiciones cuyo principio es el mismo, el cual consiste en un depósito cilíndrico, donde se mantiene un nivel de refrigerante en estado líquido, dicho nivel es controlado por una válvula de flotación, el cual permite pasar refrigerante líquido a una altura de 4/5 partes del flotador, cuya densidad del mismo obliga a que la válvula de flotación cierre el paso de refrigerante.

El refrigerante que se encuentra en su interior a baja presión, empieza su ebullición y llenan el espacio libre del evaporador, el cual es arrastrado por la succión del compresor. Este tipo de evaporador son de gran rendimiento (figura 34), puesto que en ellos se conserva una ebullición muy vigorosa de refrigerante, por lo que se tiene una rápida absorción del calor en toda la superficie del evaporador, y aún mas si se le agregan aletas a los serpentines, lo cual nos dará un aumento de superficie aumentado la eficiencia del evaporador.

Figura 34 Esquema de un evaporador inundado



Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA.**

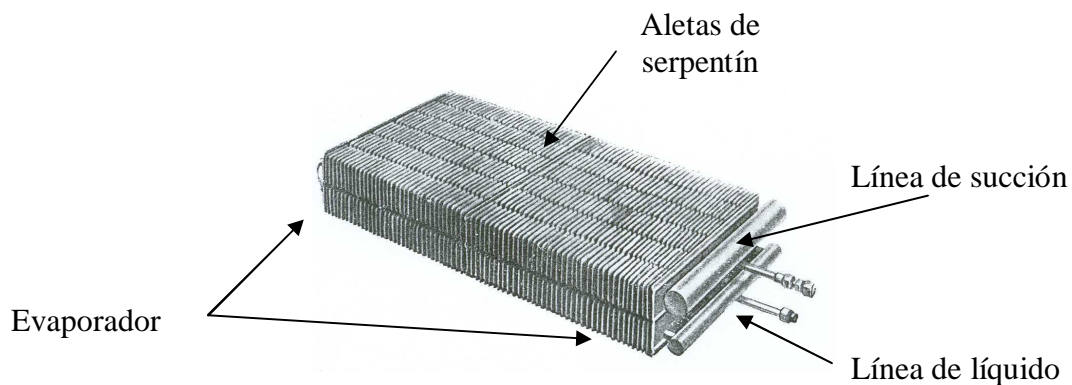
Pág 111

Este tipo de evaporador tiene la desventaja de que requiere de un mayor volumen de refrigerante, por lo que se le conoce con el nombre de sistema de sobrealimentación de líquido.

3.1.2 Evaporadores de sistema semi-inundados

Estos evaporadores (figura 35), están formados por varios circuitos en paralelo, que son alimentados por un tubo de diámetro un poco mayor (Colector parte inferior) que el de los serpentines, que se utiliza como acumulador para una distribución lo mas homogénea posible de refrigerante líquido a cada uno de los circuitos del evaporador, muy similar al proceso de los evaporadores inundados, cuya salida del refrigerante en estado gaseoso es recolectado por otro colector en la parte superior que no es mas que otro tubo de diámetro mayor al anterior, en donde se efectúa la succión del compresor.

Figura 35 Evaporador semi-inundado de tubo y aletas, con colector inferior para refrigerante líquido y superior de aspiración



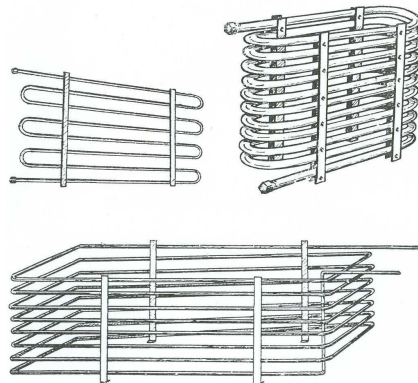
Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA.**

Pág 118

3.1.3 Evaporadores de sistema seco

Los evaporadores secos tienen una construcción muy similar a la de los evaporadores semi-inundados, con la diferencia que en ellos no permanece refrigerante líquido, sino que el mismo es regulado por una válvula de expansión que solo deja pasar una cantidad de refrigerante líquido, que empieza a hervir al no mas entrar en los serpentines del evaporador, los cuales por lo general, están contruidos por varios circuitos en paralelo en donde cada uno de ellos se dosifica una misma cantidad de refrigerante líquido el cual se logra por medio del distribuidor de nozzle (orificio). Los evaporadores secos, también son utilizados en serpentines de un solo circuito, como es el caso de las refrigeradoras domésticas o de pequeños chillers, como se muestra en la figura 36.

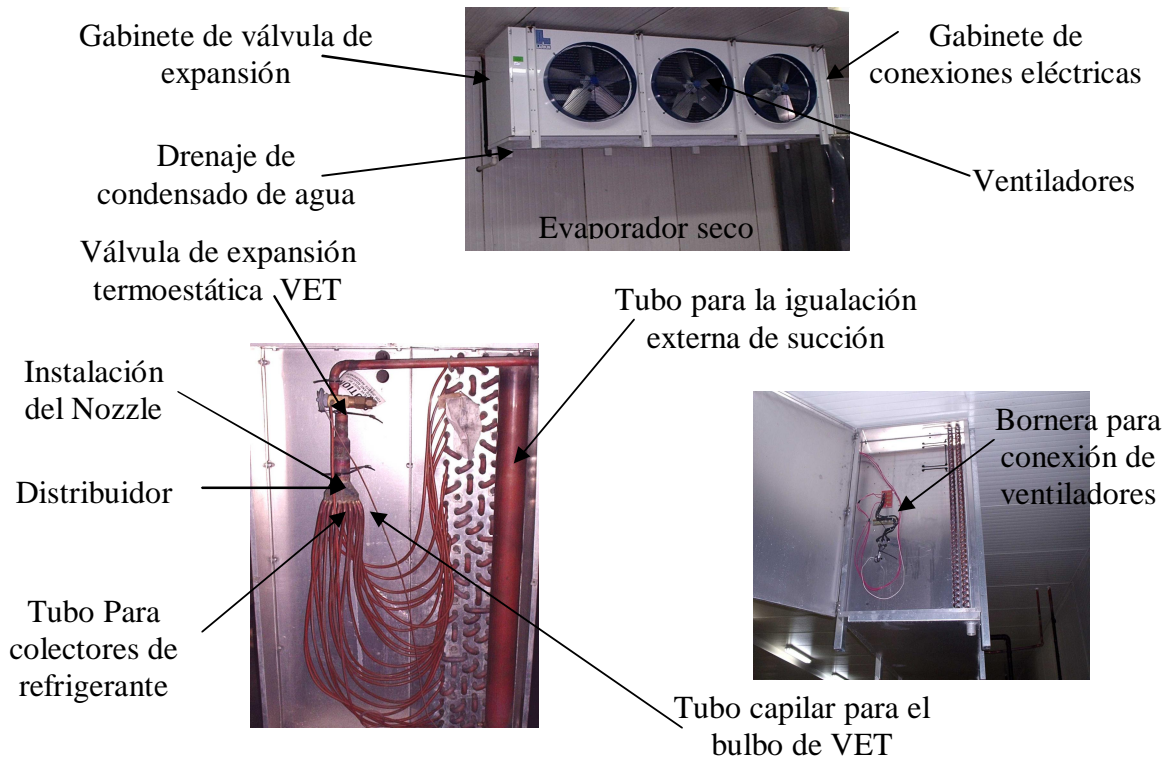
Figura 36 Serpentines evaporadores de un solo circuito con tubo liso



Los evaporadores que mas se utilizan en la industria, son los de tipo seco, ya que son los ideales para la conservación y congelación de frutas, verduras y otros, presentando un inconveniente el cual consiste, en que estos evaporadores tienen a deshidratar los productos, a no ser que se tenga un buen control de la temperatura diferencial de los mismos, para que la humedad relativa se mantenga en un 90 a 95% como lo veremos mas adelante. Para otras aplicaciones tenemos otros modelos de evaporadores con configuraciones de varios circuitos del orden de 10 a 40 circuitos en

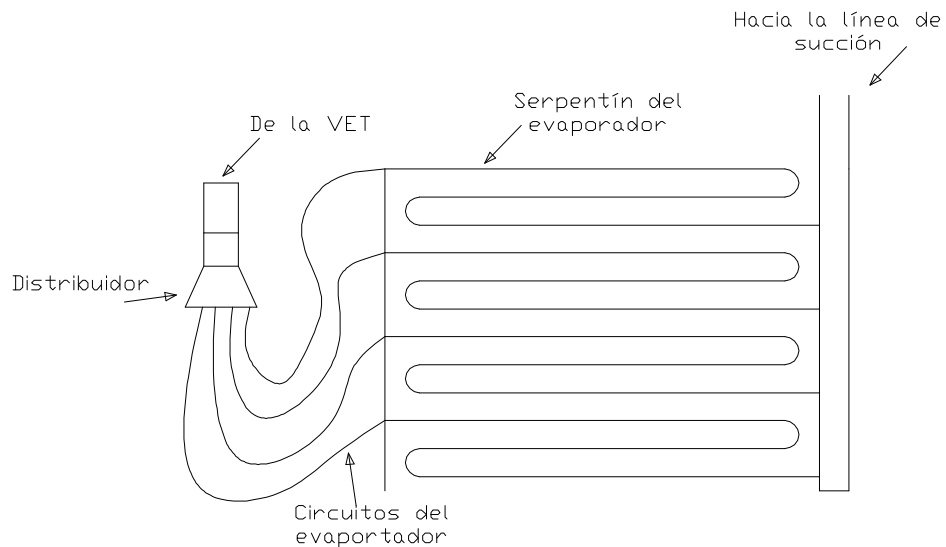
paralelo, fabricados con serpentines de tubo liso de cobre con aletas adheridas para aumentar el área de transferencia de calor, los cuales se definen por el área que el evaporador requiere para transferir una carga en BTUH específica, dichos evaporadores van equipados con un distribuidor mas moderno, que tiene como objeto hacer una distribución homogénea de refrigerante a cada circuito del evaporador, dicho distribuidor viene regulado por medio de una válvula de expansión termostática y de su ficha nozzle en el distribuidor para el tipo de refrigerante a utilizar, del otro extremo de dicho evaporador se tiene un tubo de diámetro considerable en donde desemboca el refrigerante saturado de cada circuito para la succión del mismo, en la figura 37, vemos los diferentes compartimientos y accesorios de un evaporador seco de aire forzado, que mas adelante se dará un detalle de ellos.

Figura 37 Diferentes compartimientos de un evaporador seco



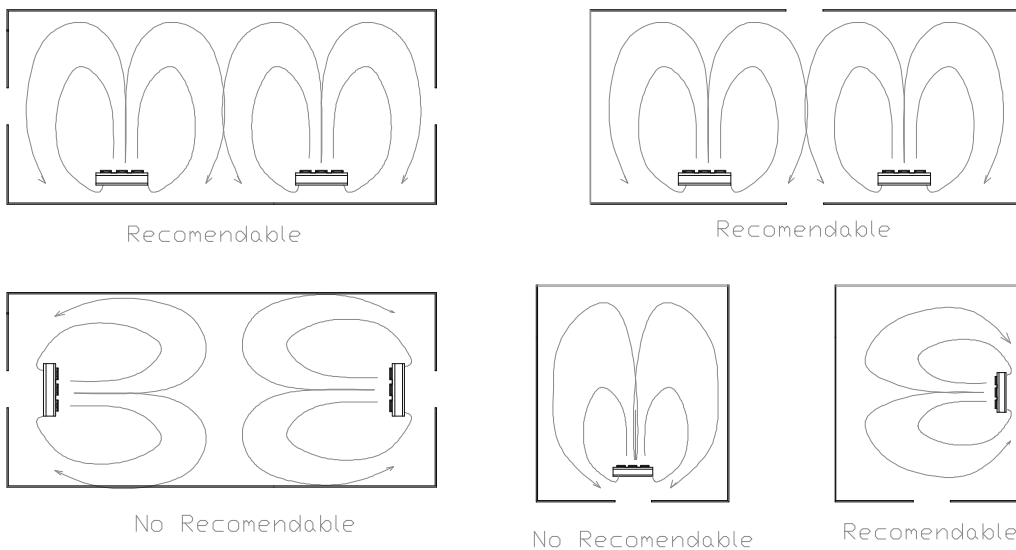
Estos evaporadores son de varios circuitos, como se puede ver en el distribuidor de la figura 37, donde cada tubito de este pulpo es un circuito que va desde el distribuidor hasta el colector de succión como se ve en la figura 38.

Figura 38 Esquema de varios circuitos de un evaporador seco, que van desde el distribuidor hacia el colector de succión



La circulación de aire de los evaporadores, es mas eficiente cuando el ventilador succiona el aire de la cámara del evaporador, de esta forma se pueden circular mas (cfm) de aire, el cual es descargado una vez enfriado por la parte frontal del evaporador, con un mayor tiro por la menor resistencia a la descarga. También hay que tomar en cuenta la ubicación de los evaporadores, para que estos no pierdan su eficiencia ya que si se colocan frente a puertas, tal disposición hace que baje su eficiencia porque estaría absorbiendo el calor de otros ambientes, lo cual no es el propósito de un diseño en la construcción de un recinto refrigerado, ya que cada uno según sus dimensiones, debe de elaborarse sus cálculos respectivos. En la figura 39, podemos ver algunas de las disposiciones que son aceptables y las no recomendables en la ubicación de los evaporadores dentro de un recinto específico, mismas que en el capítulo 10 se trataran con mas detalle.

Figura 39 Emplazamiento de evaporadores de aire forzado en cámaras de diversas estructuras, recomendables y no recomendables



Características

Hoy en día, no es necesario hacer el cálculo para la selección de un evaporador, puesto que los fabricantes estipulan la carga en BTUH que estos pueden trabajar mediante varios modelos, pero en si el cálculo de un evaporador es para determinar la superficie necesaria para absorber una cantidad de calorías por el tiempo de funcionamiento del compresor de un día.

La capacidad de BTU de un evaporador depende de los siguientes factores:

- a) Superficie de evaporador.
- b) Diferencia de temperaturas entre la ebullición del refrigerante y la que se desea obtener y

- c) Coeficiente que varía de acuerdo al tipo de evaporador a usar como lo son el tipo de válvula de expansión, velocidad de movimiento del medio del recinto, formación de hielo en su superficie y otros.

Por consiguiente, podemos ver que cuando mayor sea la superficie del evaporador y mayor la diferencia de temperatura de ebullición de los refrigerantes con la que se desea obtener, mayor será su capacidad, la cual se limita por la capacidad del compresor ó condensador. Los evaporadores son deshumificadores, por lo que se debe de tener cuidado cuando se pretenden conservar frutas, vegetales, huevos y algunas carnes, los cuales requieren un grado de humedad relativa. Teniendo presente las diferentes circunstancias del caso que se nos pueda presentar, el cálculo quedará:

$$C = S (T \text{ ó } t) K$$

Donde:

S = Superficie total del evaporador en metro cuadrados

C = Capacidad en frigorías / hora, que deben obtenerse

T = Temperatura a obtener

t = Temperatura de evaporación del refrigerante

K = Coeficiente de transmisión en calorías ó hora, por metro cuadrado de superficie y grado centígrado de diferencia de temperatura

Donde la superficie es igual a la superficie de la tubería, mas la superficie de las aletas que se encuentran a los lados formando un panel, mas todas aquellas áreas donde el refrigerante tiene contacto físico con dichas superficies. El valor del coeficiente K citado, pueden verse en la siguiente tabla V, proporcionada por CECOMAF (Comité Europeo de Construcciones de Material Frigorífico).

Tabla V Valores del coeficiente K, para evaporadores de circulación forzada de aire

**Tabla V: Coeficiente (K) para evaporadores
Frig/hora por m² de superficie de radiación y grado °C de diferencia de temperatura**

Circulación forzada de aire: Velocidad del aire: (m/seg)	TUBO LISO		TUBO CON ALETAS	
	Inundado	Seco	Inundado	Seco
1	16	11	8	6
1.5	22	16	12	11
2	27	20	14	15
2.5	32	24	16	19
3	37	28	18	23
3.5	42	32	21	27
4	47	34	24	29

Fuente: CECOMAF (Comité Europeo De Construcciones De Material Frigorífico).

Tipos y modelos

Como se mencionó antes, hay una gran diversidad de evaporadores, por lo que me limito a ver los del tipo seco, para refrigerante R-22, los que vienen siendo en un 90 ó 95% iguales entre los diferentes proveedores, entre los cuales tenemos a Century Refrigeration, Bohn, Larking, Chandler y otros.

De la serie A de la Century son evaporadores de un perfil mediano, diseñados para pasillos, como para aplicaciones en procesos de congelación o mantenimiento de productos que entran y salen de los cuartos fríos, de comercios, industrias o agroindustrias. Por estándar, todos los evaporadores son construidos con tubería de cobre y aletas de aluminio con ventiladores, cuyos motores están permanentemente lubricados por medio de sus rodamientos de bolas sellados, equipados con protección térmica, diseñados para montura en los techos de cuarto frío y se encuentran disponibles con deshielos de aire forzado, resistencias eléctricas y por la configuración de gas caliente, la mas económica es la configuración de aire forzado, para aquellos recintos en donde se mantiene un producto a temperaturas arriba de 0°C y la configuración de

resistencia eléctrica, para aquellas aplicaciones de congelación cuyas temperaturas están abajo de 0°C. A continuación se dan algunos tipos de evaporadores, los cuales se identifican, se determina su capacidad frigorífica y algunos otros modelos equivalentes de otros fabricantes los cuales se ilustran en la figura 40.

Figura 40 Equivalencia de carga entre diferentes marcas de evaporadores secos.



Este es un evaporador Chandler para una carga de 28000 BTUH Cuyos modelos equivalentes son:

Modelos equivalentes

Marca	Modelo	Carga BTUH
Century	A 510-206	28000
Chandler	ELC 286	28600
Bohn	BMA 300	30000



Este es un evaporador Larking serie MMT6 para una carga de 252000 BTUH

Cuyos modelos equivalentes son:

Modelos equivalentes

Marca	Modelo	Carga BTUH
Century	BOC 840-2067	252000
Chandler	HHA 2500	250000
Bohn	BHA 2500	300000

Los evaporadores para aquellas aplicaciones de gran volumen de aire y cargas del orden de 15 toneladas lo vemos en la figura 41.

Figura 41 Equivalencia de un evaporador chandler con una capacidad de 252000 BTUH y con un flujo de aire de 30000 a 36800 CFM

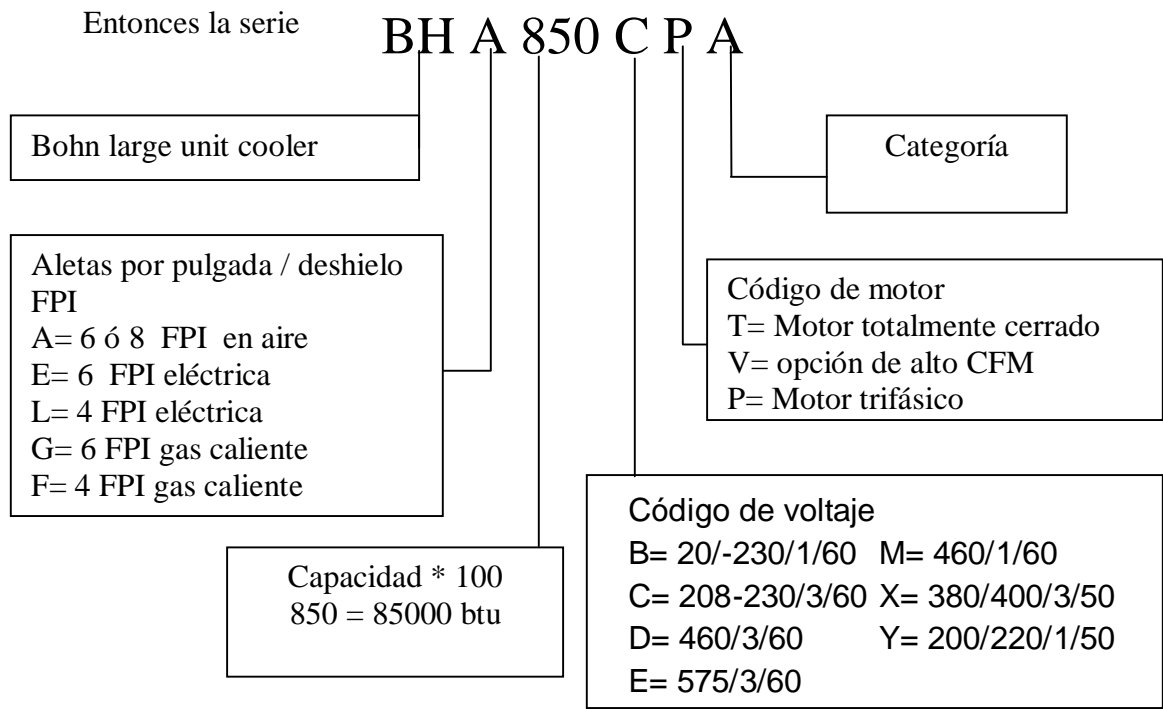


Este es un evaporador Chandler serie HHE para una carga de 252000 BTUH con 36800 CFM Cuyos modelos equivalentes son:

Modelos equivalentes

Marca	Modelo	Carga BTUH
Century	B0C 640-1860	226200
Chandler	HHA 2780	278000
Bohn	BHA 2780	278000

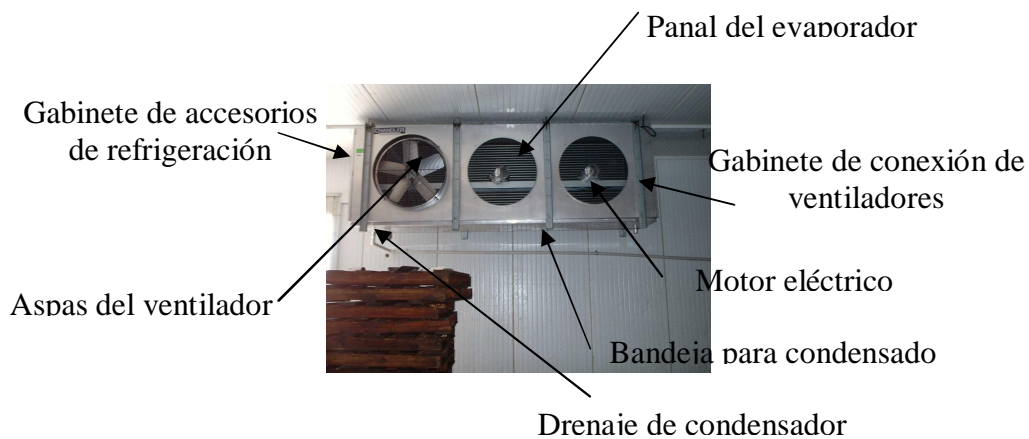
Con la marca, modelo o serie del evaporador, nosotros podemos ver la capacidad de BTUH que dicho evaporador puede manejar, para ello podemos determinar las características de un evaporador de la Bohn cuyo datos de placa es un BH A 850 C P A.



Partes que lo componen

En el subtítulo de definición, se muestran algunos de los componentes que forman un evaporador como el de la figura 42.

Figura 42 Partes de un evaporador seco



3.4.1 Serpentín y panel del evaporador

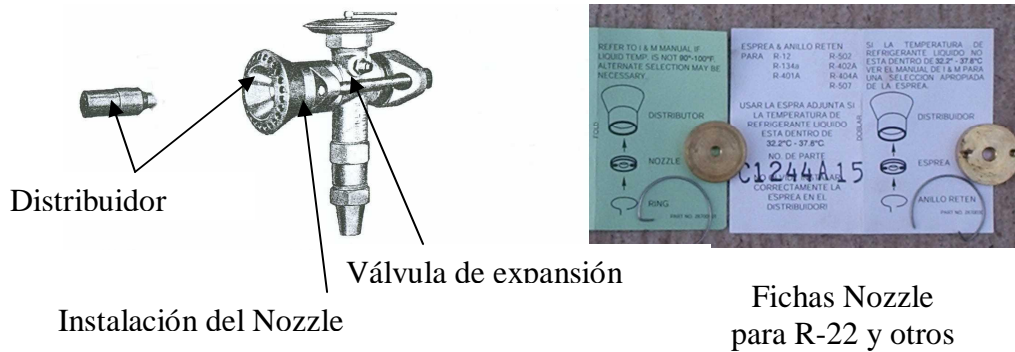
Es en si, el serpentín está construido con tubos de cobre, como el que se ve en la figura 43, en las cuales se tienen de 6 a 8 aletas de aluminio por pulgada, con el objeto de aumentar la superficie de transferencia de calor. El panel del evaporador, está formado por varios circuitos que funcionan en paralelo, los cuales parten de un distribuidor, que esta junto o a distancia de la válvula de expansión termostática, en el distribuidor va instalado una ficha (nozzle) que se utiliza para que el refrigerante que la válvula de expansión permite pasar, llegue al centro del distribuidor y con él se homogeniza la distribución del refrigerante en cada uno de los agujeros que alimentan los diferentes circuitos, llegando al colector de vapor, el refrigerante ya saturado al otro extremo del circuito en donde es recolectado y de aquí el refrigerante es succionado por el compresor.

Figura 43 Se muestra el panel de un evaporador seco



Para los evaporadores de un grupo de circuitos, necesitan de una válvula de expansión con un distribuidor y su ficha de regulación (nozzle) como en la figura 44.

Figura 44 Se presenta una Válvula de expansión termostática y la ficha reguladora nozzle para el refrigerante correspondiente y dos tipos de distribuidores el cual se utiliza según el número de circuitos que compongan el evaporador.



3.4.2 Válvula de expansión termostática (VET)

La VET es un dispositivo para el control de flujo del refrigerante en los evaporadores, las cuales hay modelos que vienen con una capacidad fija y otras que pueden manejar pequeños rangos en base a una graduación que se le da a la VET, estas

pueden abrir y estrangular el paso de refrigerante, cantidad que equivale a toneladas de refrigeración que cambian en proporción al cambio de la carga del recinto, dándonos un control automático del flujo del refrigerante que va hacia el evaporador, cuyo elemento sensor es el bulbo de la VET.

El elemento termostático en si, es el bulbo, el cual es otro compartimiento sellado y lleno del mismo refrigerante que se esta utilizando en el sistema, el cual va conectado directamente de fabrica a la VET por medio de un tubo capilar de cobre, hacia la membrana o fuelle de la misma.

Los cambios de temperatura, afectan el refrigerante contenido en el bulbo, puesto cuando la temperatura aumenta, así sube la presión del refrigerante, la cual ejerce una fuerza sobre el fuelle de la VET, haciendo que esta abra o cierre, según sea la presión que se produzca en el bulbo por la temperatura del refrigerante.

El bulbo en sí, determina el flujo de refrigerante para controlar el recalentamiento del mismo, para evitar de esta forma que el refrigerante no entre en estado líquido al compresor, el cual puede llegar a destruirlo, por otro lado, si hay mucho recalentamiento en el refrigerante, quiere decir que no se aprovecha toda la superficie del evaporador para enfriar, bajando de esta forma la eficiencia del mismo. Lo ideal sería tener una situación de recalentamiento de 0°F, es muy difícil de calibrar y de lograrse no sería muy seguro, puesto que se corre el riesgo de que se logre pasar refrigerante en estado líquido a la succión por un decremento de la carga repentina. Por lo que la VET opera mejor controlando un pequeño recalentamiento constante en la salida del evaporador, sensando la temperatura del refrigerante para abrirla cuando esta sube, lo que indica que se tiene un gran recalentamiento en el refrigerante, entonces aumenta el flujo de refrigerante líquido para contrarrestar el recalentamiento del mismo al final del evaporador. Cuando el recalentamiento es mínimo o nulo a tal grado que el vapor del refrigerante va entre húmedo y saturado, quiere decir que hay probabilidad de paso de

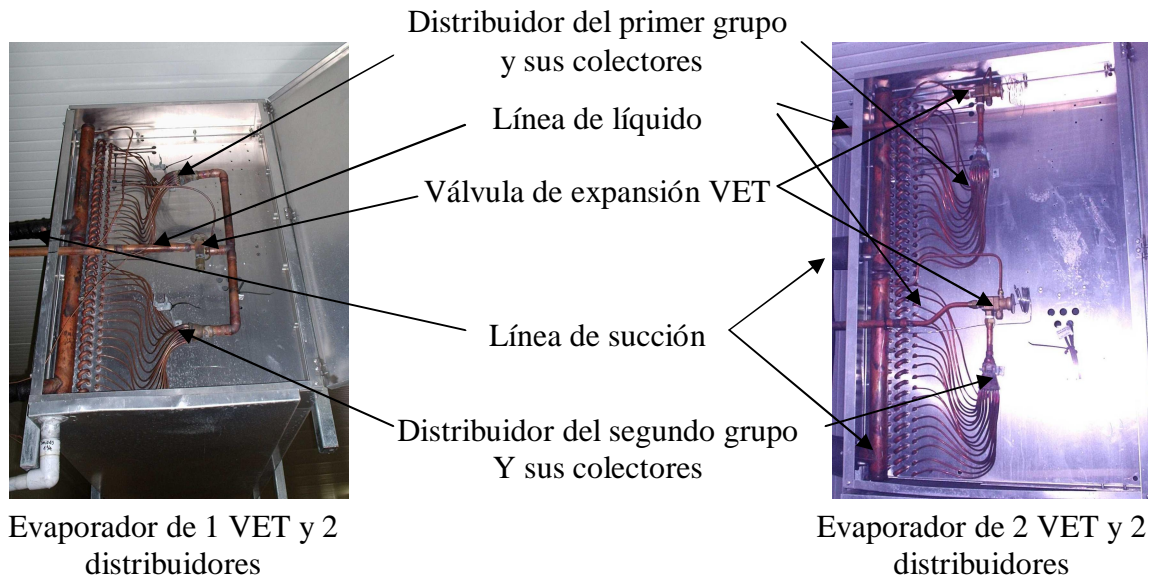
refrigerante líquido a la succión, esta hace que baje la temperatura del bulbo y con el la presión, disminuyendo la fuerza aplicada al fuelle de la VET produciendo el cierre de la misma, para restringir un poco el paso de refrigerante, para que este hierba adentro del evaporador y salga como mínimo en forma de vapor saturado o con un poco de recalentamiento del evaporador.

3.4.3 Distribuidor y nozzle (Restrictor de Orificio)

Es un accesorio que se utiliza en los evaporadores de gran superficie y sobre todo en aquellos evaporadores formados por varios circuitos colectores individuales, usados en particular con evaporadores de aire forzado. En si no es mas que una boquilla colocada a la salida de la VET, la cual va dispuesta con diversas tomas, que alimentan cada uno de los circuitos del evaporador, haciendo una distribución uniforme con la ayuda del regulador Nozzle, que es una ficha que trae una perforación en el centro que ayuda a regular y a ubicar el refrigerante en el centro del distribuidor para una homogénea distribución del refrigerante, en un grupo de colectores del evaporador.

Cuando se tiene un evaporador muy grande de alta capacidad de BTUH y el distribuidor no tiene los ñõ colectores individuales requeridos para dicha función, se puede usar una VET con dos distribuidores con su correspondiente Nozzle, para formar dos grupos de colectores en el mismo evaporador, o bien, se pueden poner dos VET con sus respectivos distribuidores completos, que hace que se formen siempre dos grupos de colectores en el evaporador, pero se tiene el problema de que su regulación se hace un poco dificultosa, por la distancia en que pueda quedar la VET y la longitud del tubo capilar de la misma, ya que esta debe de ubicarse a la salida común del evaporador, esta segunda opción es menos económica, pero a la larga viene siendo la mejor decisión como se muestra en la siguiente figura 45.

Figura 45 Ubicación de distribuidores y válvulas de expansión en un evaporador de gran capacidad con dos circuitos de fábrica



3.4.4 Ventiladores

Los ventiladores están hechos de materiales resistentes a la corrosión, de acero galvanizado y con un buen balance en su construcción, los cuales son de flujo axial y son equipados con 3, 4, 5 y 6 aspas dispuesto por el fabricante de acuerdo a la capacidad y CFM del evaporador requeridos. Están equipados con motores eléctricos auto-lubricados, gracias a sus rodamientos de bolas sellados que le dan características de confiabilidad en su servicio por un tiempo prolongado, permitiéndonos hacer una programación de mantenimiento por horas de servicio o temporada, los motores se pueden solicitar para trabajar con los siguientes voltajes al igual que el equipo de condensado.

- B= 208-230/1/60 Voltios
- C= 208-230/3/60 Voltios
- D= 460/3/60 Voltios
- E= 575/3/60 Voltios
- M= 460/1/60 Voltios

Estos voltajes son los estipulados por los fabricantes, para evaporadores que se instalen en el área industrial, los cuales vienen equipados con sus respectivos protectores contra manos.

3.4.5 Bandeja de condensado

Este es parte de la carcasa del evaporador, el cual esta construido de aluminio igual al gabinete, que viene equipado con thermoflex, que es una esponja que ayuda a reducir ruido y fugas de agua del evaporador, dándole una mayor vida de servicio.

3.4.6 Bornera de conexiones

En la mayoría de los modelos de evaporadores, tienen su conector de ventiladores en el gabinete de lado derecho, donde se hacen las correspondientes conexiones, aparte de los ventiladores también trae otra conexión para la resistencia eléctrica del deshielo, para aquellos evaporadores que se utilizan en la congelación de productos.

Puesta en marcha

El evaporador, solo requiere alimentación del condensador para encender los ventiladores y empiece a darse una circulación de aire, como también liberar el refrigerante líquido de la válvula de expansión para que se empiece a evaporar el refrigerante dentro del mismo y se inicie la absorción de calor del recinto. En sí, no requiere de muchos cuidados para su funcionamiento, esta conexión viene de la unidad condensadora que es la única que puede apagar los ventiladores en el caso de un tiempo de deshielo por la resistencia eléctrica (en algunos modelos para congelación), de lo contrario quedan trabajando permanentemente.

Aplicaciones

Como hay una gran gama de aplicaciones, se mencionan algunas de ellas las cuales son las más comunes en el comercio e industria:

- Cámaras o cuartos fríos en estaciones de servicio,
- En la conservación de frutas, verduras, huevos y otros,
- En almacenes refrigerados,
- En instalaciones de aire acondicionado de edificios,
- En enfriamiento de líquidos y otros

En donde cada uno de ellos se debe de tener presente la humedad relativa de los productos, para que de esta forma limitar los CFM de los evaporadores y que los productos no sean deshidratados, a no ser que se tenga un sistema humificador adecuado al producto en conservación, que cumpla con todas las características de sanitización para determinado producto.

4.

REFRIGERANTES

Definición

Es la propiedad que tiene cualquier fluido al que se le puede cambiar de estado de un líquido (alta presión) a un gas, puesto que el enfriamiento se obtiene por la evaporación de este líquido, el cual tiene ciertas características que dependen de las condiciones de carga en BTUH que se ven afectadas a la hora de escoger un refrigerante, como también la capacidad del equipo, puesto que si la carga que se quiere manejar es muy grande, se busca un refrigerantes que requiera de menos equipo y que tenga esa capacidad de trasferencia de calor como se detallará mas adelante, donde el consumo de energía eléctrica, la seguridad ante nuestro producto y el mantenimiento que requiera para su servicio, son algunos factores que se tienen que considerar para la elección de un refrigerante entre las cuales podemos mencionar:

- (1) Características de presión y temperatura
- (2) El calor latente de vaporización
- (3) El volumen específico y la densidad de vapor
- (4) El calor específico del líquido
- (5) Punto de ebullición
- (6) Temperatura y presión crítica
- (7) Efecto sobre el aceite lubricante
- (8) Propiedad de explosión o inflamación
- (9) Acción sobre los metales
- (10) Propiedades tóxicas y
- (11) Localización de fugas

Definiendo cada uno de estos factores, tenemos:

- (1) Características de presión y temperatura: El refrigerante en su punto de saturación cambia con la presión, por lo que se tienen seis condiciones para la selección de un refrigerante los cuales son:
 - a) Es conveniente que la presión a las condiciones de evaporación sea mayor que la atmósfera, ya que en caso de fugas se prefiere perder un poco de refrigerante a cambio de que entre humedad al equipo.
 - b) La presión de descarga no sea excesiva, para evitar usar un compresor muy grande en el lado de alta, el cual incurre en un mayor costo y consumo de energía eléctrica.
 - c) Se recomienda que la relación de compresión sea baja, puesto que la potencia requerida por el compresor aumenta directamente con la carrera de la cámara de compresión.
 - d) Que la temperatura del compresor no sea excesiva, para evitar la descomposición o dilución del aceite lubricante, formando sedimentos o ácidos que pueden dañar el compresor, accesorios y tubería de la unidad.
 - e) La presión de descarga del compresor no debe ser superior a la presión crítica del refrigerante.
 - f) La temperatura de evaporación no debe ser inferior a la temperatura de congelación del refrigerante.

- (2) El calor latente de vaporización: Es la cantidad de calor latente que el refrigerante absorbe por cada libra de vapor saturado. Lo cual quiere decir que con un mayor efecto de refrigeración se requiere de un menor flujo de masa de otro refrigerante para obtener una misma capacidad de enfriamiento, cualidad que nos ayuda a la utilización de equipos de menor capacidad y por ende tubería de menor diámetro.

- (3) El volumen específico y la densidad de vapor: Es el espacio que ocupa un refrigerante en estado de vapor, el cual debe de ser lo mas reducido posible.
- (4) El calor específico del líquido: El cual se requiere que sea bajo, puesto que puede dar lugar a una evaporación súbita en la VET, para convertirse en gas, puesto que con el tiempo de enfriar un líquido ó producto, disminuye su calor específico, por lo que se requiere menos gas de vaporización súbita, reduciendo el flujo total del refrigerante.
- (5) Punto de ebullición: El cual deberá ser bajo, para que sea siempre inferior a la temperatura de los productos que se depositen en el recinto para su conservación.
- (6) Temperatura y presión crítica: Es el punto en que los refrigerantes no se condensan por grande que sea la presión que se les aplique, presión crítica, temperatura que se conoce en este caso como punto crítico, factor que debe de tener un valor considerable para evitar el punto crítico de dicho refrigerante y que este no afecte las condiciones normales de refrigeración.
- (7) Efecto sobre el aceite lubricante: La lubricación, es importante en los compresores, por lo que se pretende de que el refrigerante no descomponga el aceite lubricante, ya que por excesos de calor este puede descomponerse.
- (8) Propiedad de explosión o inflamación: La mayoría de los refrigerantes no son explosivos a excepción de los hidrocarburos como el etileno y propano, que mas adelante se tratarán.
- (9) Acción sobre los metales: No deben atacar los metales empleados en las diversas piezas del equipo e instalación.
- (10) Propiedades tóxicas: No deben ser en ningún momento tóxicos y por consiguiente no deben ser nocivos para el cuerpo humano.
- (11) Localización de fugas: Que el refrigerante tenga características en base a su composición para detectar fugas que se produzcan en el sistema.

A continuación vemos la tabla VI, se proporcionan los datos físicos y de comportamiento comparativos de algunos refrigerantes.

Tabla VI Datos físicos y de comportamiento comparativos de los refrigerantes HCFC.

	12	22	114	290	500	502	717	1270
Nombre	Diclorodifluorometano	Monoclorodifluorometano	Diclorotetrafluorometano	Propano	Azeótropo, R-12/152a	Azeótropo, R-22/15	Amoníaco	Propileno
Fórmula química	CCl ₂ F ₂	CHClF ₂	C ₂ Cl ₂ F ₂	C ₃ H ₈	73.8% CCl ₂ F ₂ + 26.2% CH ₃ CHF ₂	48.8% CCl ₂ F ₂ + 51.2% CCl ₂ CF ₃	NH ₃	C ₃ H ₆
Peso Molecular	120.93	86.48	170.93	44.10	99.29	111.64	17.03	42.09
Temperatura de ebullición a 1 atm (°F)	-21.6	-41.4	38.4	-43.7	-28.0	-50.1	-28	-53.9
Temperatura de congelación a 1 atm (°F)	-252	-256	-137	-305.8	-254	a	-107.9	-301
Temperatura crítica (°F)	233.6	204.8	294.3	206.3	221.1	194.1	271.4	197.2
Presión crítica (lb/pulg ² abs)	597	716	474	617.4	631	618.7	1657	670.3
Densidad del líquido a 100°F	78.79	71.24	88.4	29.58	69.28	71.97	36.4	30.3
Volumen específico del vapor a 0°F	1.61	1.37	4.75	2.68	1.66	0.88	9.12	2.26
Calor específico del líquido a 100°F	0.240	0.313	0.249	0.6727	0.306	0.308	1.158	0.609
Carga del líquido pie lb/pulg ² a 100°F	1.84	2.04	1.65	4.89	2.10	1.98	3.96	4.74
Presión de saturación lb/pulg ² abs								
— 40°F	9.31	15.22	1.91	16.09	10.95	18.8	10.41	20.59
0°F	23.85	38.66	5.95	38.34	27.98	45.78	30.42	47.95
20°F	35.74	57.73	9.69	55.76	41.96	67.16	48.21	69.16
100°F	131.86	210.60	45.85	188.25	155.90	230.89	211.90	227.58
125°F	183.77	292.64	67.55	257.18	217.7	316.06	307.8	308.97
Conductividad térmica (k)	0.0490	0.0630	0.0437	0.0680	0.0530	0.0469	0.3350	0.0780
Líquido saturado, 0°F	0.0060	0.0068	a	0.0126	a	0.0071	0.0180	0.0116
Vapor saturado, 100°F								
Viscosidad - centipoise								
Líquido saturado, 0°F	0.3133	0.2670	0.5984	0.1575	0.2623	0.2728	0.2282	0.1253
Vapor saturado, 100°F	0.0132	0.0140	0.0121	0.0091	0.0130	0.0142	0.0117	0.0096
Ciclo básico: 0°F/100°F								
Efecto de refrigeración, Btu/lb	46.2	65.2	38.1	108.2	55.8	40.1	457	115.4
Líquido circulado lb/min-tonelada	4.33	3.07	5.25	1.85	3.58	4.98	0.438	1.73
Flujo volmétrico PCM/Tonelada	6.97	4.20	24.93	4.95	5.95	4.38	3.99	3.93
C.O.P.	3.66	350	3.62	3.42	3.50	3.26	3.62	3.43
Grupo de seguridad - Clasificación U.L.	6	5a	6	5b	5a	5a	2	5a
Grupo de seguridad - ANSI B3.1	1	1	1	3	1	1	2	3
Capacidad explosiva (% en volumen)	No inflamable	No inflamable	No inflamable	2.3—7.3	No inflamable	No inflamable	16—25	2.0—10

Tipos de refrigerantes y marcas

Composición de refrigerantes

En los sistemas de compresión de vapor, tenemos los halocarburos, amoníaco y los hidrocarburos. Todos los refrigerantes se le designa por un sistema uniforme de codificación numérica, como R-11, R-12, R-502, R-717 y R-22, este último es el refrigerante que se utiliza para el mantenimiento de frutas y vegetales en alta temperatura, sobre todo cuando son grandes cargas de refrigeración las que se manejan, este refrigerante, comercialmente podemos encontrarlo como Freón 22, Genetron 22, Isotron 22 y Ucon 22 y otras marcas las cuales se distribuyen en otras regiones como Europa. Los refrigerantes son sustancias químicas, que en el caso del R-22, su nombre químico es monoclorodifluorometano, no inflamable, este es un refrigerante del grupo de los halocarburos que son derivados de los hidrocarburos (compuestos de hidrógeno y carbono), más elementos halógenos como el cloro y el flúor, por lo que también se les conoce como Fluorocarburos, los cuales son de baja toxicidad, no son inflamables y poseen una estabilidad química.

De estos refrigerantes, hay uno que da las características de temperatura y presión para casi cualquier aplicación, los cuales son ampliamente utilizados en compresores recíprocos.

El R-22 tiene un volumen específico más bajo y un mayor calor latente de vaporización que el R-12, a la misma temperatura de evaporación, razón por la cual en este caso el R-22 nos permite hacer uso de un compresor de menor tamaño, que el utilizado con el refrigerante R-12, para una misma carga BTUH en alta temperatura, ya que el R-22 no es recomendable para bajas temperaturas comerciales por su presión y temperatura que ocasionara una descarga excesiva.

En cambio el refrigerante R-502, es una mezcla del R-22 y R-115, el cual es un azeótropo, que no es mas que una mezcla de refrigerantes que se comporta como si fuera una sola sustancia homogénea, la cual tiene un bajo volumen específico, por lo que se puede usar para sustituir al R-12, de esta forma tenemos la posibilidad de utilizar un compresor de menor capacidad, con las características de presión y temperatura que se prestan para utilizarse en la gama de bajas temperaturas, a diferencia del R-22. Entre los parámetros de temperatura en refrigeración, se dividen en tres grupos entre los cuales tenemos:

- a) Alta temperatura, en el rango de + 7°C a 615°C
- b) Media temperatura, en el rango de ó 5°C a 615°C
- c) Baja temperatura, en el rango de ó20°C a 637°C

La desventaja de los fluorocarburos, es que son refrigerantes que están compuestos por el flúor, el cual es nocivo para la capa de Ozono, Ozono que filtra el exceso de la radiación solar ultravioleta al planeta, cuya destrucción afecta la vida de todos ser viviente.

El amoníaco conocido como R-717 es un refrigerante tóxico y explosivo en ciertas concentraciones, por lo que limita sus aplicaciones por las restricciones de seguridad en la industria, el R-717, tiene un bajo volumen específico y un alto calor latente de vaporización en comparación con los halocarburos como el R-22, lo que da lugar a la utilización de equipos de menor tamaño en comparación a los de un equipo con R-22 o una unidad que sustituya la capacidad de varias unidades de R-22. El amoníaco, es un producto químico de menor costo en comparación a la mayoría de otros refrigerantes, los cuales se hacen significativos en sistemas de gran tamaño, cuyos compresores no trabajan por compresión sino por absorción, el cual otro tipo de equipos para las industrias que manejan altas capacidades de toneladas frigoríficas.

Los refrigerantes catalogados como Hidrocarburos, tales como el R-170, R-290, R-600, R-601 y R-1150 son refrigerantes muy inflamables y explosivos, aún en bajas concentraciones, lo que limita en extremo su utilización como refrigerantes, estos hidrocarburos son utilizados en las plantas petroquímicas y refinerías de petróleo, los cuales poseen características similares a los halocarburos.

Marcas

En el mercado podemos encontrar refrigerantes halocarburos que son los que tratamos como más frecuencia, en la figura 46 se puede observar la presentación de un cilindro de 25 libras de R-22.

Figura 46 Presentación de cilindros con R-22, los cuales pueden ser de 15, 25 y 35 libras de refrigerante



Aplicaciones

A continuación se presentan algunas recomendaciones para el manejo de algunos refrigerantes, cuya información más detallada puede ser solicitada a su distribuidor mas cercano.

Figura 47 Varios refrigerantes con sus aplicaciones y reemplazos



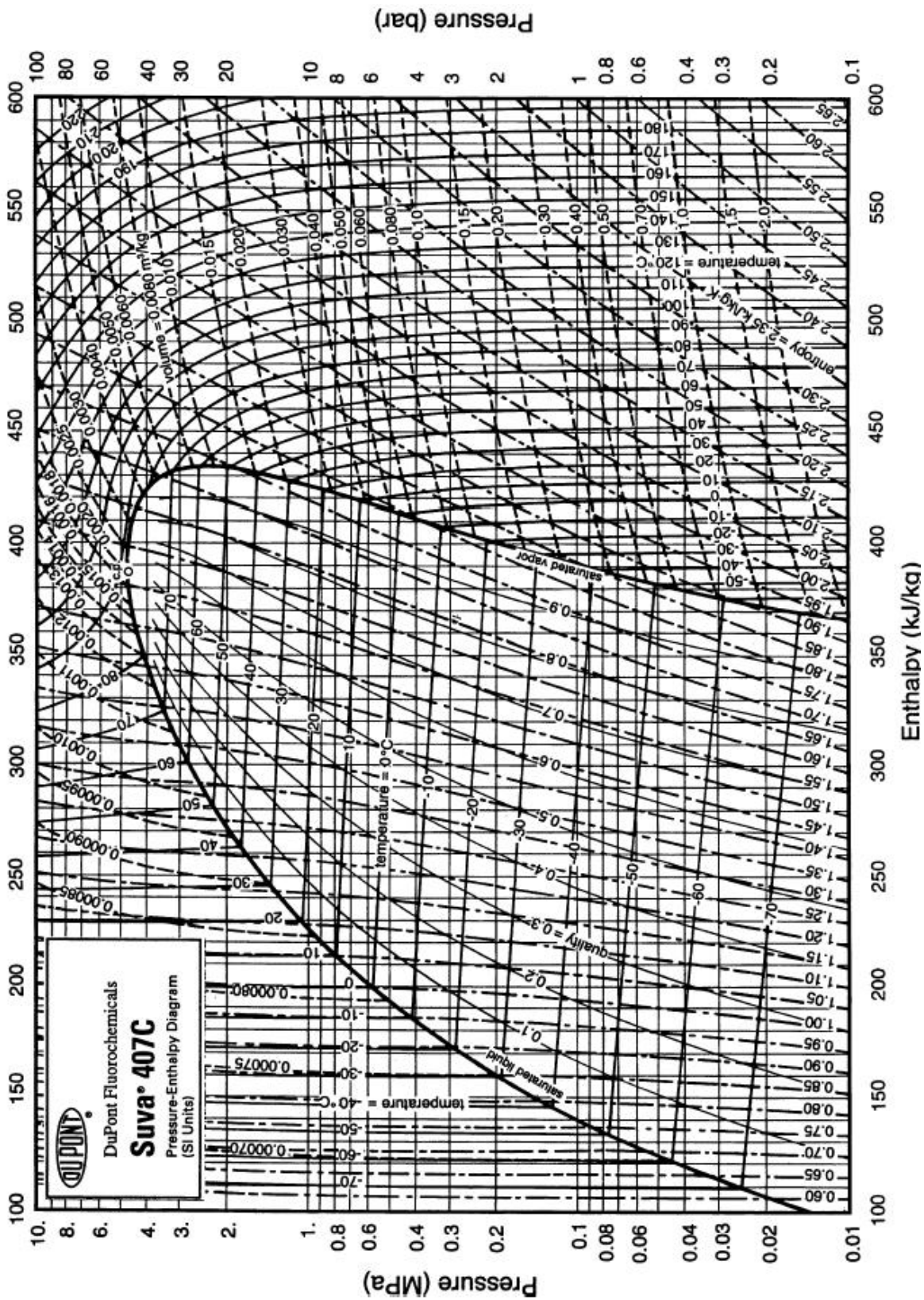
REFRIGERANTE HCFC	Kgs por cilindro	APLICACIÓN	REEMPLAZOS CFC
R11	13,6	Limpieza de sistemas de aire acondicionado centrífugos.	R-123
R12	13,6	Refrigeración doméstica. Refrigeración Industrial.	R-401A R-409A R-401B
R22	13,6	Aire acondicionado, Refrigeración Comercial, Refrigeración Industrial.	R-410A R-407C
R502	13,6	Baja temperatura Refrigeración Comercial, Refrigeración Industrial	R-404A R-507 R-408A R-402B
R134a	13,6	Reemplazo ecológico para R12. Aire acondicionado, Refrigeración doméstica.	
R404A	10,9	Reemplazo ecológico de R-502 Refrigeración Comercial, Refrigeración industrial	

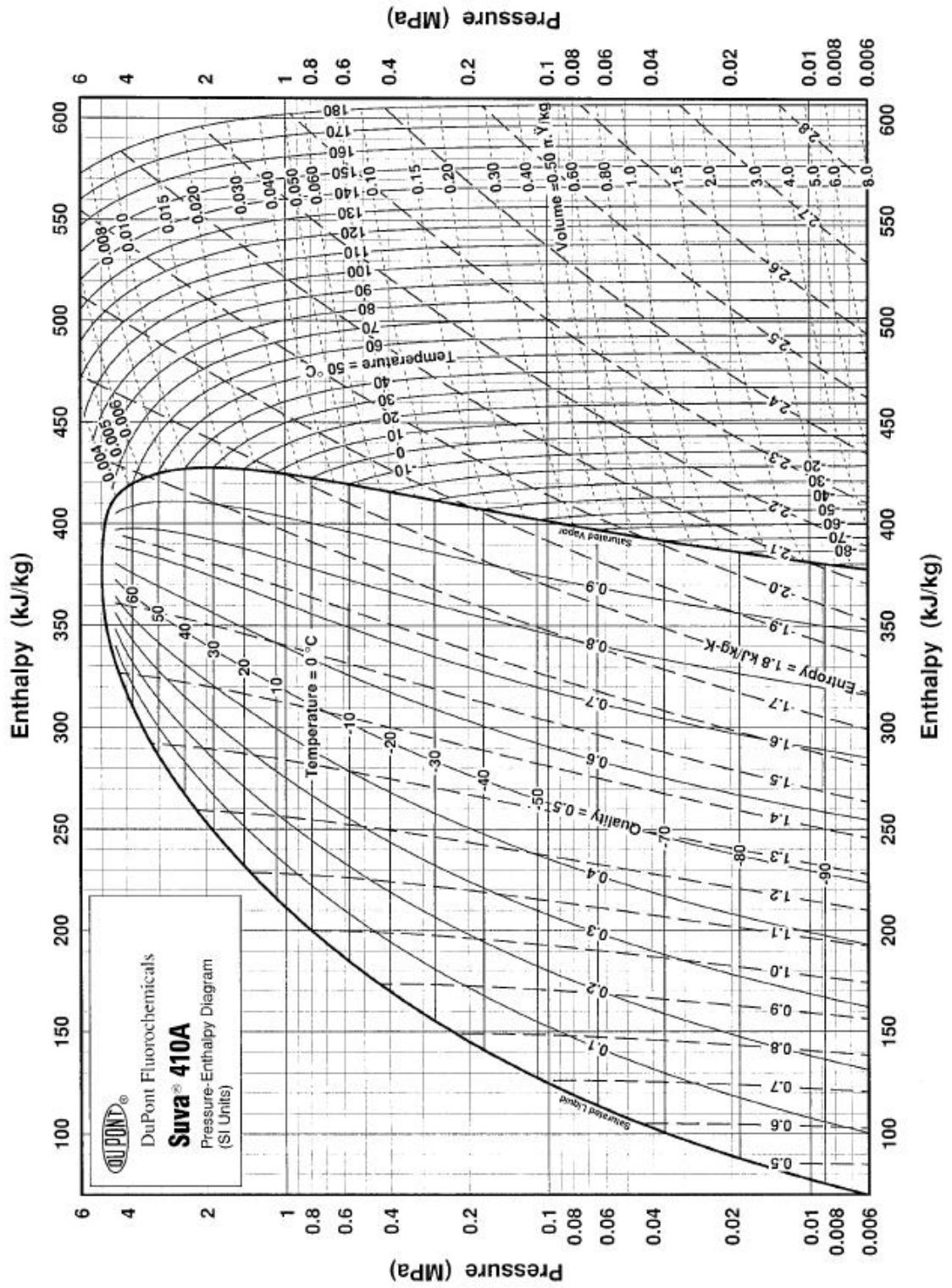
En el tema de seguridad, en la figura 47, se presentan varios refrigerantes CFC para diversas aplicaciones, en caso de accidente en la manipulación de estos se presentan las siguientes recomendaciones:

- a) Ojos : Enjuagar inmediatamente con abundancia de agua por lo menos durante 15 minutos. Manténgase el ojo bien abierto mientras se lava. En el caso de molestias prolongadas acudir a un médico.

- b) Piel: Gas licuado, Puede causar congelación. Lavar la parte congelada con agua abundante. No quitar la ropa. Lavar con agua caliente. Si continúa la irritación de piel, llamar al médico.
- c) Inhalación: Salga a respirar aire fresco si ha inhalado accidentalmente los vapores. Oxígeno o respiración artificial si es preciso. No aplicar la respiración artificial si el paciente respira. Consultar a un médico después de una exposición importante. No dar adrenalina o drogas similares.
- d) Ingestión: No provocar vómitos sin consejo médico. Llámese inmediatamente al médico. No administrar drogas del grupo de las adrenalinas-efedrinas.
- f) Consejo general: Consultar a un médico después de una exposición importante.
- g) Manipulación: Manténgase separado del calor y de las fuentes de ignición. No pinche ni deje caer el envase. Disponer de la suficiente renovación del aire y/o de extracción en los lugares de trabajo.
- h) Almacenamiento: Mantener los envases herméticamente cerrados en un lugar fresco y bien ventilado. Almacenar en una zona fresca y protegida del sol. No exponer a temperaturas superiores a 50 °C. Manténgase perfectamente cerrado.

Teniendo presente estas recomendaciones, se proporcionan los diagramas de mollier del refrigerante R-407C, R-410 A, los cuales son sustitutos del R-22 con el objeto de comparación, los cuales contienen la información ya expuesta anteriormente solo que de una forma gráfica. Además se proporcionan los diagramas presión-entalpía del R-12, R-717 y otros, si se necesita el diagrama de algún otro refrigerante, puede solicitarlo a su distribuidor de refrigerantes o directamente al fabricante quién le proporcionara las especificaciones de sus productos para tener un mejor manejo de los mismos.





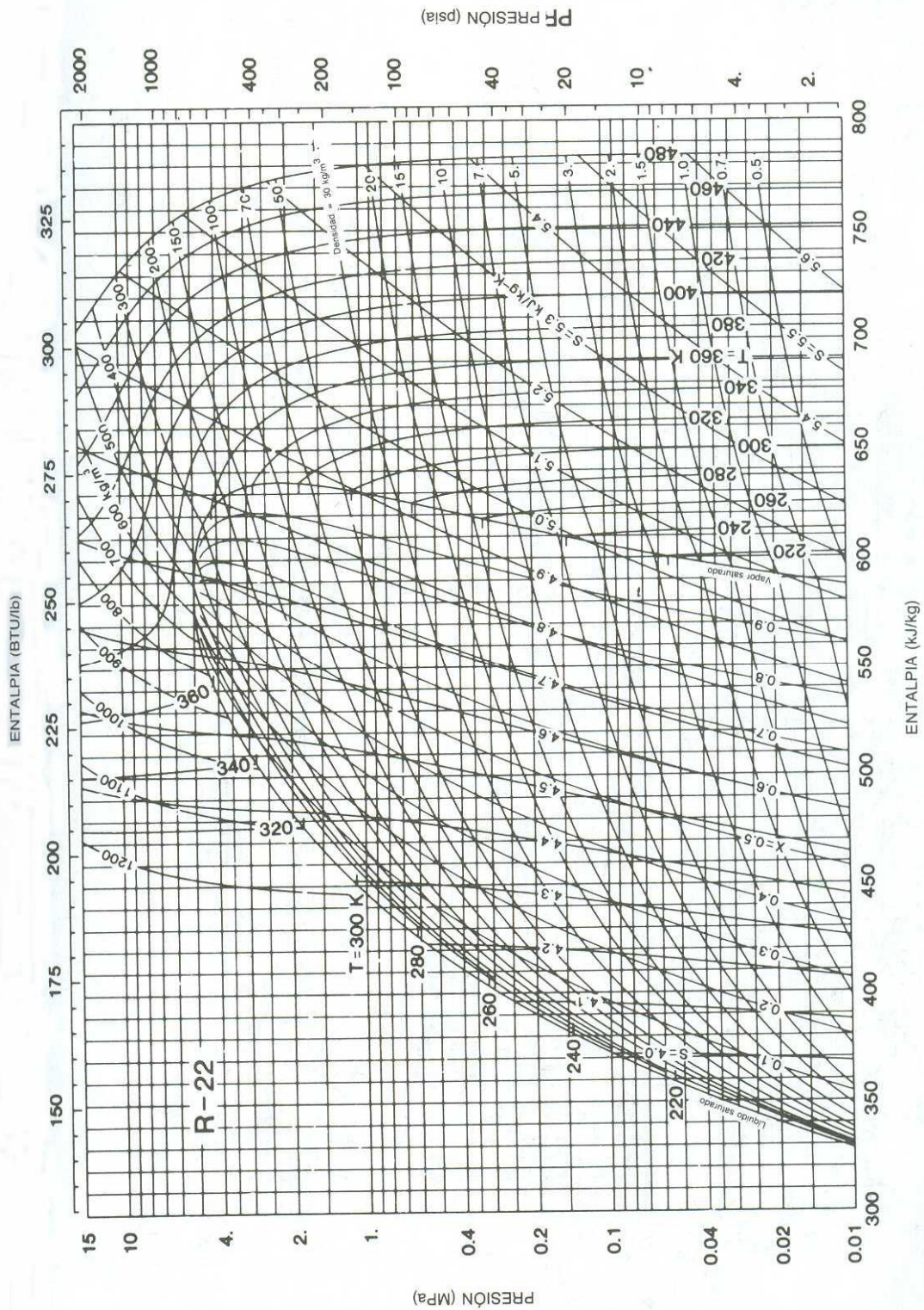


Figura A.7 Diagrama de presión - entalpía para el Refrigerante 22 (unidades del sistema inglés). (Reproducido de *Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory*, 1981, con autorización).

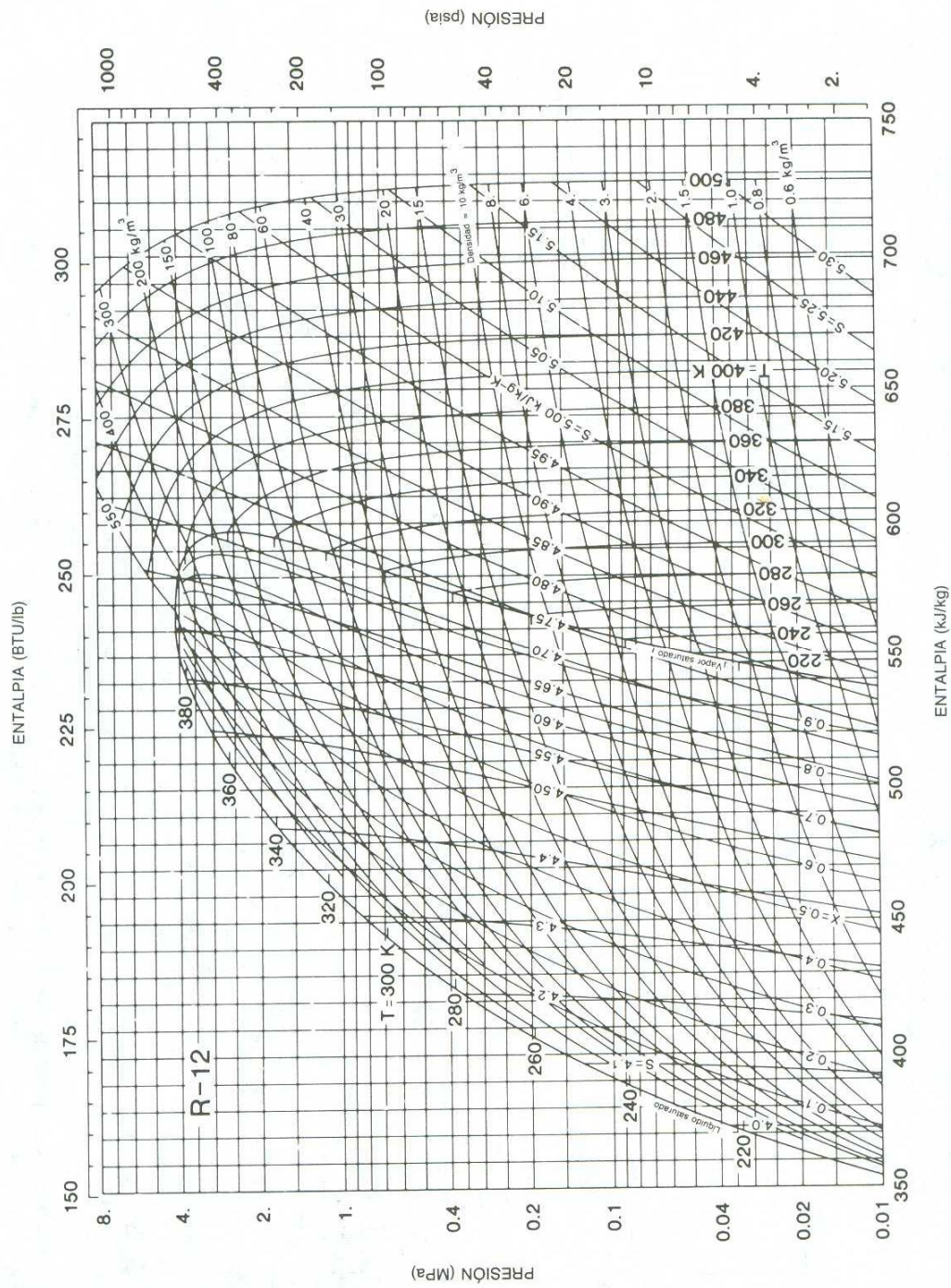


Figura A.6 Diagrama de presión - entalpía para el Refrigerante 12 (unidades del sistema inglés). (Reimpreso de Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory, 1981, con autorización).

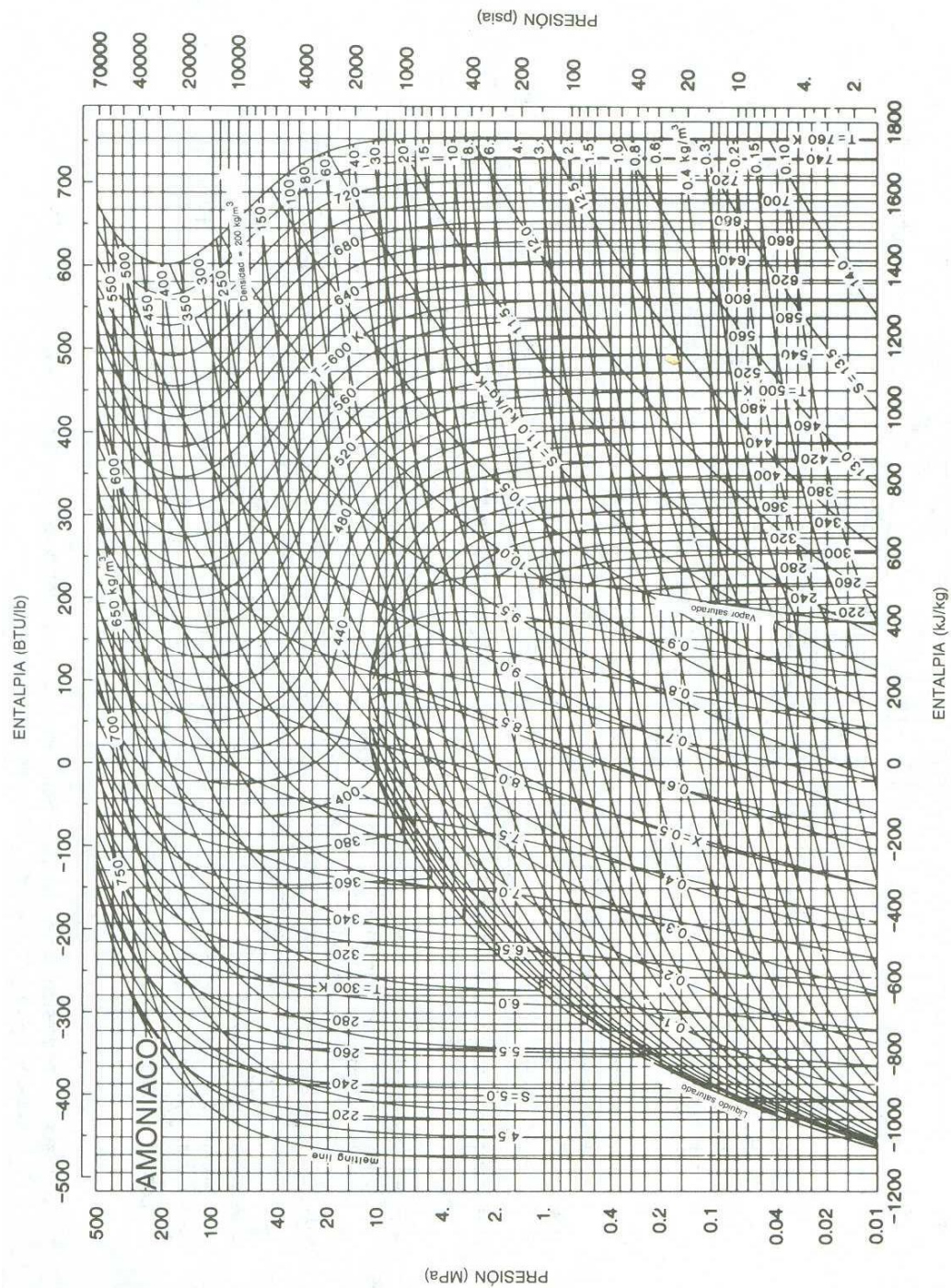


Figura A.8 Diagrama de presión entalpía del amoniaco (unidades del sistema inglés). (Reproducido de *Fundamentals ASH-RAE Handbook & Product Directory*, 1981, con autorización).

Como información adicional, en la tabla VII, se procede a informar del punto de ebullición en °C de la mayoría de refrigerantes del grupo de halocarburos hasta los de base de hidrocarburos.

En la tabla VII, nos ayuda a entender en cierta forma el comportamiento de algunos refrigerantes cuya información en combinación a la de la tabla VI, se aprecia las diferencias que se tienen los diferentes refrigerantes, para poder tener una mejor idea de que refrigerante se puede utilizar en base a las dimensiones y condiciones de nuestra carga en BTUH a manejar, pero hay que tener presente la composición química de estos, ya que las medidas de seguridad entre ellos sean las mismas, sobre todo en el tema toxicidad e inflamabilidad, ya que algunos son tóxicos para el ser humano y alimentos, y otros son altamente inflamables por lo que se deben de considerar ambas situaciones a la hora de seleccionar uno de estos refrigerantes.

Otros factores que influyen en la selección de los refrigerantes, es la disposición del lugar donde se hará la instalación de estos equipos, que es un factor determinante ya que se debe de contar con fuentes de alimentación eléctrica, de un estudio de contaminación al medio ambiente, que incurren en un incremento económico elevado en la inversión tanto del inmueble como de la maquinaria a utilizar, las cuales deben ser compatibles con la seguridad que se desea tener en nuestra industria, estos factores se detalla en el capítulo de seguridad.

Tabla VII Nombre, fórmula química, y punto de ebullición de los refrigerantes hidroclorofluorocarbonos hasta los de base de hidrocarburos

Denominación simbólica numérica	Nombre químico común	Fórmula química	Punto de ebullición °C
R-11	Tricloromonofluorometano	CCL_3F	23.8
R-12	Diclorodifluorometano	CCL_2F_2	-29.8
R-13	Monoclorotrifluorometano	CCLF_3	-81.5
R-131B1	Monobromotrifluorometano	CBrF_3	-58
R-21	Dicloromonofluorometano	CHCl_2F	8.92
R-22	Monoclorodifluorometano	CHClF_2	-40.8
R-113	Triclorotrifluoroetano	$\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$	47.7
R-114	Diclorotetrafluoroetano	$\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$	3.5
R-115	Monocloropentafluoroetano	C_2ClF_5	-38.7
R-C318	Octafluorociclobutano	C_4F_8	-5.9
R-500	R-12 (73.8%) + R-152 (26.2%)	$\text{CCl}_2\text{F}_2/\text{C}_2\text{ClF}_5$	-28
R-502	R-22 (48.8%) + R-115 (51.2%)	$\text{CHClF}_2/\text{C}_2\text{ClF}_5$	-45.6
R-744	Anhídrido carbónico	CO_2	-78.5
R-717	Amoníaco	NH_3	-33.3
R-30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH_2Cl_2	40.1
R-40	Cloruro de metilo	CH_3Cl	-24
R-611	Formato de metilo	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	31.2
R-764	Anhídrido Sulfuroso	SO_2	-10
R-160	Cloruro de Etilo	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	12.5
R-1130	Dicloroetileno	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$	48.5
R-170	Etano	C_2H_6	-88.6
R-290	Propano	C_3H_8	-42.8
R-600	Butano	C_4H_{10}	0.5
R-601	Isobutano	$(\text{CH}_3)_3\text{CH}$	-10.2
R-1150	Etileno	C_2H_4	-103.7

En la tabla VIII, se adjunta la información de algunos de los refrigerantes que llegaran a ser los reemplazos de los HCFC, las cuales también pueden ser utilizados en cualquier aplicación que se requiera en refrigeración, para diferentes aplicaciones en vehículos de transporte, automotriz, procesamiento de alimentos, refrigeración industrial, comercial y de supermercados. Estos refrigerantes, tienen un índice bajo de destrucción de la capa de Ozono, el cual es el principal objetivo de estos nuevos refrigerantes los cuales han sido aprobados por UL, en algunos casos los nuevos refrigerantes son reemplazo directo de los HCFC, que hace mas fácil la reconversión de los equipos, en otros casos hay que cambiar algunos accesorios e inclusive el compresor, en la tabla VIX, se da presión de ebullición.

Tabla VIII Algunas propiedades de algunos refrigerantes CFC

Características	Refrigerantes						
	R123	R134a	R404A	R704C	R408A	R409A	R410A
Peso molecular promedio	152.9	102	97.6	86.2	87	97.4	72.6
Punto de ebullición a 1 atm	82.1	-14.9	-57.5	-46.1	-47.9	-30.1	-61.6
Densidad de vapor saturado en el punto de ebullición	0.4	0.33	0.34	0.29	0.3	0.31	0.26
Densidad del líquido saturado a 77 °F	91.29	75.31	65.17	71.12	66.31	75.91	67.66
Temperatura crítica	362.8	214	161.6	187.2	182.6	224.2	162
Presión crítica	532.9	589.8	539.5	690.1	629.5	667.2	713
Calor latente de evaporación en el punto de ebullición	73.7	92.8	86	107.4	97.6	94.6	116.7
Calor específico del líquido a 77°F	0.23	0.34	0.39	0.38	0.37	0.3	0.44
calor específico del vapor a 1 atm	0.16	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.17
Deslizamiento de temperatura	0	0	1.5	10.5	1.2	14.4	0.2
Límites de flamabilidad en aire	no inflamable	no inflamable	no inflamable	no inflamable	no inflamable	no inflamable	no inflamable
Potencial de destrucción del Ozono	0.014	0	0	0	0.026	0.05	0
Potencial de calentamiento terrestre del halocarbono	0.02	0.33	0.96	0.34	0.77	0.38	0.34
Clasificación de seguridad de ASHRAE	B1	A1	A1/A1	A1/A1	A1/A1	A1/A1	A1/A1
Nivel ambiental de exposición en el sitio de trabajo en base a 8 horas promedio	10 ppm	1000ppm	1000ppm	1000ppm	1000ppm	1000ppm	1000ppm

Fuente: Forane, ATOFINA CHEMICALS, INC. QUÍMICOS FLUORINADOS, 2000. pág 11

Tabla IX Información de presión y temperatura de algunos refrigerantes CFC

Temperatura en °F	R408A presión líquido	R404A presión líquido	R409A presión líquido	R409A presión vapor	R704C presión líquido	R704C presión vapor}	R410A presión líquido
-50	1.6	0.6	12.4	17.2	2.9	11.4	3.5
-45	1.1	2.7	9.7	15.2	0.4	8.5	8.5
-40	3.3	5.0	6.8	13.1	2.5	5.2	11.6
-35	5.6	7.6	3.5	10.7	4.8	1.5	14.9
-30	8.2	10.4	0.0	8.1	7.3	1.3	18.5
-25	11.0	13.4	2.0	5.1	10.1	3.6	22.5
-20	14.1	16.8	4.1	1.9	13.1	6.1	26.9
-15	17.5	20.5	6.5	0.8	16.5	8.8	31.7
-10	21.2	24.5	9.0	2.8	20.1	11.9	36.8
-5	25.2	28.8	11.8	4.9	24.0	15.2	42.5
0	29.5	33.5	14.8	7.2	28.3	18.9	48.6
5	34.2	38.6	18.1	9.7	33.0	22.9	55.2
10	39.3	44.0	21.7	12.5	38.0	27.3	62.3
15	44.8	49.9	25.5	15.4	43.5	32.0	70.0
20	50.7	56.2	29.6	18.7	49.3	37.2	78.3
25	57.0	63.0	34.0	22.2	55.7	42.7	87.3
30	63.7	70.3	38.7	26.0	62.5	48.7	96.8
35	71.0	78.1	43.8	30.1	69.8	55.2	107.0
40	78.7	86.4	49.2	34.5	77.6	62.1	118.0
45	87.0	95.2	54.9	39.2	86.0	69.5	129.7
50	95.8	104.7	61.0	44.3	94.9	77.5	142.2
55	105.1	114.7	67.6	49.8	104.5	86.0	155.5
60	115.1	125.3	74.5	55.6	114.6	95.1	169.6
65	125.6	136.6	81.8	61.9	125.4	104.8	184.6
70	136.8	148.6	89.5	68.6	136.9	115.2	200.6
75	148.7	161.2	97.7	75.8	149.1	126.2	217.4
80	161.2	174.6	106.4	83.4	162.1	137.8	235.3
85	174.4	188.8	115.5	91.5	175.8	150.2	254.1
90	188.4	203.7	125.2	100.2	190.2	163.4	274.1
95	203.1	219.4	135.3	109.4	205.5	177.4	295.1
100	218.7	235.9	146.0	119.2	221.6	192.1	317.2
105	235.4	253.4	157.2	129.6	238.5	207.8	340.5
110	252.1	271.7	169.0	140.6	256.4	224.4	365.0
115	270.2	290.9	181.4	152.3	275.1	241.9	390.7
120	289.1	311.1	194.4	164.7	294.7	260.5	417.7
125	308.9	332.3	208.0	177.8	315.2	280.1	445.9
130	329.7	354.5	222.3	191.6	336.7	300.9	475.6
135	351.5	377.8	237.2	206.3	359.2	322.9	506.5
140	374.3	402.2	252.9	221.8	382.6	346.2	539.0
145	398.1	427.7	269.3	238.2	407.0	370.8	572.8

Fuente: Forane, ATOFINA CHEMICALS, INC. QUÍMICOS FLUORINADOS, 2000. Pág 12

5. TUBERÍA DE REFRIGERACIÓN

5.1 Definición

El tipo de tubería de cobre descrito aquí, es de tipo L, el adecuado para instalaciones de refrigeración, sobre todo para su utilización en general de refrigerantes halocarburos, como el R-12, R-502 y R-22.

Las tuberías son el medio que conduce el refrigerante entre el evaporador y equipos del condensador, cuyos fabricantes se encargan del diseño e instalación del sistema de tuberías que integran los equipos que se soliciten dentro de la unidad condensadora en el momento de emitir la orden de compra. No cualquier tubería de cobre se puede usar en refrigeración, puesto que no prestan dichas características como las que pueden ser:

- (1) Proveer el flujo adecuado de refrigerante.
- (2) Evitar una excesiva caída de presión al flujo de refrigerante.
- (3) Evitar la entrada de humedad al sistema, ya que esto producen ácidos que destruyen al cobre en combinación con los refrigerantes.
- (4) Resistencia a las presiones que se manejan en un sistema frigorífico .
- (5) Que tenga una buena conductividad, ya que su propósito es la transferencia de calor.

El diámetro de la tubería es la que define la no restricción del flujo del refrigerante, por lo que se debe de seleccionar el diámetro adecuado para dicho propósito, teniendo presente que mientras mayor diámetro tenga la tubería de cobre, menos pérdidas habrán en el sistema, pero su costo se incrementa considerablemente, aún así, tenemos que

instalar la tubería de diámetro requerido por la distancia entre equipos para lograr que nuestro sistema brinde un servicio con un 100% de eficiencia, reduciendo de esta forma el consumo de energía lo que hace rentable la inversión del diámetro de tubería recomendado.

Por lo tanto, en nuestra instalación se debe de determinar la mínima longitud de tubería para evitar las caídas considerables de presión que se originan por la utilización de tubería con diámetro muy pequeño, cuyo remedio es el de aumentar el diámetro de la misma, para contra restar esa pérdida de energía, ya que de no corregirse, se hace necesario un aumento en la potencia del compresor.

Un exceso de caída de presión en la línea de líquido, puede dar lugar a la formación de gas de vaporización súbita en la válvula de expansión termostática (VET), que causará un funcionamiento errático del equipo, en donde el refrigerante sobrecalentado puede diluir el aceite, haciendo que la lubricación sea ineficiente y que en la línea de gas caliente se formen capas de aceite en la superficie interna de la tubería, la cual forma una capa de aislante que evita el enfriamiento de este gas en el condensador, bajando su eficiencia en un 40 a 60%, a pesar que la unidad condensadora en su construcción cuenta con una relación adicional de 1.4 la transferencia del calor absorbido por los evaporadores, este mismo efecto se produce cuando el condensador esta muy contaminado en sus serpentines por los sedimentos que se incrustan en las paredes de la tubería que la conforman.

5.2 Tipos de tubería

En tubería de cobre, hay una variedad de temple que se le da a esta tubería, las cuales les da sus propias características para usos específicos en la industria y comercios, dicha tubería de cobre puede ser rígida y flexible, cuyas presentaciones son

de 6.10 metros para la tubería rígida y de 15.24 a 18.30 metros en rollos de tubería flexible, como se presenta en la tabla X.

Tabla X Diferentes tipos de tubería de cobre.

tipo/temple	logitud de tramo (m)	campo de aplicación
"M" Rígido	6.1	En instalaciones hidráulicas de agua fría y caliente para casas y edificios habitacionales y comerciales, en general donde las presiones de servicio son normales. Disponible en diámetros comerciales de 3/8" a 4". Identifíquelo por sus letras rojas
"L" Rígido	6.1	Se ocupa en instalaciones de gas, tomas domiciliarias, redes de agua fría y caliente, en líneas principales de edificios de gran altura o que requieran de bastante presión. Disponible en diámetros comerciales de 3/8" a 4". Se identifica por el azul de sus letras
"K" Rígido	6.1	Por sus características se recomienda en instalaciones de tipo industrial en la conducción de líquidos y gases en condiciones severas de presión y temperatura. Disponible de 3/8" a 2". Sus letras son verdes.
"L" Flexible	18.3	Se utiliza en tomas domiciliarias, tendidos de redes en el subsuelo, instalaciones de gas y aire acondicionado entre otros. En diámetros nominales de 1/4" a 1".
Refrigeración	15.24	Se recomienda en instalaciones especiales de refrigeración. Esta tubería se caracteriza por ser deshidratada y por tener sus puntas selladas. Se puede encontrar en diámetros de 1/8" a 3/4".
Usos Generales	15.24	En instalaciones de gas, tomas domiciliarias, redes de agua fría y caliente. En líneas principales de edificios de gran altura o que requiera de gran presión. Se encuentra de 1/8" a 3/4" de diámetro.

Las cualidades particulares de la tubería de cobre, utilizada en refrigeración las citamos en la figura 48, donde se puede ver su apariencia y calidad de manufactura.

Figura 48 Cualidades de la tubería de cobre para refrigeración



Tubería rígida

- Deshidratada, especial para refrigeración
- En tiras de 5.8 y 6.0 metros
- Medidas desde 3/8" hasta 3 5/8", la cual viene sellada al vacío, para evitar impurezas en su interior



Tubería en rollos

- Deshidratada, especial para refrigeración
- Rollos de 15.24 metros de largo
- Medidas desde 1/8" hasta 7/8"

El tubo de cobre es uno de los elementos más utilizados en la refrigeración, ya que es el que suministra el transporte del refrigerante en forma de líquido y vapor. El mantenimiento de la tubería depende en gran parte del funcionamiento de la planta, por lo que se debe de tener un gran cuidado en lo que es limpieza de las instalaciones y en la calidad de los suministros, para evitar la humedad, suciedad y oxidación, factores que son los enemigos de la tubería y accesorios de todo el sistema del equipo de refrigeración. Por tal razón la manufactura de los tubos de cobre destinados para el uso de refrigeración cumplen con las más altas exigencias de calidad en base a especificaciones de las normas ASTM B-88 y NCH 951

- a) Tubo sin costura,
- b) Material homogéneo y sin fallas,
- c) Diámetro exterior precisamente calibrado,
- d) Interior del tubo limpio y seco con una superficie perfectamente lisa y
- e) Finales del tubo cerrados al vacío y protegido.

En la siguiente tabla XI, podemos ver los diferentes diámetros de tubería tipo òLò en donde se mencionan los diámetros interiores y exteriores de la tubería rígida y flexible.

Tabla XI Diámetros externos, internos y peso de tubería rígida y flexible tipo L

Diámetro exterior	Diámetro exterior	Diámetro interior	Pared	Peso	
pulg.	mm	mm	mm	kg/m	lbs/pie
1/4	6.350	5.08	0.630	0.101	0.068
3/8	9.525	8.00	0.762	0.188	0.131
1/2	12.700	10.92	0.893	0.296	0.199
5/8	15.875	13.84	1.017	0.424	0.285
3/4	19.050	16.92	1.065	0.538	0.362
7/8	22.225	19.94	1.142	0.676	0.455
1 1/8	28.575	26.03	1.272	0.975	0.656
1 3/8	34.925	32.14	1.397	1.316	0.884
1 5/8	41.275	38.23	1.522	1.699	1.142
2 1/8	53.975	50.42	1.777	2.605	1.751
2 5/8	66.675	62.61	2.032	3.689	2.480
3 1/8	79.375	74.80	2.287	4.952	3.328
3 5/8	92.075	86.99	2.542	6.392	4.296
4 1/8	104.775	99.19	2.792	7.997	5.375
Tubos flexibles de 15 metros					
pulg.	mm	mm	mm	kg/m	lbs/pie
1/4	6.35	4.75	0.8	0.124	0.832
5/16	7.94	6.34	0.8	0.160	1.107
3/8	9.53	7.73	0.9	0.214	0.144
1/2	12.70	10.90	0.9	0.298	0.200
5/8	15.87	14.08	0.9	0.378	0.254
3/4	19.05	17.05	1.0	0.505	0.340

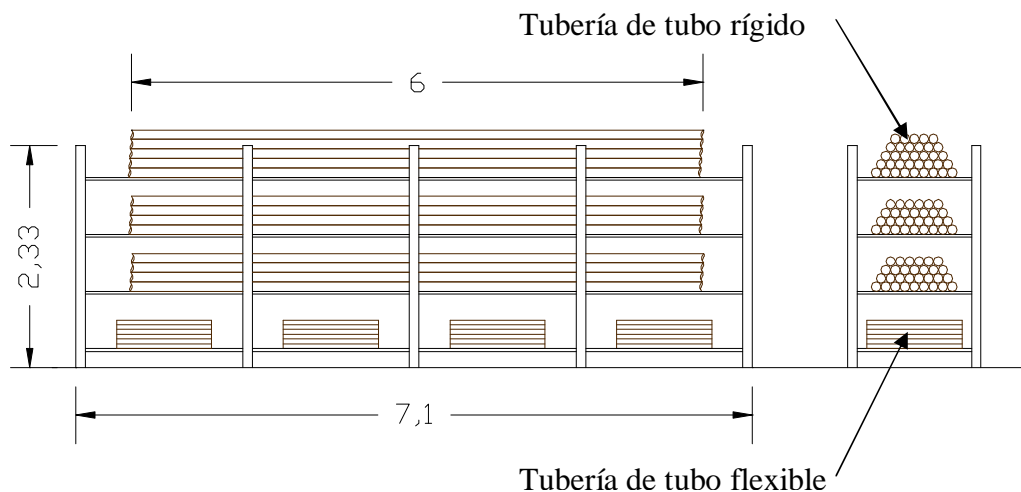
Fuente: Curso de Aire Acondicionado y Refrigeración de la USAC.

Los tubos rígidos son estirados en frío con una dureza brinell de 65 ó 85 kg/mm², lo cual les da sus propiedades de dureza y conservando su tenacidad, pero aún así, se requiere de que la tubería de este tipo se instale con soportes fijos. La dureza de los

rollos de tubo flexible, es de 40 ó 55 kg/mm² en dureza brinell.

La tubería tipo L, viene deshidratada en su interior, inyectándosele nitrógeno seco como gas inerte, para su conservación por lo que se debe ver que el tubo tenga sus cápsulas de plástico en los extremos, las cuales son garantía de su hermeticidad. Los tubos de cobre se deben de cuidar bien, mediante un adecuado almacenaje, para evitar que se flexionen al dejarlos en superficies irregulares y mas aún si se dejan inclinados entre el piso y una pared. Lo mas conveniente, es fabricar un estante en donde se puedan acondicionar los tubos rígidos sobre tablas de madera, a modo de formar una superficie plana y horizontal, como se muestra en la figura 49 y a la vez los rollos de tubo flexible, teniendo el cuidado de que cada uno de ellos tengan sus cápsulas de sellado.

Figura 49 Esquema de un estante para el almacenaje de tubería de refrigeración



5.3 Esquema de instalación de tuberías y diseño

Dependiendo de la infraestructura de la planta o recinto, en donde se van a instalar los equipos de refrigeración, se presentan las diferentes situaciones que se pueden dar, en función al tipo y características del equipo a instalar.

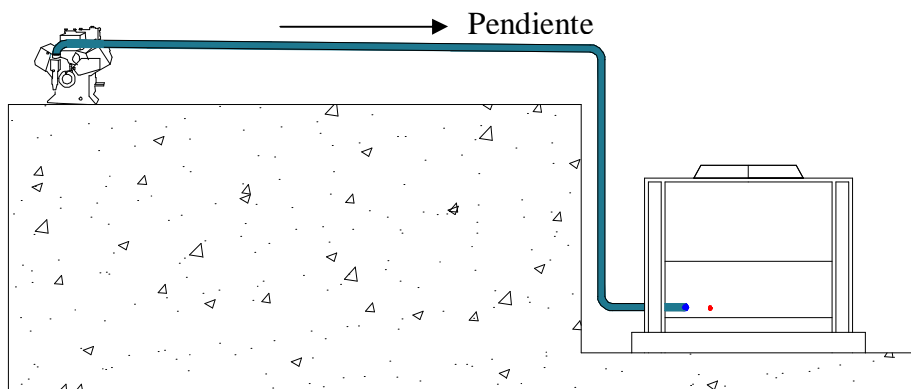
5.3.1 Líneas de gas caliente

En unidades compactas como las estipuladas anteriormente, es el fabricante el que ya dispuso de ellas, pues es la tubería que sale del compresor y que conduce el refrigerante caliente sobrecalentado al condensador de la máquina, pero existen sistemas en que el compresor, condensador y otros equipos se encuentran a distancias considerables, donde la instalación de esta tubería ya lleva detalles para cada uno de los casos que se puedan presentar, para buscar la mejor ubicación de los equipos en instalaciones ya existentes, o mejor aún si se puede hacer un diseño del inmueble, hay que lograr el mejor acomodamiento de dichos equipos de refrigeración, tomando en consideración las distancias mínimas que se pueden lograr entre equipos, tanto para las unidades condensadoras como evaporadoras.

5.3.1.1 El condensador situado por debajo del compresor

Para este caso, la tubería de gas caliente se puede instalar directa, con las menores vueltas posibles, en la que se debe siempre de guardar una pequeña inclinación sobre el horizonte hacia el condensador, para evitar que el aceite retorne al compresor, dicha inclinación puede ser de $1/2\text{\"}\circ$ a $3/4\text{\"}\circ$ por cada 10 pies de longitud, tal como se muestra en la figura 50.

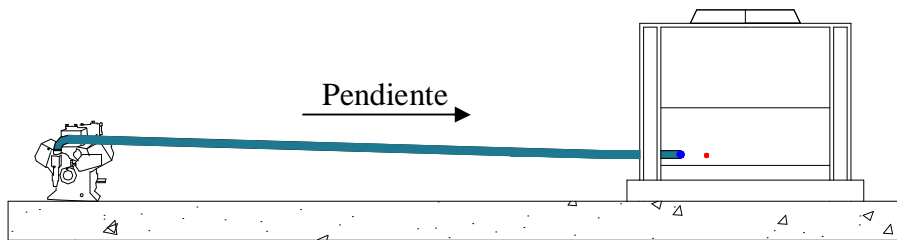
Figura 50 Tubería de gas caliente, el condensador situado por debajo del compresor



5.3.1.2 El condensador y compresor situados al mismo nivel

En este caso figura 51, la tubería de gas caliente se puede dejar a nivel horizontal, siempre que no se tenga ningún tipo de obstáculo entre el compresor y el condensador, en donde se recomienda guardar su inclinación de $1/2\text{ö}$ a $3/4\text{ö}$ por cada 10 pies de longitud hacia el condensador.

Figura 51 Tubería de gas caliente, el condensador situado al mismo nivel que el compresor



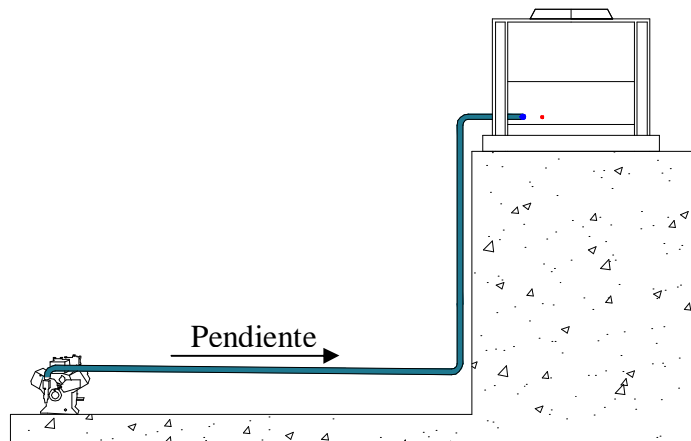
5.3.1.3 El condensador situado arriba del compresor

En el caso de la figura 52, se tiene el gran inconveniente, de que el aceite retorne al compresor por la diferencia vertical que se tiene entre dichos equipos, donde el aceite se drenara hacia el compresor en caso de parada. Para evitar esto, se debe de tener un tubo de diámetro adecuado, para aumentar de esta forma la velocidad del gas caliente y con él, se eleve el aceite hacia el condensador. Cuando este llegue a las tuberías horizontales, se debe siempre de mantener una pendiente de $1/2\text{ö}$ a $3/4\text{ö}$ por cada 10 pies de longitud a favor del flujo de refrigerante.

Hay que tener el cuidado en la temperatura del condensador, puesto si este esta a una temperatura mayor que el compresor, dicha temperatura genera mas presión y en el caso de una parada, el refrigerante circulara hacia la línea de gas caliente, en donde se puede terminar de condensar o sea que el refrigerante este en un estado de 100% líquido

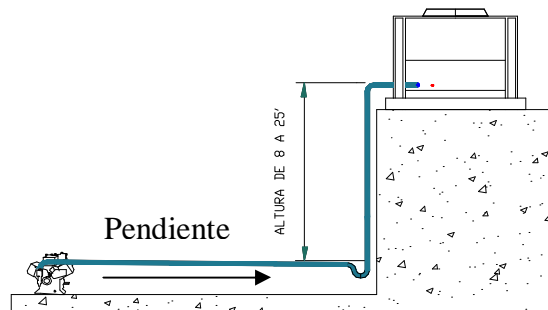
sobre el compresor y esto puede dañar las partes de descarga en el momento del arranque, puesto que no hay espacio que amortigüe la descarga del compresor dentro de la línea de gas caliente que se requiere en ese momento. Para evitar esto, lo mejor es encerrar todo el refrigerante en el condensador y acumulador, cerrando ambas válvulas de servicio.

Figura 52 Tubería de gas caliente, el condensador situado por encima del compresor no mas de 8 pies



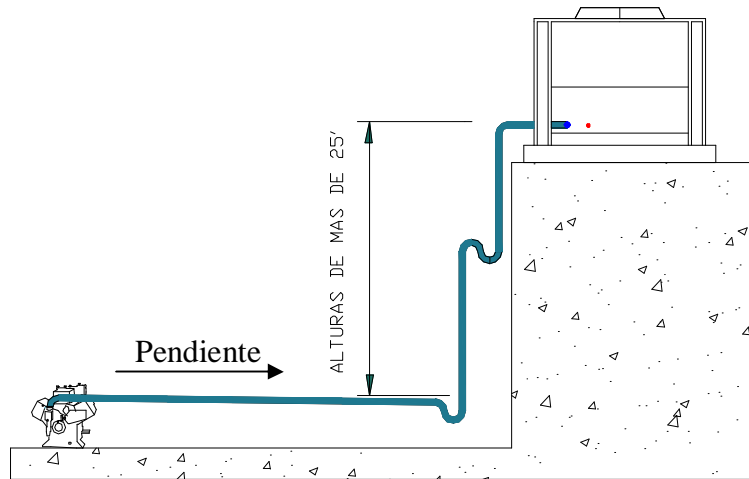
Para alturas mayores de 8 a 25 ϕ se le da un tratamiento a la tubería de la misma forma cuando se trata de la instalación de la tubería de succión, que consiste en fabricar sifones para que en ellos se acumule el aceite y con la velocidad del gas caliente este pueda subir hacia el condensador, en la figura 53, se da un esquema cuando la diferencia de altura esta entre 8 a 25 ϕ

Figura 53 Tubería de gas caliente, condensador arriba de 8 a 25 ϕ del compresor



Para alturas mayores de 25 a 50ø se requiere de la instalación de un segundo sifón, de ser mayor la altura de 50ø entre el condensador y el compresor, entonces se debe de instalar un sifón por cada 25ø o fracción, para garantizar de esta forma que el aceite pueda ascender con la velocidad del refrigerante por etapas y de esta forma se conduzca al condensador, tal como se visualiza en la figura 54.

Figura 54 Tubería de gas caliente, cuando el condensador se encuentra a alturas mayores de 25ø o más, en donde se agrega un sifón por cada 25ø



5.3.2 Líneas de succión

A pesar de la trampa de aceite que se encuentra en el condensador, siempre hay partículas de aceite mezclado en el refrigerante, el cual se logra separar del refrigerante cuando este hierve dentro del evaporador, dejando el aceite en esta líquido dentro del mismo, con el transcurso de un tiempo, el evaporador puede llegar a inundarse de aceite, por tal razón, para evitar esto, la tubería de succión lleva una disposición de diseño para que pueda evacuar este aceite que se acumula en los evaporadores y debe de ser conducido hacia el compresor, ya sea por velocidad o por gravedad, la disposición de esta tubería es muy similar al diseño de la línea de gas caliente en la que se debe de

conservar una pendiente de 1/20 a 3/40 por cada 3 metros de longitud.

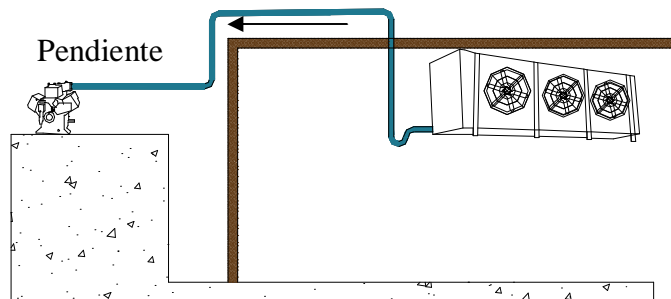
El diseño de la línea de succión es mas difícil que la de línea de gas caliente, debido a que el retorno de este aceite es mas difícil, pues requiere de que el refrigerante maneje una buena velocidad, para que el vapor del mismo pueda elevar las partículas de aceite líquido y de esta forma evacuarlo de los evaporadores, lo que hace necesario que la tubería en donde se elevara el aceite, será de un diámetro menor para lograr dicho efecto, pero tiene el inconveniente de que produce una caída de presión excesiva en la succión.

Los tramos de tubería horizontal, deben de conservar la misma pendiente de la tubería de gas caliente, la cual debe de estar a favor del flujo, para ayudar de esta forma el retorno del aceite por medio de la gravedad. A continuación se plantean ciertas situaciones entre los evaporadores y compresores y/o unidades condensadoras.

5.3.2.1 El evaporador y el compresor situados al mismo nivel

Aun estando el evaporador y compresor al mismo nivel, se puede dar el inconveniente de una pared o obstáculo, por lo que se requiere de un tubo vertical para el ascenso de las partículas de aceite como se muestra en la figura 55.

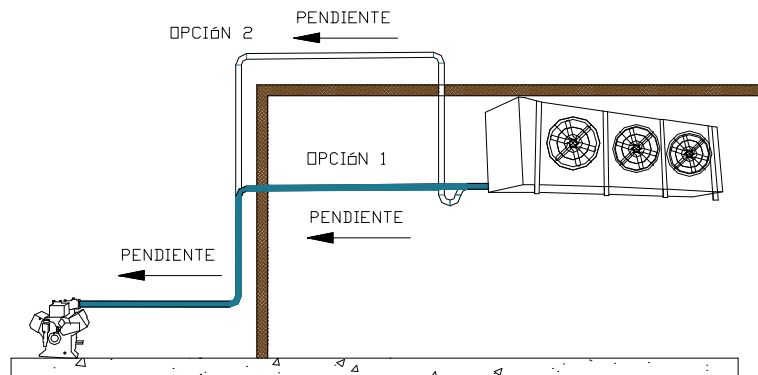
Figura 55 Tubería de succión, evaporador al mismo nivel del compresor



La selección del tramo de tubería vertical, debe ser un poco menor a la seleccionada por tablas, ya que con esto estamos aumentando la velocidad del refrigerante que nos ayudara a elevar las partículas de aceite, teniendo el cuidado de no producir una caída de presión considerable en la línea de succión, ya que esto haría que nuestro equipo quede subdimensionado para el flujo de vapor de refrigerante que maneje la unidad condensadora.

Si la unidad evaporadora se encuentra a una mayor altura que el compresor, y no se tiene ningún obstáculo entre estos equipos, podemos dejar la tubería lo mas directa posible, esto quiere decir que no se necesita de hacer un tramo de ascenso, sino solo tenemos que guardar la pendiente que hemos mencionado anteriormente, para que el aceite que llegue al evaporador, pueda regresar sin dificultad al compresor, el único inconveniente que se puede presentar, es que pueda salir refrigerante líquido de la unidad evaporadora, lo cual puede dañar al compresor, pero esto puede ser solucionado si equipamos a nuestro compresor con un acumulador de refrigerante, el cual tiene como función retener el refrigerante líquido hasta que este hierva y sea succionado por el compresor figura 56, en la realidad, muchas personas no quieren correr el riesgo a pesar de que cuentan con un acumulador de líquido y suelen hacer la instalación de la tubería con una combinación de la figura 55, lo cual es correcto, pero como se muestra en la figura 56, tenemos la ventaja de utilizar menos tubería y en algunos casos de menor diámetro para la capacidad de nuestro equipo.

Figura 56 Tubería de succión, el evaporador esta por encima del compresor



La opción 1, puede hacerse cuando el evaporador esta arriba del compresor y al otro lado del panel del cuarto frío, ya que con esta disposición de equipos, ahorramos tubería por la menor distancia a recorrer entre el evaporador y el compresor, lo cual es significativo económicamente hablando, puesto que la tubería que se utiliza en la línea de succión es la de mayor costo en comparación a la tubería de línea de líquido, como se menciono antes, tiene el inconveniente de que pueda llevar refrigerante líquido al compresor, lo cual se corrige por medio de un acumulador de refrigerante líquido y de una buena calibración de la VET, para que de esta forma, del evaporador solo salga refrigerante en estado de vapor saturado mas un poco de recalentamiento que pueda absorber del resto de la tubería que tenga que recorrer para llegar al compresor. Esta disposición de tubería nos hace realizar una supervisión más periódica para detectar cualquier desperfecto. Para no correr riesgos se puede configurar la tubería de succión como la opción 2, con esta disposición se tiene la seguridad que el refrigerante termina de hervir por la mayor longitud de tubería que tiene que recorrer, lo cual nos puede obligar a utilizar un diámetro mayor de tubería, incurre en un mayor costo de instalación y la utilización de mas accesorios.

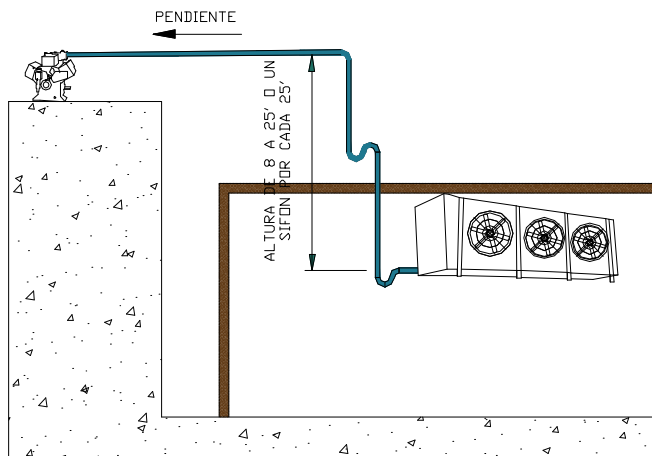
Si el proyectista tiene un presupuesto, en el que solo puede costear la utilización de la tubería de la opción 1, pero después el cliente quiere que la misma se construya como la opción 2, el equipo siempre va ha funcionar, pero hace que el equipo quede ahogado o sea que su eficiencia será mucho menor de su capacidad nominal de BTUH la cual no será por falta de transferencia de calor, sino por falta de succión del compresor por la tubería subdimensionada para la longitud de tubería que se tiene.

5.3.2.2 El evaporador situado por debajo del compresor

Este caso es muy similar al de la línea de gas caliente, en donde el compresor está abajo del condensador, consiste en instalar un sifón por cada 25ø de altura, para asegurar de esta forma que el vapor del refrigerante pueda subir las gotitas de aceite que van

saliendo del evaporador, para conducirlos al compresor, tal como se visualiza en la figura 57.

Figura 57 Tubería de succión, evaporador abajo del nivel del compresor

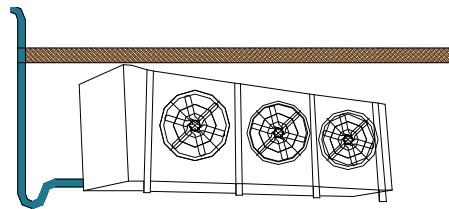
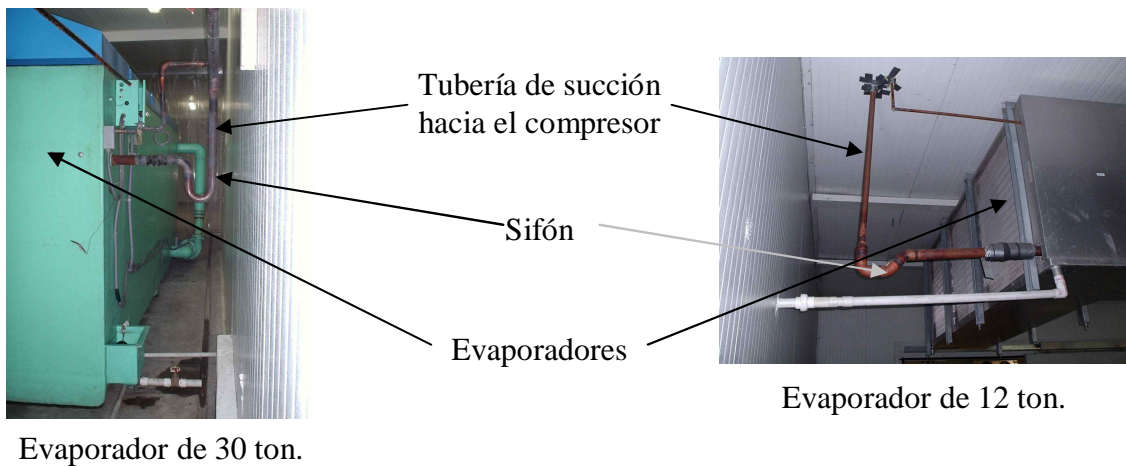


En conclusión, la mejor opción sea porque el compresor este arriba, a nivel o abajo del evaporador, es que siempre es conveniente de que en la tubería de succión lleve por lo menos un sifón, para que en este se guarde el aceite y refrigerante en estado líquido, la velocidad del flujo mueva las partículas de aceite hacia arriba, y el refrigerante líquido llegue a hervir para que se convierta en vapor, claro esta que en párrafos anteriores se menciona de una disposición directa de la tubería, que funciona pero aun así no es muy seguro por la capacitación del personal que labora en la industria, por lo que la mejor opción es la de dejar un pequeño tramo de tubería vertical para tener un mayor grado de seguridad en el funcionamiento del equipo.

En la figura 58, se muestra la disposición de la tubería de succión, que es la que tiene una mayor importancia en su instalación con respecto a la línea de líquido, ya que en la succión se trata de manejar el remanente del aceite líquido que el refrigerante a arrastrado hacia el evaporador, la tubería de succión, tiene la tarea de retornarlo hacia el compresor en forma de niebla, en dicha figura se visualiza un evaporador con una capacidad aproximada de 12 toneladas y uno de mas de 30 toneladas de refrigeración, en

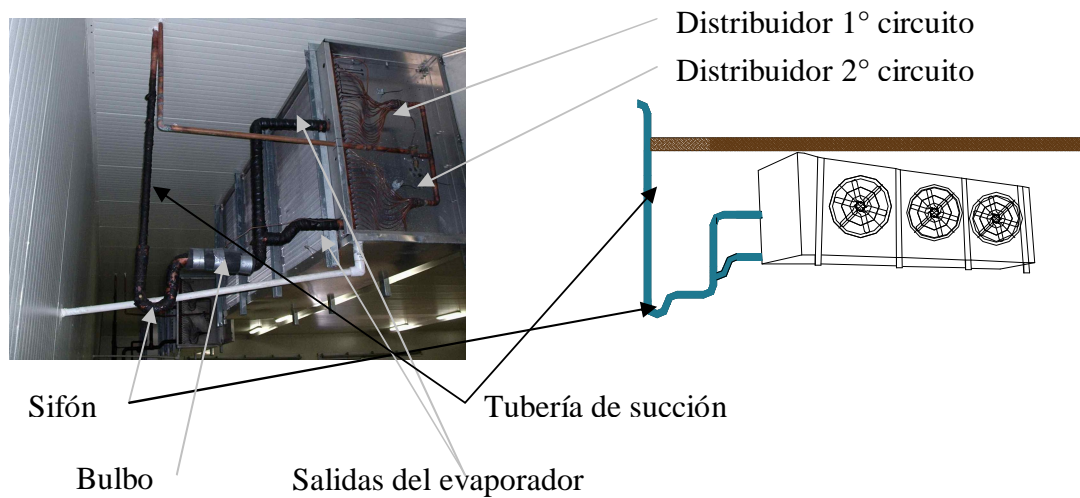
donde ambos evaporadores están situados arriba del nivel del compresor.

Figura 58 Instalación de tubería de succión en evaporadores que se encuentran arriba del nivel del compresor



Cuando se trata de evaporadores mas grandes que tienen dos o mas circuitos en una misma unidad, su disposición es de que cada una de las salidas del evaporador se hagan una sola, es en esta ubicación donde se construye el sifón con un tramo de tubería vertical de menor diámetro al calculado por la distancia entre equipos, que hará el trabajo de subir las partículas de aceite de ambos evaporadores, tal como se observa en la figura 59.

Figura 59: Esquema de instalación de tubería de succión, para un evaporador de dos circuitos

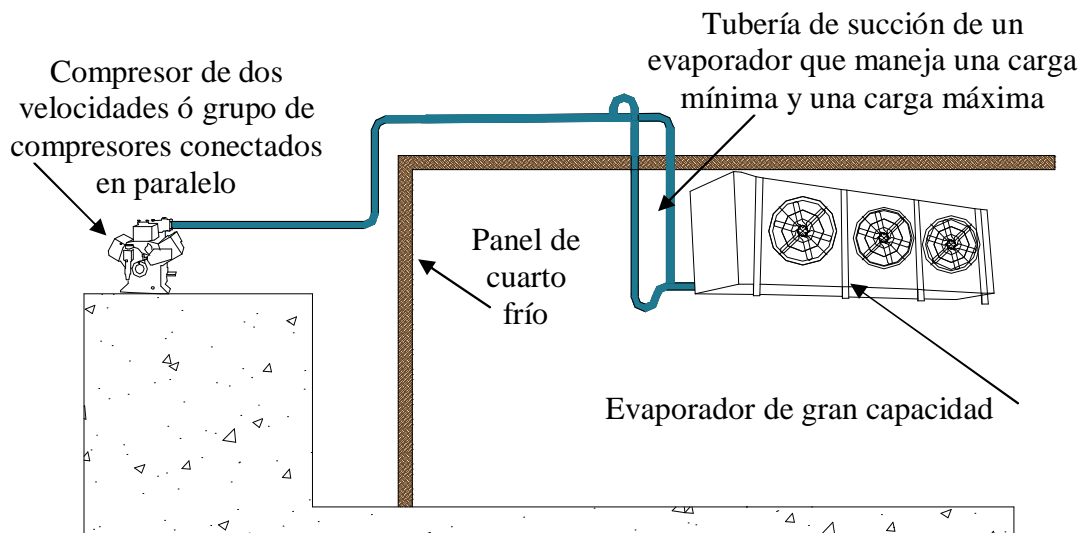


Las razones para la disposición de tubería de la figura 59, tiene la finalidad de que cada uno de los circuitos pueda desembocar el aceite y refrigerante líquido al sifón, para que de esta forma no se llegue a inundar el evaporador inferior, que sería el lugar donde se acumularía el aceite de ambos circuitos, haciendo que nuestro evaporador pierda su eficiencia hasta del 50% de su capacidad de BTUH. Hay otra disposición en el arreglo de tuberías dobles, tanto para la succión como para la línea de gas caliente, caso que se da cuando se tiene una máquina de gran capacidad, en la que se tiene un estimado de carga completa y de carga parcial, la cual es regulada por la VET del evaporador, dándose un mínimo y un máximo de carga. En este caso se hace el cálculo para la selección de tubería en base a la carga mínima mas el diámetro equivalente cuando se tiene la carga completa, teniendo de esta forma dos tuberías verticales, esto es con el fin de que cuando la máquina este trabajando con la carga mínima, el aceite se deposita en el sifón, y cuando de tenga la máxima carga, el flujo de refrigerante empezara a barrer las partículas de aceite hacia arriba tal como se dispuso anteriormente.

Este tipo de disposición de tubería (figura 60) es correcto, cuando se cuenta con compresores de dos velocidades, las cuales hacen que el motor cambie de velocidad en

función a la carga que se esta manejando en el evaporador, la cual es controlada por la VET del mismo o en aquellos grupos de compresores que trabajan en paralelo, sacando uno o dos compresores de operación para regular el flujo de succión que produce el evaporador en función de la carga que se este manejando en los evaporadores de este sistema.

Figura 60: Esquema de la disposición de tubería, para una unidad evaporadora de carga variable, el cual esta equipado con un compresor de dos velocidades



5.3.3 Línea de líquido

En la línea de líquido, se transporta el refrigerante líquido ya condensado a su temperatura y presión específica, aquí el refrigerante es 100% líquido sin burbujas, en donde el aceite remanente se mezcla con el refrigerante. Cuando se miran burbujas de refrigerante en la línea de líquido, es un síntoma de que la unidad frigorífica, no cuenta con la carga de refrigerante adecuada, lo cual se debe de evitar, ya que esto puede producir una vaporización súbita que puede producirse en la VET, haciendo que esta se congele restringiendo el paso del refrigerante que hace que la válvula se erosione en su

asiento, el mismo efecto se puede obtener, cuando la tubería sea muy delgada, ya que la caída de presión da como resultado el mismo efecto. En si, no tiene una disposición especial, esta se instala a la par de la línea de succión del equipo a la misma inclinación de la tubería de succión, el único cuidado es de escoger el diámetro adecuado que el equipo requiere en base a la distancia que se tenga entre equipos.

En la línea de líquido van ciertos accesorios que son útiles para el control automático de la maquinaria, controlando el flujo de refrigerante, tanto por la VET en el evaporador como por la válvula solenoide que corta el refrigerante líquido en los tiempos de deshielos de los evaporadores, la cual es controlada del condensador.

En estos equipos se debe de tener presente las caídas de presión que son producidas por el sub-dimensionamiento de la tubería que provoca una caída de temperatura del refrigerante, produciendo un condensado saturado, haciendo variar el comportamiento del refrigerante, lo cual hará que no realice el trabajo esperado, este comportamiento lo podemos observar en los diagramas de mollier o tablas de estos refrigerantes, evitamos esto siguiendo las especificaciones de los fabricante en la utilización de la tubería con diámetro adecuado, la cual esta en función del tonelaje de la carga frigorífica o en BTUH y en la longitud que hay entre el evaporador y condensador del equipo mas un excedente del 50 al 100% por los accesorios necesarios para la construcción de la línea de succión y líquido, para no salirse de los parámetros que se pueden permitir, la tabla XII, se especifica la caída de presión en la línea de succión.

Es común determinar una diferencia de temperatura de aproximadamente 2 °F, para poder determinar el diámetro de las líneas de succión, gas caliente y líquido, sin importar las condiciones de evaporación y condensación de los refrigerantes halocarburos.

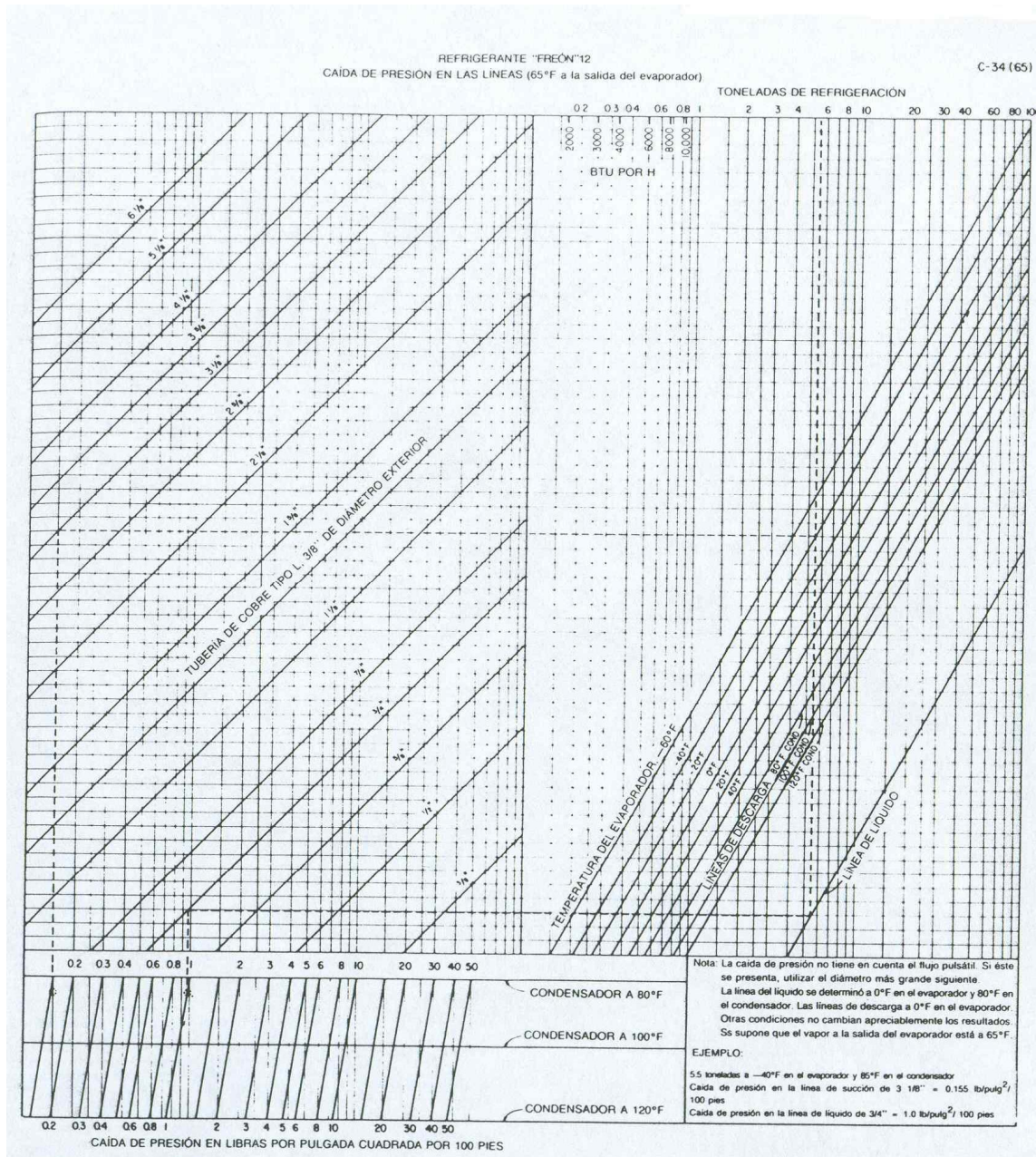
Tabla XII Equivalente de la caída de presión para un cambio de 2°F en la temperatura de saturación del refrigerante en la tubería de líquido

Temperatura de saturación °F	Caída de presión, lb/pulg ²	
	R-12	R-22
-10	0.8	1.4
0	1.0	1.6
10	1.2	1.9
20	1.4	2.2
30	1.6	2.5
40	1.8	2.8
80	3.0	4.7
100	3.7	5.8
120	4.5	7.1

Como ayuda adicional, en los siguientes diagramas para los refrigerantes R-12 y R-22, se puede ver en forma grafica, las dimensiones que deben de tener las diferentes tuberías en base a la capacidad de toneladas de refrigeración, temperatura de evaporación, temperatura de condensación y a la caída permisible de la tabla XII.

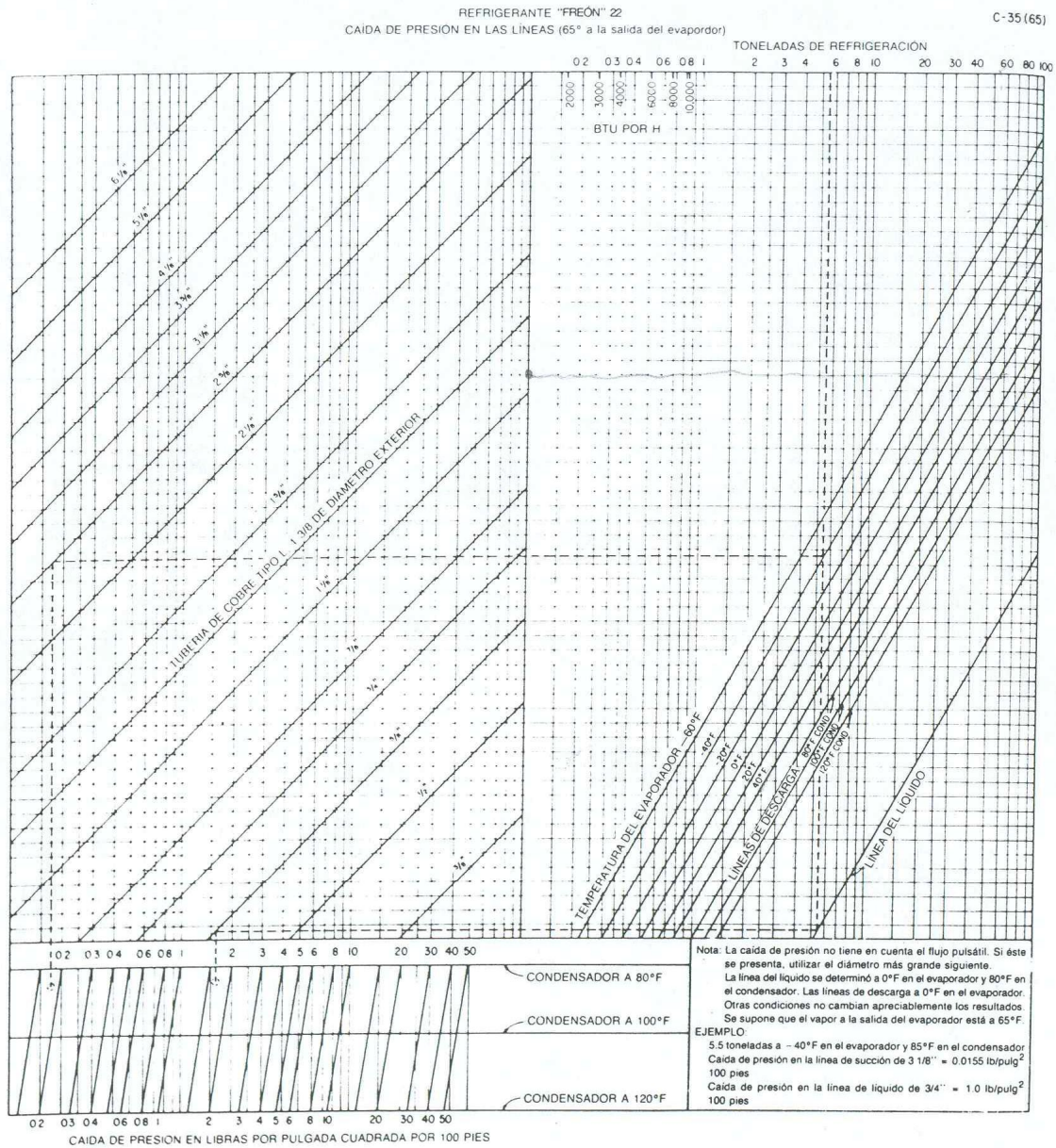
En las figuras 61 y 62, se presentan diagramas de los refrigerantes R-12 y R-22, diseñadas para cálculo de la tubería que requieren los equipos, determinándose a una capacidad, obteniéndose un cálculo provisional de esto que facilita un presupuesto de los equipos que se requieren para construir y armar el proyecto, con el equipo frigorífico determinado, la tubería viene a ser el único elemento que no nos pueden cotizar la fabrica, ya que el diámetro de esta depende de la capacidad frigorífica del sistema seleccionado y a la distancia que se tendrán entre los evaporadores y el condensador, con estos diagramas podemos tener un 95 a 100% de exactitud en el cálculo de la tubería, determinando la cantidad de tubería tipo L que se necesita, su costo económico se agrega al presupuesto de los equipos, complementando un dato acertado en la instalación de un sistema de estos.

Figura 61 Diagramas para determinar el diámetro de las tuberías que se utilizan con los refrigerantes R-12.



Fuente: Pita, Edward G. **PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN. Pág.257**

Figura 62 Diagramas para determinar el diámetro de las tuberías que se utilizan con el refrigerante R-22



Fuente: Pita, Edward G. **PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN. Pág.258**

5.3.3.1 Cómo utilizar los diagramas de tuberías

Para los diagramas anteriores se puede trabajar de la siguiente manera. Como datos, tenemos que tener el tipo de refrigerante del equipo y la capacidad en toneladas del mismo o en su defecto hacer la conversión, con ello la temperatura de evaporación y la temperatura de condensación, los cuales son los valores propios del proceso a aplicar, estos diagramas son diseñadas para tubería de cobre tipo L, con estos datos, podemos encontrar la tubería de succión considerando por lo general una caída de presión de diseño equivalente a 2°F, como se define anteriormente, y disponer de la longitud de tubería que se requiere.

Para su solución, buscamos en la tabla una caída de presión de 2°F, la temperatura de saturación de succión y con el refrigerante correspondiente encontramos dicha caída de presión en lb/pulg², los diagramas están diseñados para tramos de 100ø entonces la caída de diseño será:

$$\text{Caída de diseño} = \text{Caída de presión lb/pulg}^2 * 100\text{ø} / \text{longitud de dato}$$

Este punto se encuentra en la parte inferior izquierda y localizamos la presión de diseño a la temperatura de condensación definiendo así nuestro primer punto, a partir de este punto trazamos una línea vertical hasta arriba del diagrama, por otro lado partimos de la capacidad de la máquina, la cual está dada en toneladas de refrigeración, ubicada al lado derecho superior del diagrama y trazamos una línea vertical a modo de interceptar la línea de temperatura del evaporador, después trazamos una línea horizontal y la intersección de esta línea, nos da como resultado el diámetro exterior que debe de llevar la tubería de succión del equipo seleccionado. Para la línea de líquido, prolongamos la línea donde se intercepta las toneladas de carga hacia la línea que dice òlínea de líquidoö, luego trazamos una horizontal que se intercepte con la vertical que representa una caída de presión de 1 lb/pulg² y obtenemos el diámetro de la tubería de líquido.

5.4 Longitud equivalente de tubería

Cuando solo podemos determinar la longitud real de tubería necesaria para la conexión de los equipos, dicha tubería requiere de accesorios como codos de 90°, 45°, tee, uniones, válvulas y otros. A dicha distancia se le agrega un 50 a 100% de la longitud real necesaria, para compensar las pérdidas de presión que ocasionan dichos accesorios, por lo que tenemos que ver en nuestro diseño, la cantidad de cada uno de estos accesorios para hacer el cálculo de la distancia equivalente de tubería, para de esta forma elegir un diámetro de tubería mínima para no estrangular la capacidad de nuestro equipo. A continuación se presenta la tabla XIII, en la que define la longitud equivalente en pies de los accesorios más utilizados en la tubería tipo L.

Tabla XIII Longitudes equivalentes en pies de los accesorios y válvulas, para tubería de cobre tipo L

Diámetro de la línea [pulgadas]	Válvulas de globo y de solenoide	Válvula angular	Codos de radio corto	Codos de radio largo	Indicadores de líquido y conexiones Te	Ramal Te
1/2	70	24	4.7	3.2	1.7	6.6
5/8	72	25	5.7	3.9	2.3	8.2
3/4	75	25	6.5	4.5	2.9	9.7
7/8	78	28	7.8	5.3	3.7	12.0
1 1/8	87	29	2.7	1.9	2.5	8.0
1 3/8	102	33	3.2	2.2	2.7	10.0
1 5/8	115	34	3.8	2.6	3.0	12.0
2 1/8	141	39	5.2	3.4	3.8	16.0
2 5/8	159	44	6.5	4.2	4.6	20.0
3 1/8	185	53	8.0	5.1	5.4	25.0
3 5/8	216	66	10.0	6.3	6.6	30.0
4 1/8	248	76	12.0	7.3	7.3	35.0
5 1/8	292	96	14.0	8.8	7.9	42.0
6 1/8	346	119	17.0	10.0	93.0	50.0

Cuando solo contamos con la longitud recta de la instalación, nosotros le agregamos un 50 a 100% de dicha longitud como se menciona anteriormente, esto se hace para hacer una prueba que nos ayudara a determinar el diámetro exterior de la tubería que no conocemos o no podemos determinar por una u otra razón, para ello necesitamos las condiciones y requerimientos del equipo como lo es capacidad en toneladas de refrigeración, temperatura de succión y condensado, distancia recta entre equipos, luego realizando un plano, determinamos el número de cada tipo de accesorios y la multiplicamos por el valor de la tabla XIII, con este total, estamos encontrando la longitud equivalente de perdidas generadas por los accesorios a utilizar, a esta sumatoria se la agregamos la longitud recta y se procede a evaluar como en el procedimiento anterior (por medio de las graficas de tubería para determinado refrigerante) y podemos ver si la tubería sigue siendo adecuada. Mas adelante se puede ver que algunos fabricantes de equipos han desarrollado tablas, en las que se indica el diámetro de la tubería a utilizarse en base a una capacidad frigorífica en BTUH y la distancia entre equipos en pies, con lo cual es una forma mas segura y fácil de determinar el diámetro de una tubería, claro esta que siempre se le debe de dar las longitudes equivalentes de todos los accesorios que creamos necesarios en la instalación de dicha tubería.

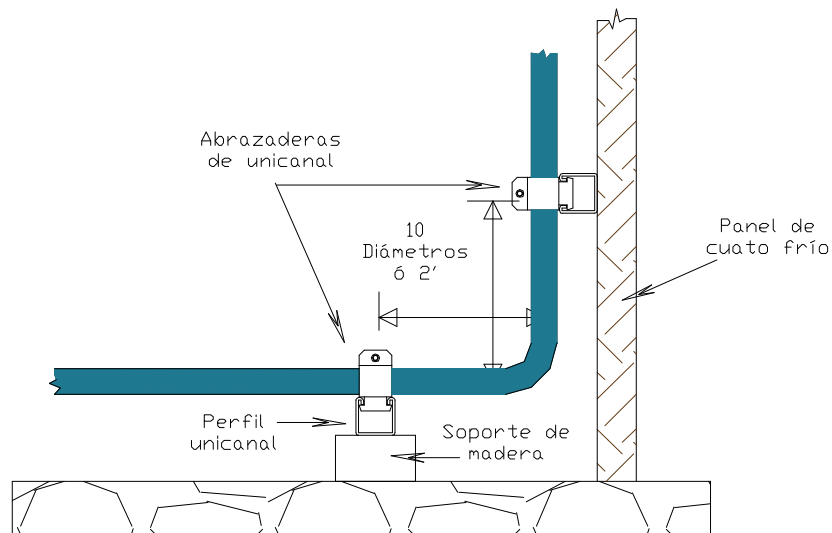
5.5 Soporte de tubería de refrigeración (por Heatcraft)

Este es el primer paso en la construcción de la tubería que se utiliza en la instalación de un equipo frigorífico, en donde los soportes se deben tener listos conforme se este avanzando en la construcción de la línea de tubería, permitiéndonos realizar cortes precisos en cada uno de los tramos, tal como se describe a continuación;

- (1) Normalmente, cualquier tramo de tubería recta debe ser soportado por lo menos en dos puntos cercanos a la terminación de cada tubo, longitudes adicionales requieren de soportes adicionales. Las tuberías de refrigeración deben estar soportada con separaciones mínimas según el diámetro, para tubos tipo L:

- 3/8" a 7/8", deben ser soportadas cada 5 pies,
 - 1 1/8" a 1 3/8", deben ser soportadas cada 7 pies,
 - 1 5/8" a 2 1/8", deben ser soportadas cada 9 ó 10 pies.
- (2) Cuando la tubería tiene un cambio de dirección, como un codo de 90°, las esquinas no se debe dejar sin soporte, dichos soportes deben de instalarse a un máximo de 2 pies en cada una de las dos direcciones o su equivalente de 10 diámetros que forman la esquina (figura 63).

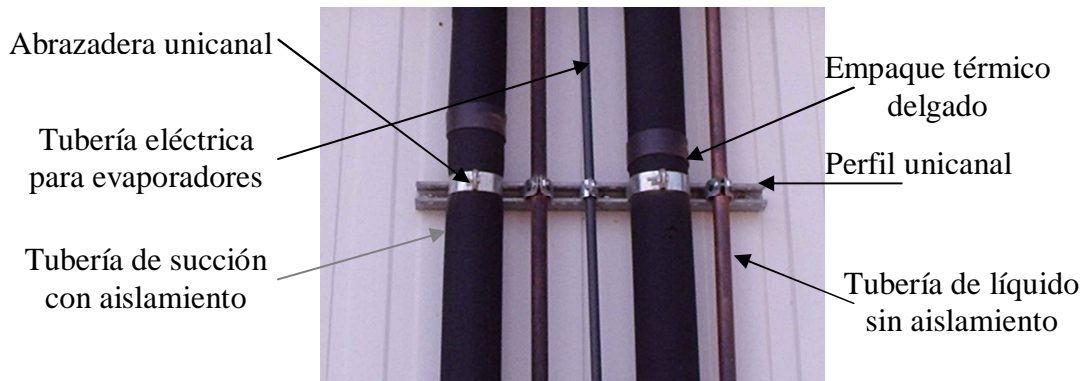
Figura 63 Esquema de la instalación de soportes en las esquinas de una tubería tipo L



- (3) La tubería conectada al compresor o la base del mismo, debe de soportarse a manera de no restringir el movimiento producido por la vibración, puesto que una montura rígida puede fatigar los tubos de cobre, para dicho fin se colocan amortiguadores tanto en la base del compresor como en la línea de succión y de gas caliente.
- (4) Trate de no usar anclajes de radio pequeño, puesto que son objeto de puntos de excesivo estrés, razón por la cual son propensos a fallas.

- (5) Al terminar de poner los anclajes o soportes figura 64, debe de inspeccionarse cuidadosamente toda la tubería antes y después de arrancar la maquinaria, para agregar los soportes necesarios donde la vibración de la misma sea significativa. Los soportes extras son relativamente baratos en comparación con la carga de refrigerante que se pueda perder en el equipo por una fuga o rotura de la tubería.

Figura 64 Soporte de tubería de succión, líquido y eléctrica, por medio de un anclaje de perfiles unicanal perforada y sus accesorios

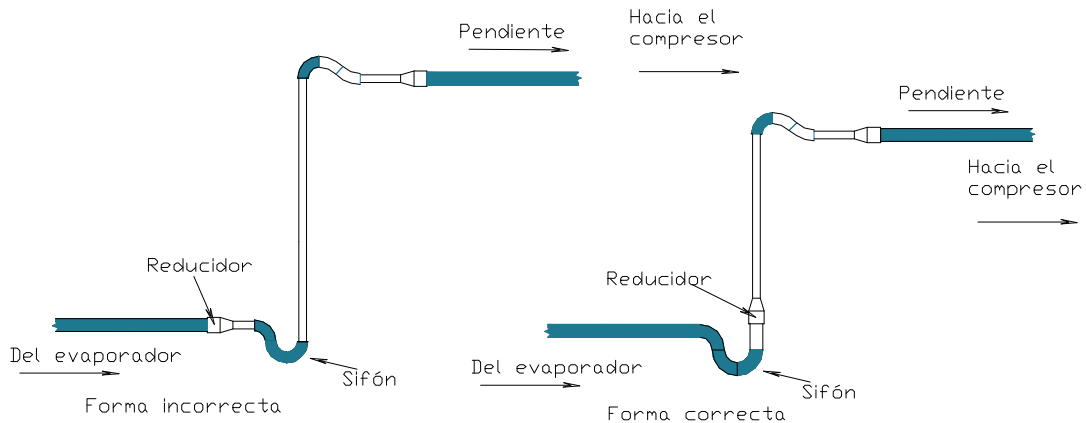


En la mayoría de los fabricantes, por medio de Heatcraft, recomienda dejar en las tuberías horizontales de succión una pendiente de $1/4\%$ por cada 10ϕ de longitud, para tener un buen retorno de aceite. Cuando se tengan múltiples evaporadores conectados en serie, se recomienda usar una tubería común de succión, para evaporadores dobles o múltiples, las líneas de succión deben ser de las dimensiones que requiere cada uno de ellos y la línea común debe ser de las dimensión total de la capacidad del sistema, ya que en este tramo se maneja el flujo de refrigerante de cada uno de los evaporadores conectados a dicho sistema.

En la figura 65, se da un esquema de la construcción de los sifones de los evaporadores, los cuales debemos de tener ya armado completamente con todo y el tramo de tubería vertical, lista para hacer la conexión con la tubería que se viene construyendo entre los equipos, lo cual nos ayuda a tener una mejor idea y exactitud, en

la construcción de la distribución de la línea de succión, la cual debe de ser lo mas equitativamente posible entre las unidades evaporadoras, para que ninguna de ellas tenga mas caída de presión que en las demás unidades.

Figura 65 Construcción de los sifones de línea de succión en evaporadores, la cual puede ser usada para la línea de gas caliente cuando se requiera



Como se puede ver en la figura 65, el tramo de tubería vertical es de una longitud corta, el propósito de esta, es de que el aceite pueda ascender por la mayor velocidad que se produce al reducir este tramo de tubería, en la parte superior, es recomendable construir un sifón invertido, cuyo propósito es de evitar que el aceite ascendido pueda retornar al sifón del evaporador.

En la línea de líquido, debe ser de dimensiones adecuadas al igual que las otras tuberías mencionadas anteriormente, con lo que también se pretende evitar caídas de presión que pueda dar lugar a una vaporización súbita, que se produce por altas y bajas presiones, haciendo que la VET no opere debidamente. Si un sistema requiere longitudes largas del condensador al evaporador o si hay alturas muy grandes, las pérdidas deben ser calculadas para determinar el diámetro de la tubería de líquido, ya sea o no por un cambio de calor que se requiera, por medio de un intercambiador de calor para mantener las condiciones (temperatura) de condensación del refrigerante, ya que no

es conveniente que el refrigerante que esta dentro de la tubería de líquido se enfríe, para evitar la vaporización súbita del mismo. Uno de los métodos que se pueden usar para este propósito, es de unir las tuberías de succión y líquido por medio de una soldadura, para que el recalentamiento de la línea de succión, traslade su calor a la línea de líquido, en la que estamos obteniendo un doble beneficio, puesto que ambas líneas se esta manteniendo en condiciones aceptables y ambas tuberías deben de ser aisladas del medio ambiente como se tratara en el siguiente capitulo. Si no se permite el método anterior, otro puede ser el de aislar también la tubería de líquido, lo cual no es una practica común en nuestro medio ya que con el aislamiento se evita el subenfriamiento de la línea de líquido, este aislamiento debe ser igual en sus características al usado en la línea de succión como el armaflex o equivalente, el cual puede ser como mínimo de 1/2" de espesor.

Para determinar las longitudes equivalentes de tubería, tanto para la succión como para líquido, tenemos que medir las distancias rectas por donde se dispone pasar la tubería y agregarle las perdidas correspondientes en pies de las caídas de presión de los accesorios que la compondrán, cuyas perdidas por Heatcraft ocasionadas por diferentes accesorios se presenta en la tabla XIV, las cuales se dan los valores equivalentes en pies de tubería debido a válvulas y ajuste de fricción en los accesorios.

Tabla XIV Pies equivalentes de tubería debido a válvulas y ajuste de fricción

Tubo de cobre tipo L	1/2	5/8	7/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	5 1/8	6 1/8
Válvula de globo Abierta Sol	14	16	22	28	36	42	57	69	83	99	118	138	168
Válvula de bola abierta	7	9	12	15	18	21	28	34	42	49	57	70	83
Te de 90°	3	4	5	6	8	9	12	14	17	20	22	28	34
Te recta ó menor	0.8	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7	9	11
Codos de 90°	1	2	2	3	4	4	5	7	8	10	12	14	16

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **REFRIGERATION SYSTEM, INSTALLATION AND OPERATION MANUAL. Pág 20**

Teniendo presente la información de la tabla XIV, esta información se adjunta a la longitud recta de los equipos, en donde por medio de las siguientes tablas, podemos encontrar el diámetro de las tuberías de succión y de líquido que se encontrarán en la misma distancia, dichas tablas nos dan los diámetros de tuberías para los refrigerantes R-22, R-404 A, R134 a, y R-507, como también la línea de gas caliente para aquellos equipos que tienen sus condensadores a distancia del compresor, usando de base la capacidad total de los condensadores para la tubería principal y de los evaporadores para las ramificaciones correspondientes. Para entender el sombreado de las tablas tenemos:

1. Los tamaños de tubería sombreados están indicadas para el máximo tamaño de diámetros de líneas de succión, que se usaran para tubos verticales, estos tubos no deben exceder el diámetro de los tubos horizontales. El uso apropiado de trampas de succión son utilizadas para el adecuado retorno del aceite.
2. La tubería de succión, esta seleccionada para caídas de presión de temperatura equivalente de 2°F y
3. El tamaño de la tubería de líquido está recomendada para prevenir la vaporización súbita.

De esta forma se facilita mas aún la selección de tubería, puesto que las tablas que siguen a continuación, son proporcionadas por el fabricante del equipo, las cuales cumplen para cualquier marca de las mencionadas anteriormente, y dispuestas en el manual de sistemas de refrigeración de la Heatcraft, las cuales se encuentran en las tablas XV, tablas XVI y tablas XVII.

Tabla XV Tamaño de tubería recomendadas para el R-404 A y R-507

Capacidad del sistema BTU/H	TAMAÑO DE LÍNEA DE SUCCIÓN TEMPERATURA DE SUCCIÓN																				
	+20 °F Longitudes Equivalentes						+10 °F Longitudes Equivalentes						-10 °F Longitudes Equivalentes						-20°F Longitud		
	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'
1,000	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	3/8	3/8	1/2
3,000	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	1/2	1/2	5/8
4,000	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8
6,000	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8
9,000	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	5/8	7/8	7/8
12,000	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8
15,000	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8
18,000	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8
24,000	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
30,000	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
36,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8
42,000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
48,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
54,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8
60,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8
66,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
72,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
78,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8
84,000	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8
90,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8
120,000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8
150,000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
180,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8
210,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8
240,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8
300,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8
360,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8
480,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8
600,000	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **REFRIGERATION SYSTEM, INSTALLATION AND OPERATION MANUAL. Pág 26**

Tabla XV Tamaño de tubería recomendadas para el R-404 A y R-507
continuación

Capacidad del sistema BTU/H	TAMAÑO PARA LÍNEA DE SUCCIÓN																		TAMAÑO LÍNEA DE LÍQUIDO					
	TEMPERATURA DE SUCCIÓN																		Reservado para Válvula de Expansión Longitudes Equivalentes					
	-20°F			-30 °F						-40 °F														
	Longitud			Longitudes Equivalentes						Longitudes Equivalentes														
100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'				
1,000	1/2	1/2	1/2	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8			
3,000	5/8	7/8	7/8	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8			
4,000	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8			
6,000	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8			
9,000	7/8	1 1/8	1 1/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8			
12,000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2			
15,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2			
18,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2			
24,000	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2			
30,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2			
36,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8			
42,000	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8			
48,000	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8			
54,000	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8			
60,000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8			
66,000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8			
72,000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8			
78,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	7/8			
84,000	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	5/8	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8			
90,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8			
120,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8			
150,000	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8			
180,000	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8			
210,000	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8			
240,000	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8			
300,000	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8			
360,000	3 5/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8			
480,000	3 5/8	3 5/8	4 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	4 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	4 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8			
600,000	3 5/8	3 5/8	4 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	5 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	5 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8			

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **REFRIGERATION SYSTEM, INSTALLATION AND OPERATION MANUAL. Pág 27**

Tabla XVI Tamaño de tubería recomendadas para el R-134a

R-134 a

Capacidad del sistema BTU/H	TAMAÑO DE LÍNEA DE SUCCIÓN																	
	TEMPERATURA DE SUCCIÓN																	
	+40 °F						+30 °F						+20 °F					
	Longitudes Equivalentes						Longitudes Equivalentes						Longitudes Equivalentes					
	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'
1,000	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8
3,000	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8
4,000	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8
6,000	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8
9,000	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8
12,000	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
15,000	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
18,000	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8
24,000	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
30,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8
36,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
42,000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
48,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8
54,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8
60,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8
66,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8
72,000	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
78,000	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
84,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
90,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
120,000	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8
150,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8
180,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8
210,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8
240,000	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8
300,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8
360,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8
480,000	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8
600,000	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8

Tabla XVI Tamaño de tubería recomendadas para el R-134^a continuación

Capacidad del sistema BTU/H	TAMAÑO PARA LÍNEA DE SUCCIÓN TEMPERATURA DE SUCCIÓN												TAMAÑO LÍNEA DE LÍQUIDO					
	+10 °F						+0 °F						Reservado para Válvula de Expansión					
	Longitudes Equivalentes						Longitudes Equivalentes						Longitudes Equivalentes					
	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'
1,000	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
3,000	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
4,000	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
6,000	5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
9,000	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2
12,000	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2
15,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2
18,000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2
24,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8
30,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8
36,000	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8
42,000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8
48,000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	7/8
54,000	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8
60,000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	5/8	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8
66,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8
72,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8
78,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8
84,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8
90,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8
120,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8
150,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8
180,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
210,000	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
240,000	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
300,000	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
360,000	2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8
480,000	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
600,000	3 1/8	3 5/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8	5 1/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8

Tabla XVII Tamaño de tubería recomendadas para el R-22

Capacidad del sistema BTU/H	TAMAÑO DE LÍNEA DE SUCCIÓN TEMPERATURA DE SUCCIÓN																				
	+40 °F Longitudes Equivalentes						+20 °F Longitudes Equivalentes						+10 °F Longitudes Equivalentes						0°F Longitud		
	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'
1,000	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8	3/8	3/8
3,000	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	1/2
4,000	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	1/2	1/2	5/8
6,000	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	5/8	5/8	5/8
9,000	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8
12,000	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8
15,000	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8
18,000	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8
24,000	5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8
30,000	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8
36,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
42,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8
48,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
54,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
60,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
66,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8
72,000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8
78,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8
84,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
90,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
120,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8
150,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8
180,000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8
210,000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
240,000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8
300,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8
360,000	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8
480,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8
600,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8

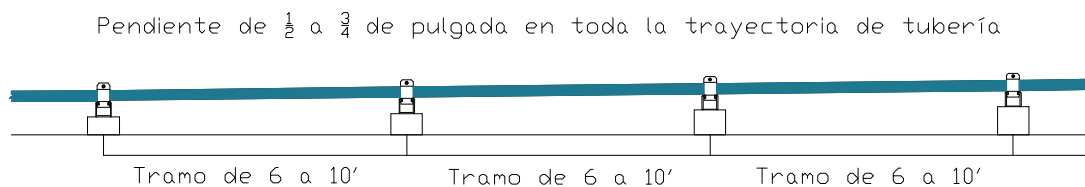
Tabla XVII Tamaño de tubería recomendadas para el R-22 continuación

Capacidad del sistema BTU/H	TAMAÑO PARA LÍNEA DE SUCCIÓN TEMPERATURA DE SUCCIÓN															TAMAÑO LÍNEA DE LÍQUIDO					
	0°F			-10 °F						-20 °F						Reservado para Válvula de Expansión Longitudes Equivalentes					
	Longitud			Longitudes Equivalentes						Longitudes Equivalentes						Longitudes Equivalentes					
	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'
1,000	3/8	1/2	1/2	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
3,000	5/8	5/8	5/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
4,000	5/8	5/8	7/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
6,000	5/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
9,000	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
12,000	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
15,000	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2
18,000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2
24,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2
30,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2
36,000	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
42,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8
48,000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8
54,000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8
60,000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8
66,000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8
72,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8
78,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8
84,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	7/8
90,000	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8
120,000	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8
150,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8
180,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8
210,000	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8
240,000	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8
300,000	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
360,000	3 1/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
480,000	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
600,000	3 5/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8

5.6 Instalación de tubería

Después de tener un diseño apropiado de la instalación en un plano donde se definen las longitudes de los diferentes tramos de tubería, es recomendable empezar de la unidad condensadora buscando hacia el o los evaporadores, haciendo lo posible de fabricar dichos tramos con las menores uniones posibles como las planeadas en nuestro diseño, teniendo presente la longitud extra que se requiere por la inclinación que se le da a la tubería de succión y en consecuencia también a la tubería de líquido, el cual es un detalle que no se debe de olvidar. De la inclinación, esta puede ser de $1/2\text{ö}$ a $3/4\text{ö}$, lo cual queda a criterio de cada proyectista, pero en si, es recomendable dejar dicha inclinación para garantizar de esta forma el retorno del aceite al compresor, cuya disposición podemos tomar idea de la figura 66.

Figura 66 Esquema de la disposición de soportes e inclinación de la tubería, tanto para la línea de succión como para la línea de líquido



5.6.1 Procedimiento

Por experiencia, es bueno limpiar la superficie de los tubos antes de quitarle los sellos, hacer los cortes correspondientes con corta-tubos, quitar las rebabas del tubo con un escariador o una lima según sea el caso. El diámetro de la tubería, en donde se requiere soldar los accesorios, se debe de limpiar dicha superficie hasta lograr que la misma tenga un brillo, lo cual nos indica de que esta libre de impregnaciones de cualquier tipo, este desbaste es solo superficial, ya que para ello usamos una lija de número alto (fino) para no desgastar el tubo o usamos una lana de acero para dicho fin, con ello estamos dejando nuestra pieza lista para realizar la soldadura requerida, cuyas

técnicas serán expuestas en el tema de la preparación de tubería y accesorios del siguiente inciso.

Conforme se vaya avanzando, es conveniente ir poniendo los soportes de la tubería, para que de esta forma podamos visualizar los ajustes que se requieren por la manipulación de dichos accesorios, con el objeto de que nuestro diseño preliminar se vaya cumpliendo a cabalidad, vamos colocándole sus aislamientos a la tubería de armaflex, que en el caso de tubería de succión es adecuado poner uno con un espesor de 3/4", dejando pendiente la parte de los accesorios, puesto que esto todavía no ha sido inspeccionado por las fugas que se puedan dar por una mala practica en la soldadura, la cual se realiza cuando se haya concluido la instalación de toda la tubería. Igual tratamiento se hace con la línea de líquido, se instala a la par la línea de succión, tanto por estética como por identificación de la misma, puesto que es más fácil seguir una línea de succión que la de líquido de un equipo específico.

5.7 Técnicas para preparación de tubería de cobre tipo L y accesorios

Para el corte de un tubo, se puede utilizar una sierra de diente fino o la mas recomendable es haciendo uso de un corta tubo. Cuando se utiliza una sierra, se requiere tener una muy buena practica en el manejo de la misma, puesto que se necesita que la persona pueda hacer un corte recto y ligero a modo de no llegar a repetir el corte por una mala técnica, puesto que repetirlo se corre el riesgo, de que la pieza ya no nos de la medida requerida y esto incurre en un gasto de recurso, si ya no se utiliza en ese momento empieza a degradarse de su superficie interna, que es la que se pretende mantener intacta contra los efectos de polvos y humedad. Si la pieza nos sirviera aun haciendo el ajuste para dejar ese corte recto, incurrimos siempre en una perdida de material, misma que representa una cantidad de dinero, puesto que estas tuberías tipo L para refrigeración son de un costo considerable.

Después de efectuado el corte, se procede a eliminar las rebabas de los cantos del tubo, las cuales se realizan mediante escariadores o lima semi-redonda, redonda, tanto en la parte interior como exterior del tubo a modo de definir bien su diámetro exterior e interior para el acople del accesorio a soldar.

Después de quitar las rebabas, se procede a limpiar las dos partes del tubo, para extraer las partículas en forma de polvo que queda en el interior del mismo, según sea el diámetro del tubo, se puede sacudir con pequeños golpes en la periferia del tubo por medio de un elemento no rígido para evitar de esta forma deformaciones en sus superficie, dicho elemento puede ser un trozo de madera o un martillo de caucho. Si el tubo fuera de un diámetro grande, se puede pasar un paño seco, para extraer este polvo.

Esta limpieza rigurosa tiene su propósito, no solo porque estamos realizando un trabajo de calidad en lo que a estética y limpieza, sino que tendremos muchos menos problemas en la soldadura, sobre todo en los acoples, de lo contrario cuando se ponga a funcionar la máquina, dichas partículas de polvo, pueden dañar el compresor por exceso de contaminantes que los filtros no pueden detener cuando estos están ya saturados, las cuales por ser de cobre dichas partículas pueden rayar las superficies del compresor, válvulas y hasta la misma tubería con las horas de servicio, estas partículas van restándole enormemente la vida útil al equipo.

Cuando se utiliza un cortador de tubos figura 67, se considera el mejor método, puesto que no es indispensable tener una gran experiencia, sino solo de tener el cuidado de utilizar la cortadora de tubo adecuado para el diámetro de tubería que se desea cortar, con esta herramienta, no se producen virutas, se logra un corte recto con un acabado liso y es mucho mas práctico en comparación a una sierra. Aun usando el cortador de tubo indicado, este deja una rebaba que se puede eliminar fácilmente con el escariador de la cortadora de tubo, el cual es una cuchilla con un filo cortante diseñado para la eliminación de la rebaba interna como externa en la periferia del tubo cortado.

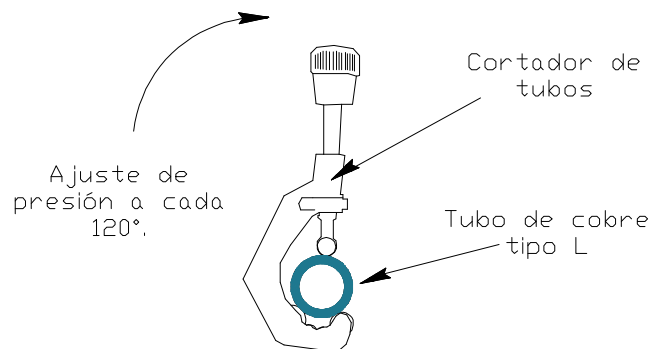
Figura 67 Partes de un cortador de tubos



5.7.1 Cómo utilizar el cortador de tubo

Luego de hacer la medición que deseamos, la marcamos, para luego posicionar el disco de diamante del cortador de tubo en dicha marca y en posición recta, ajustando las ruedas guías del cortador, para que hagan contacto con la superficie del tubo, le damos un poco de presión a modo que el disco cortante empiece a marcar el tubo a la vez que empezamos a girar el cortador de tubo alrededor de la superficie del tubo, para delimitar un camino para una segunda vuelta del cortador de tubo, en donde se le va aplicando mas presión a cada 120° aproximadamente en cada una de las vueltas hasta que este sea cortado (figura 68).

Figura 68: Técnica para el corte de un tubo de cobre tipo L



Luego procedamos a quitar las rebabas ocasionadas por la presión del cortador de tubo como se menciona anteriormente, para evitar entorpecer el trabajo o producirse cortaduras posteriores al personal.

5.8 Técnica de soldadura para tubería de cobre tipo L

Para soldar tubería de cobre tipo L, se requiere de un equipo de oxiacetileno, en el cual mediante la boquilla adecuada necesaria se trabaja un tubo de determinado diámetro, el procedimiento consiste en calentar el tubo que quedara adentro del accesorio a soldar, para ello se requiere de cierta destreza para determinar el momento en que el tubo esta listo para la aplicación del metal de aporte, el cual es una aleación de cobre ó cobre con un % de plata, conocida como varilla de plata, según sea el caso y la calidad de soldadura que se pretenda realizar. Cuando empezamos a soldar, aplicamos un poco de material de la varilla de plata, esta se vera como en un estado entre sólido y liquido, este estado del material de aporte quiere decir que el material del tubo esta por aceptar dicho material de aporte, para ello se requiere que se continúe aplicando calor con la flama y aplicando mas material de aporte en la periferia de la tubería, podemos ver que el material empieza a fluir, penetrando como agua entre el tubo y el accesorio, siendo este el momento de aportar el material necesario para poder soldar la pieza de una sola vez, pues es el momento en que el material de aportación se extiende entre toda la superficie de las piezas, terminando esto, se puede ver que el material se aglutina, lo cual quiere decir que la soldadura esta terminada. Este proceso se debe de realizar con mucha atención, pues es una soldadura muy rápida y se tiene que estar atento en el momento de aportación del material de la varilla de plata, para que quede una soldadura limpia y sin poros, la cual forma una garganta en la zona de transición, pues es en estas transiciones en donde se pueden encontrar fugas en la soldadura, entonces tenemos que recalentar el tubo mas que la primera vez para repasar la soldadura y este proceso no es muy conveniente.

Las varillas de plata que a continuación se especifican tabla XVIII, están normalizadas y se clasifican según su aleación de plata en %, para diferentes aplicaciones en las instalaciones de refrigeración y aire acondicionado.

Tabla XVIII Tabla de varillas de plata y sus aplicaciones

% de plata	Aplicación
0%	Es una varilla para soldar cobre, la cual no contiene plata
2%	Aleación de bajo contenido de plata al 2%, para soldar cobre - cobre
6%	Aleación con contenido de plata al 6%, adecuado para soldar cobre -cobre ó cobre con sus aleaciones, ideal para tuberías de refrigeración sometidas a exigencias normales de trabajo presión y vibraciones.
15%	Contiene un 15% de plata, recomendada para soldadura cobre - cobre ó cobre con sus aleaciones, especialmente en uniones sometidas a altas exigencias de trabajo, presión y vibraciones intensas.
35%	Aleación apropiada para soldaduras fuertes de cobre - acero, acero inoxidable, níquel, aleaciones de níquel, metales preciosos, contiene un 35% de plata, debe aplicarse con fundente

Para soldar cobre ó bronce, se utiliza fundente, o bien utilizar varillas de latón, en la figura 69, podemos ver estos insumos para la realización de diferentes tipos de soldaduras.

Figura 69 Diferentes insumos para la realización de soldaduras en tubería de cobre L



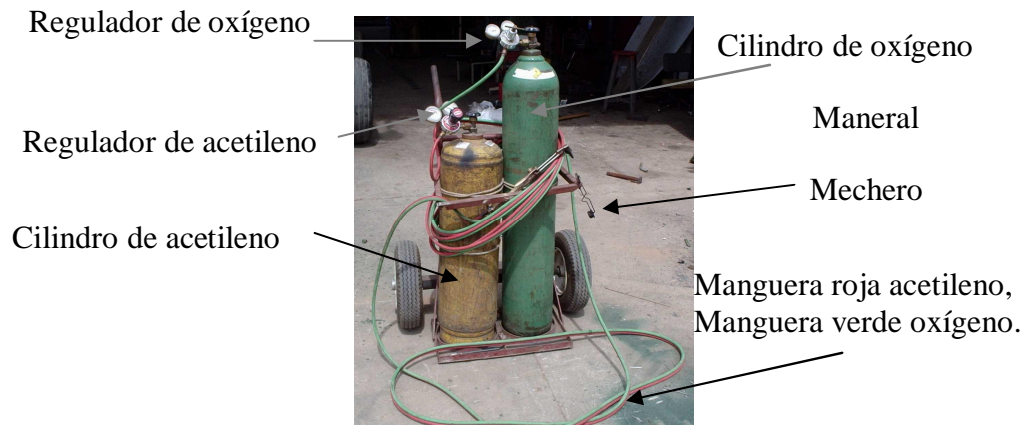
En la mayoría de soldadura de tubo de cobre tipo L, se utiliza un equipo de soldadura oxiacetileno completo con diferentes números de boquillas para los diferentes diámetros de tubería como los que se pueden ver en la tabla XIX.

Tabla XIX No. de boquilla que se utiliza en diferentes diámetros de tubería con varillas de plata de diferente calibre recomendable

Tamaño de boquilla No.	2	3	4	5	6	7
Diámetro de tubería de cobre	1/4 - 1/2	3/8 - 3/4	3/4 - 1 3/8	1 1/8 - 2 3/8	2 1/8 - 3 5/8	3 1/8 - 4 1/8
Soldadura de plata de varillas	1 mm	1.5 mm	2 - 2.5 mm	2.5 mm	3mm	4mm

Para la realización de este tipo de soldadura, se necesita de un equipo completo de oxiacetileno, el cual se muestra en la figura 70, en donde se indican cada una de las partes necesarias que este equipo debe de tener para la realización de soldadura de plata en las tuberías de cobre tipo L, ya que de este equipo, hay accesorios que no son necesarios para dicho fin.

Figura 70 Partes de un equipo de oxiacetileno

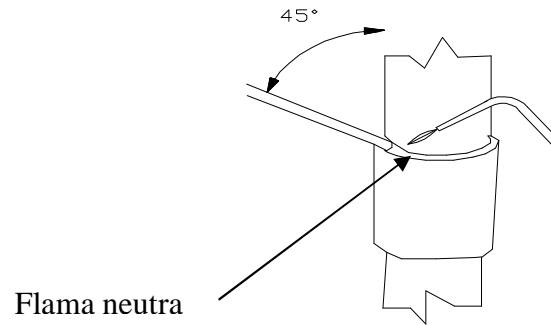


Se recomienda utilizar una llama neutra, para evitar oxidación al máximo en la soldadura, para ello se requiere de una persona que tenga experiencia en este tipo de equipo, también puede darle una protección adicional a la soldadura, utilizando fundente para varillas de plata, este fundente da protección a la soldadura contra la humedad que nos ayuda a evitar la oxidación de la soldadura y a las diferentes posiciones que se dan en la realización de las mismas como las que se presenta a continuación.

5.8.1 Soldadura de copa hacia arriba

Teniendo tubería y accesorios limpios de impurezas, se procede a calentar el tubo mas que la copla, puesto que es el tubo el que transmitirá el calor al interior de las piezas, conforme se este calentando el tubo, empieza a cambiar de color hasta que se logre ver una superficie húmeda con un rojo cereza, es allí cuando se aplica la varilla de plata a un ángulo de 45° de la copa del tubo o accesorio de cobre, manteniendo un movimiento rítmico para que el material penetre y llene toda la cavidad que hay dentro de la copla de adentro hacia afuera por efecto capilar, hasta que la copla sea cubierta con el material de aporte, formándose un pequeño collar alrededor de la copa de una característica uniforme, lisa y limpia como se muestra en la figura 71.

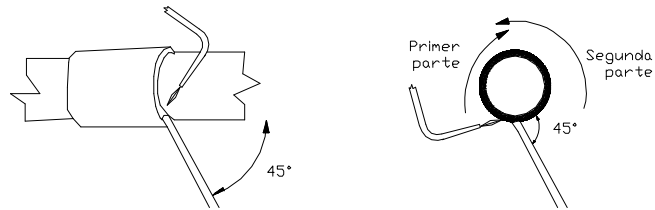
Figura 71 Posición de soldadura de cobre en copa hacia arriba



5.8.2 Soldadura horizontal

Esta es una posición un poco mas complicada que la anterior (figura 72), puesto que la de copa arriba la podemos terminar de una sola vez girando alrededor de ella, mientras que la posición horizontal se tiene que hacer en dos partes de abajo hacia arriba, el procedimiento es igual que el anterior, teniendo nuestras piezas limpias de impurezas y acopladas procedemos a calentar el tubo hasta que llegue ese color rojo oscuro cereza, en donde se ve un tipo de sudor, es cuando podemos aportar la varilla de plata, pues ya se ha alcanzado la temperatura de fusión de está que esta en los alrededores de 550°C , procediendo a aplicar el material de aporte y la concentración de calor de abajo hacia arriba a modo que el material líquido entre por efecto capilar entre las superficies de las piezas que se están soldando, si hay espacio se puede tratar de darle la vuelta de una sola vez a dicha copla, de no poderse nos trasladamos del otro lado lo mas pronto posible para que no se enfríe el tubo y repetimos la operación de igual manera que en la primer parte.

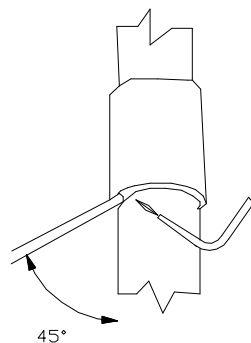
Figura 72 Posición de soldadura horizontal



5.8.3 Soldadura de copa hacia abajo

Esta puede ser la posición mas difícil para realizar una soldadura en tubería de cobre figura 73, como esta se realiza por efecto capilar, lo cual es una ventaja en este tipo de soldadura, pues facilita la aportación de material sin incurrir a desperdicios, el principal factor para una buena soldadura es la aportación de calor al tubo que entra en el acople, el cual es el que conduce el calor hacia adentro donde se efectuara la soldadura, como en los casos anteriores y de igual forma, el material de aportación fluye hacia adentro de las superficies, dándonos una idea por la posición que estamos tratando, el material de aporte en estado líquido es succionado hacia arriba donde llena esos espacios entre las superficies, fijándolas permanentemente, la posición de la varilla siempre es de 45° sobre el tubo con la flama a la par de la varilla, este tipo de soldadura a pesar de su incomodidad la podemos efectuar de una vez por su perímetro o en dos partes.

Figura 73 Posición de soldadura de copa hacia abajo

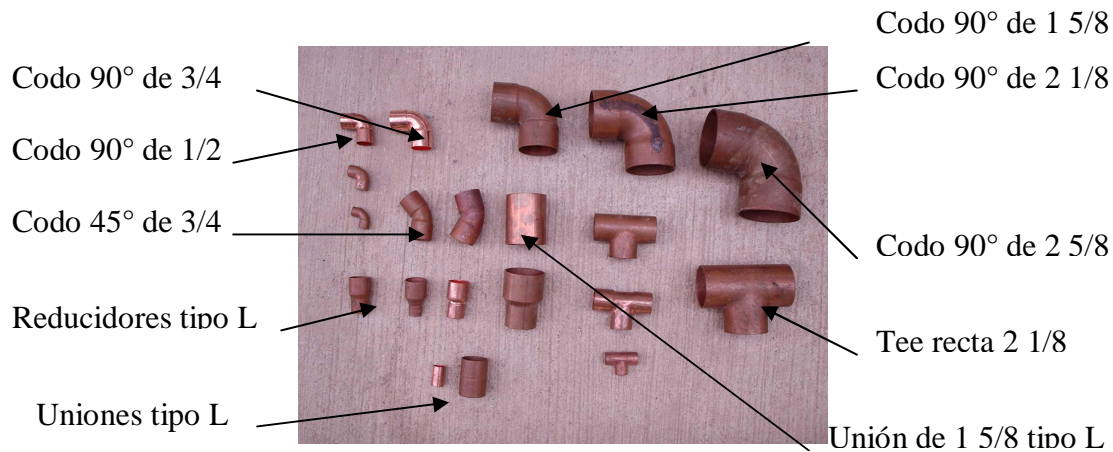


En toda soldadura tenemos siempre una probabilidad de que se formen poros, razón por la cual debemos hacer el esfuerzo de hacer una buena soldadura, puesto que el refrigerante mientras fluye pasa limpiando toda la superficie interior del tubo dejándola brillante, por tal razón es que si se dejan poros en la soldadura, estos pueden ser lavados fuertemente por el refrigerante ocasionando fugas de refrigerante en las soldaduras.

5.9 Accesorios para tubería de cobre tipo L

La tubería de cobre tipo L, para su acople, requieren de accesorios rígidos para la construcción de las diferentes líneas de succión y líquido, las cuales van soldadas con varilla de plata con el porcentaje requerido para este tipo de instalación, en la figura 74, se muestra una pequeña gama de accesorios rígidos para tubería tipo L.

Figura 74 Diferentes accesorios de cobre para tubería de cobre tipo L



5.10 Prueba de tubería

Luego de haber terminado la instalación de la tubería de succión como la de líquido, se procede hacer pruebas, una de ellas consiste en presurizar el sistema a unas 350 psi con nitrógeno seco, algunos le revuelven un poco de refrigerante, de esta forma verificar la superficie exterior de la tubería sobre todo en las soldaduras que son los lugares mas propensos a fugas. Luego se procede a dejar el sistema un tiempo para ver

si hay caída de presión, aún cuando la lectura no baje se procede a inspeccionar toda la tubería, para ello podemos utilizar un detector electrónico de halocarburos, el cual es un dispositivo muy sensible que puede detectar fugas de 1 onza de refrigerante en 100 años, el cual crea una emisión eléctrica ya sea visible o audible en presencia de un gas halocarburo figura 75.

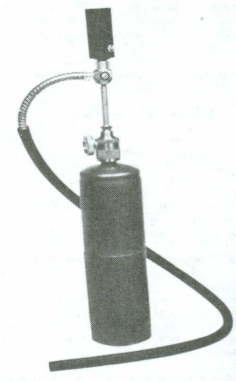
Figura 75 Detector electrónico de fugas



Fuente: Pita, Edward G. **PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN. Pág. 214**

La antorcha de haluros figura 76, se utiliza como detector de fugas de refrigerantes halocarburos. Este detector consiste de un pequeño tanque de gas propano, un quemador con un elemento de cobre y una manguera, la cual aspira cualquier tipo de gas que este presente, lo que la hace el elemento detector, ya que conduce este gas al quemador, en donde tenemos que ver el color de la flama, cuando esta cambia a un color azul verdoso, nos indica la presencia de un gas halocarburo, lo cual indica una fuga. La antorcha de haluros tiene una sensibilidad de 1 onza por 1 año.

Figura 76 Antorcha de haluros para la detección de fugas



Fuente: Pita, Edward G. **PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN. Pág. 214**

El único inconveniente de estos dos dispositivos, es que no nos da la ubicación precisa de la fuga en mención. Una alternativa es por medio de burbujas de jabón, el cual es un método sencillo, económico y efectivo para detectar fugas en la tuberías, para esto solo requiere que la presión del sistema sea alta, con esto no hay necesidad de usar refrigerante mas que solo nitrógeno como gas inerte que no contamina el sistema ni el medio ambiente, y nos indicara el lugar exacto de la fuga. Para sistemas ya en operación con sus cargas correspondientes de refrigerante, el método de agua con jabón sigue siendo efectivo, puesto que no se da ninguna reacción con estos halocarburos.

Este tipo de prueba se debe aplicar tanto a tuberías con sus accesorios como a válvulas y sus conexiones, pues que algunas de ellas se desarman para su instalación y puede ser que no se logre por completo su hermeticidad y se requiera de un ajuste.

5.11 Mantenimiento

Por lo general, una vez revisada la tubería con su diseño apropiado, es poco probable una fuga en la tubería de succión puesto que está a baja presión y cuya construcción es mucho mas robusta que la línea de líquido, la cual se encuentra a alta presión, la cual en tiempos de deshielos queda completamente al vacío cerrando la válvula solenoide, cuando esta abre el refrigerante fluye de una forma brusca a los evaporadores, causando en su trayectoria desgastes en el interior de la tubería que puede ocasionar no solo fugas sino el rompimiento de la misma, ocasionando perdida de refrigerante del equipo. Para evitar esto, se recomienda la instalación de una segunda válvula solenoide lo mas cerca de la VET del evaporador, cuyo inconveniente es de una mayor carga de refrigerante en peso pero a la misma presión y temperatura de condensado.

Definición

Las tuberías de refrigeración, una vez instaladas e inspeccionadas contra fugas, se procede a aislar tanto las tuberías de succión como de líquido. La línea de succión se aísla para evitar que el vapor saturado se recaliente en el trayecto hacia el condensador, cuyo calor latente absorbido por el refrigerante no nos beneficia en nada por estar afuera del recinto, lo cual provoca una caída considerable de eficiencia de nuestro equipo en BTUH. Efecto similar se da también la línea de líquido, puesto que esta lleva una temperatura de condensado dado por su presión de condensado, en donde se tolera una caída de temperatura equivalente de 2°F, para el diseño de esta tubería, como está expuesta al ambiente, el refrigerante puede perder calor, generando internamente una evaporación súbita que puede dañar a la VET, por tal razón, aislando la tubería de líquido podemos asegurar de que no pierda ese calor. Para evitar esta ganancia y pérdida de calor latente, podemos unir las líneas de succión y líquido por medio de una soldadura de estaño, en aquellos tramos rectos en donde ambas tuberías deben ser aisladas, para que de esta forma el gas sobrecalentado de la succión llegue a saturado por la transferencia de la línea de líquido, cuyo calor, ayudara al refrigerante líquido a mantener su temperatura y presión de condensado en la línea de líquido, proporcionando un buen funcionamiento del equipo.

En nuestro medio solo se considera el aislamiento de la tubería de succión, dejando espacios de tubería expuestas al ambiente por los soportes de la misma, lo cual no es suficiente para mantener las condiciones óptimas de operación de nuestros equipos y la del refrigerante utilizado.

Tipos de aislamiento

Existen una variedad de fabricantes para el aislamiento de tubería como el armaflex, aireflex, superlon y otros. Este tipo de aislamiento esta fabricado con elastómeros de celdas cerradas de aire y revestimiento aislante de gran flexibilidad y muy liviano. Mantiene un coeficiente de conductividad térmica K de 0.035 a 0.040 W/m^{°k} con una temperatura de trabajo de 657°C hasta 125°C. El material aislante de elastómeros de celdas cerradas, se comporta como una barrera múltiple de vapor que mantiene estable el coeficiente K sin necesidad de otros refuerzos para muchas aplicaciones. Este aislante es elaborado de acuerdo a las normas ASTM estándar No. D-635, UL-94V y otros. Tiene una baja densidad de humos durante la combustión, no se derrite, no gotea partículas flamígeras y no es transmisor de llama.

Su flexibilidad es una característica que permite una rápida instalación, que con ayuda de herramientas, pegamentos y pinturas compatibles con este material, se logra unos acabados impecables. Su gran elasticidad minimiza vibraciones y resonancia de las tuberías, reduciendo ruidos de 27Db, es un material no toxico para el humano, tiene una gran resistencia a la formación de hongos, ácidos y sustancias alcalinas. Este aislante flexible, viene en presentación de coquillas (piezas tubulares) de 2 metros de largo, empacadas en cajas de cartón en que según el diámetro y espesor de las coquillas, pueden venir de 6 a 24 unidades por empaque, como se exhibe en la figura 77.

Figura 77 Diferentes diámetros de coquillas de elastómeros y su empaque



Aplicaciones

Refiriéndonos como armaflex al elastómero de celdas cerrada ú otra marca, el armaflex viene en tiras de dos metros de largo para diferentes usos como:

- a) Tuberías con diámetros desde 1/4" hasta 5 1/2" (6 a 140 mm).
- b) Con espesores de aislamiento desde 6 mm hasta 50mm, según sea el tipo de instalación

Para ductos o tuberías de mucho mayor diámetro, tenemos este producto en rollos de 1 metro de ancho, con espesores de 3mm hasta 50mm según el tipo de instalación a utilizar, en la figura 78, se muestra las diferentes variedades de elastómeros para el aislamiento de tubería de refrigeración entre otras aplicaciones.

Figura 78 Planchas y diferentes diámetros de elastómeros de celdas cerrada para aislamiento de ductos y tubería de refrigeración.



Fuente: www.aeroflex.com

6.3.1 Almacenaje

Tanto para las coquillas y planchas de elastómero de celdas cerradas, se recomienda almacenar las cajas en un local ventilado, protegido del sol directo y de la humedad, cuya temperatura sea de 5 a 36 °C, en condiciones adecuadas este producto es estable por un mínimo de 2 años.

6.3.2 Accesorios del elastómero de celdas cerradas

Como en cualquier instalación, el armaflex, es instalado luego de construida e inspeccionada la tubería, para lo cual se necesita cortar las coquillas una por una y acoplarlas a la tubería, para su cierre hermético se requiere el uso de un pegamento de contacto como el de la marca armaflex HT625 o el Aero seal figura 79, los cuales están elaborados a base de neopreno modificado, el cual posee una gran resistencia al vapor de agua, muy inflamable en estado líquido pero una vez curado es auto-extinguible, ideal para usarse en instalaciones de alta temperatura del orden de 170°C, este pegamento viene en presentaciones de 700gms y galones de 3500gms, cuyo rendimiento es de 3 a 4.5 m²/litro aplicando en ambas caras como pegamento de contacto que es.

Figura 79 Pegamento de contacto a base de neopreno, para aplicación con elastómeros de celdas cerradas



Así como el aro seal, que es el pegamento para el sellado hermético de las coquillas de armaflex, también se tiene una pintura a base de polietileno clorosulfonado de preferencia no debe ser diluido, el cual brinda protección contra rayos ultravioleta así como otras condiciones climáticas adversas, posee una capacidad de flexibilidad para evitar la formación de grietas, quebraduras y también tiene gran resistencia a la formación de hongos, dándole una excelente resistencia al envejecimiento de hasta 10 años. Esta pintura esta disponible en colores blanco, gris, azul, rojo, verde y amarillo, con los cuales podemos identificar las diferentes líneas de tuberías figura 80.

Figura 80 Pintura a base de polietileno para protección de coquillas de armaflex



Fuente: www.aeroflex.com

Para fittings y válvulas, se cuenta con cintas autoadhesivas, que retarda la pérdida de calor en conductos de calor y previene la absorción de escarcha en tuberías de frío o líneas de refrigeración, esta cinta viene en presentaciones de 9 metros por 50mm de ancho y un espesor de 3mm como el de la figura 81.

Figura 81 Cintas autoadhesivas de múltiple propósito



Fuente: www.aeroflex.com

Instalación

Con los materiales mencionados anteriormente y con la tubería ya instalada e inspeccionada de forma adecuada, se procede a el aislamiento de la tubería de succión, en donde debemos de cortar a lo largo las coquillas de armaflex en su parte mas plana con una cuchilla lisa bien afilada para evitar desprendimiento de material que nos pueda ocasionar una deficiencia en el aislamiento, este tipo de trabajo debe realizarse en un lugar limpio, la tubería en mención debe estar fuera de servicio y limpia para evitar algún tipo de condensado de la tubería dentro del aislamiento que puede causar la degradación rápida de las coquillas. Cumplido lo anterior, procedemos a hacer los

cortes correspondientes, los cuales deben ser bien precisos de acuerdo a la disposición de la tubería, para lo cual podemos necesitar de una navaja mediana, tijeras, metro, tiza para marcar, pincel con cerdas cortas y duras, escuadra y algunos perforadores de diferentes diámetros entre otros.

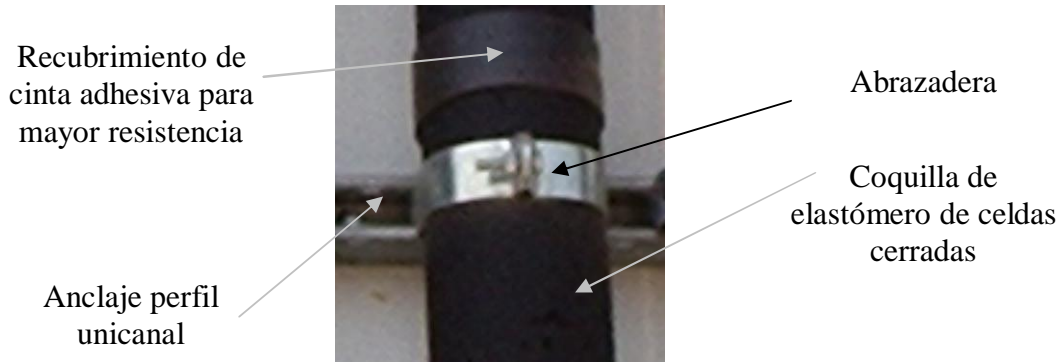
De preferencia se recomienda empezar a aislar la tubería desde la unidad condensadora hacia los evaporadores, teniendo en cuenta la cantidad de coquillas de diferente diámetro que se necesitan para cubrir todo el trayecto de la misma. Conforme el avance se debe de cubrir el tramo de tubería de los soportes con la misma coquilla, en la cual le reforzamos exteriormente por medio de pedazos de tubo de PVC o bien con cinta autoadhesiva, para evitar que el soporte pueda romper la coquilla y de esta forma podemos tener el 100% del trayecto aislado adecuadamente, en donde el soporte sujetara el PVC y este a la tubería.

Figura 82 Recomendación de soporte de tubería con coquillas de armaflex o equivalente



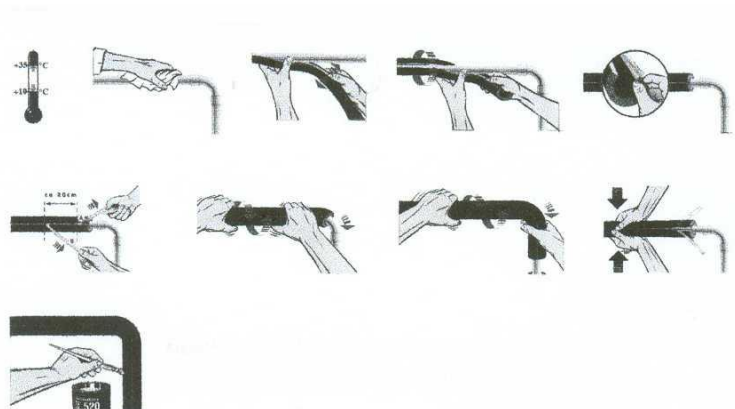
En la figura 82 se puede ver que se utiliza canaletas de PVC, para salvaguardar las coquillas de armaflex y que el soporte no la vaya a cortar, este es una forma improvisada para cumplir con el 100% de aislamiento de la tubería, de una forma mas económica, pero la forma mas adecuada es como se puede ver en la figura 83, en donde se le da al soporte un aislamiento mas fuerte en su densidad, la cual puede ser por medio de cinta autoadhesiva como la expuesta anteriormente, con el fin de reforzar este tramo de tubería para que el soporte no la vaya a romper por el esfuerzo cortante que esta ejerce sobre las coquillas de elastómeros de celdas cerradas.

Figura 83 Disposición del soporte de una tubería de refrigeración



Cada coquilla debe de colocarse de una forma independiente una a una con forme el avance en el recubrimiento de la tubería en cuestión, aplicando el pegamento a ambos lados de la coquilla que se corto, esperamos un tiempo para que este cure, para luego proceder a unir las puntas de la coquilla poco a poco, hecho esto se procede a unir las partes intermedias de las coquillas con un poco de presión, obteniendo de esta forma una junta completamente hermética, luego de un momento podemos pegar las coquillas ensambladas y de esta forma vamos viendo si se necesita de cortar alguna de ellas, mientras tanto se siguen abriendo, pegando y juntando mas coquillas hasta terminar de aislar por completo la línea de refrigeración tal como lo podemos ver en la figura 84.

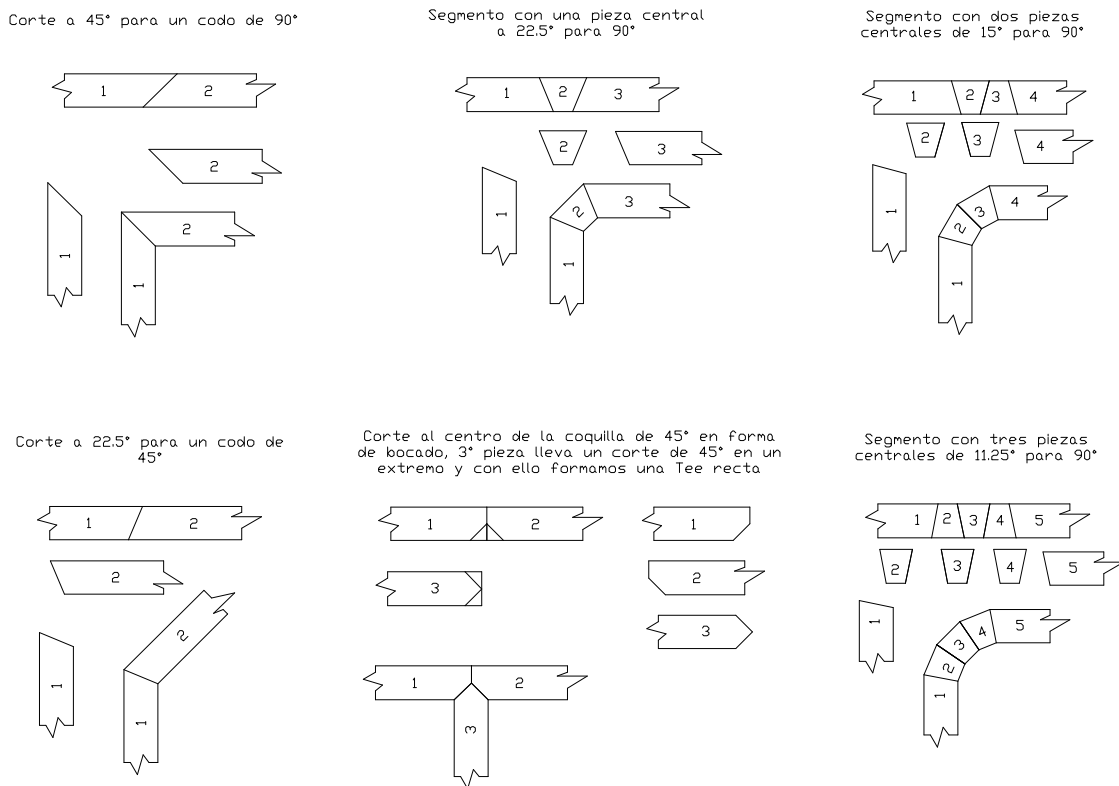
Figura 84 Pasos para la colocación de una coquilla de armaflex o equivalente



Fuente: www.armaflex.com

Esta técnica en la colocación de las coquillas de elastómero de celdas cerradas como la vista en la figura 84, es muy conveniente para aquella tubería de diámetros pequeños, en donde las coquillas se pueden embutir y dar la forma de la tubería sin ningún problema, por lo que es mas fácil cuando la tubería usa codos de radio grande, ya que de esta forma las coquillas no quedan arrugadas en las vueltas de 90°, por lo regular, una tubería de cobre en sus juntas no tiene una deformación considerable, por lo que basta de colocar bien una coquilla de aislamiento en la que no hay necesidad de reforzar este tramo. Para tubería de diámetro grande, que se aíslan con una coquilla de un espesor considerable, se procede a cortar la coquilla para formar las vueltas a los ángulos que corresponda o bien a recubrirlo con planchas de aislante, en donde siempre se debe de cortar la coquilla a lo largo antes de hacer los cortes correspondientes para el acople a recubrir.

Figura 85 Diferentes cortes de coquillas para el aislamiento de tubería de refrigeración en la formación de accesorios 45°,90° y Tee



Con la figura 85, podemos tener una idea de cómo se trabajan las coquillas de elastómeros de celdas cerradas, para el recubrimiento de diferentes tuberías de refrigeración, en donde se puede observar los diferentes cortes que se nos puede presentar en el aislamiento de una línea de refrigeración, de haber otro tipo de configuración, solo tienen que ver la forma de hacer los cortes de una manera geométrica, para que a la hora de invertir las piezas cortadas se pueda formar el accesorio a aislar con dichas coquillas, aunque en algunas tuberías de diámetros pequeños, las coquillas son tan flexibles que no es necesario hacer ningún corte, pero el aislamiento queda un poco estrangulado por una parte y arrugado por la otra, dependiendo el radio que se tengan en dichos accesorios, el proyectista debe de decidir si tiene o no que realizar los cortes lo cual es parte del criterio de cada quien.

Lo anterior es el procedimiento recomendable para el buen aislamiento de las tuberías de refrigeración, cuando la misma es una instalación nueva. Para las instalaciones ya existentes o sea que nosotros no le dimos un seguimiento desde un principio, lo recomendable es de inspeccionar todo el tramo de tubería que se quiere aislar tanto en su disposición de distancias, diámetros, condición de la tubería y su correspondiente prueba de fugas, ya que una vez aislado, nos será muy difícil localizar las fugas que se puedan tener en el sistema. Cumpliendo con lo anterior, procedemos a limpiar toda la superficie de la tubería, a modo de eliminar todo tipo de contaminante como polvos, residuos de una vieja coquilla de elastómero de celda cerrada, hongos y humedad, para garantizar una vida prolongada de las coquillas de aislamiento y elevar la eficiencia de nuestras unidades frigoríficas.

6.4.1 Opción, cuando no hay armaflex en el mercado

El aislamiento con poliuretano es otra opción que se tiene para el aislamiento de tuberías de refrigeración cuando no se cuenta en el mercado con armaflex o equivalente, esta técnica es tan buena como si se utilizará las coquillas de elastómeros de celdas

cerradas en sus características de conservación del coeficiente K, deja la tubería mas rígida o sea mas protegida, absorbe también vibraciones, el inconveniente de esta técnica, es que si es inflamable tanto por el poliuretano como por el PVC que lo contiene, en el momento de un incendio no retarda la flama. El poliuretano líquido es un compuesto formado por una base y un catalizador, conocido en el mercado como compuesto A y B. Para formar poliuretano, se procede a mezclar los dos compuestos en igual cantidad, el cual debe ser aplicado de inmediato dentro de las perforaciones de PVC, en donde dicha mezcla se expande y toma la forma del recipiente que lo contiene, formando una espuma que tiende a generar presión, razón por la cual en el caso de tuberías, tanto la tubería de cobre como la de PVC que se quiere aislar, deben estar lo mas concéntricas posible, para que el poliuretano se expanda en una forma uniforme alrededor de la tubería de cobre, quedando esta pegada a la tubería de cobre como al del PVC, proporcionando un aislamiento muy similar al de las coquillas de elastómeros de celdas cerradas.

Para esta técnica, lo mas conveniente es hacer esta operación a los tubos de cobre tipo L, es de aislar parcialmente todos los tubos que se utilizarán en nuestra instalación antes de que estos sean montados, dejando en sus extremos unos 30 a 40 centímetros libres, con el objeto de poder realizar las soldaduras correspondientes a la instalación, en la figura 86, podemos ver el acabado de una tubería de refrigeración mediante este proceso de aislamiento.

Figura 86 Técnica de aislamiento de tubería de refrigeración con PVC y poliuretano líquido



7.1 Diagramas eléctricos de unidades frigoríficas

En este capítulo hablamos de diagramas de las instalaciones eléctricas de la unidad condensadora y evaporadora que comprende el circuito de mando y control del equipo completo. En las unidades condensadoras, se presentan los diagramas eléctricos, en donde se puede ver que dichos equipos trabajan de una forma automática a pesar de los diferentes cambios de temperatura y presión del refrigerante, estos equipos pueden encender y apagar el compresor, válvulas solenoide y otros, en función de la carga térmica que maneja el sistema en todo momento, tanto para el condensador como el evaporador, ya que uno depende del otro.

Los diagramas que a continuación se muestran, son de diferentes fabricantes, en donde dichos equipos son estandarizados, por lo que se puede apreciar la gran similitud entre ellos, con este propósito se muestran los diagramas de una unidad de 70Hp marca Chandler, 50Hp marca Century, 40Hp marca Century y 40Hp marca Larkin, dichos diagramas eléctricos se encuentran ubicados en las puertas de los gabinetes eléctricos de las unidades condensadoras, en las que podemos apreciar ciertas diferencias de componentes en su adquisición, dependiendo del lugar ha instalar la unidad condensadora, los componentes variarán dependiendo de la temperatura ambiente del lugar por tal razón el fabricante tiene la flexibilidad de instalarlos a solicitud del cliente, entre estos dispositivos están la trampa de refrigerante, válvula de LAC, válvula ORI, válvula ORD y válvula OROA, el protector de fases, sistema de arranque en secuencia automático. Antes de la presentación de los diferentes diagramas, se proporciona el significado de cada uno de los componentes en la tabla XX.

Tabla XX Abreviaturas, significado y traducción de los diferentes componentes que hacen funcionar un equipo frigorífico de diversas capacidades y marcas.

LARKIN		
Abreviatura	Significado	Traducción
CM	Compressor module	Módulo del compresor
DCM	Demand cooling module	Módulo de demanda de carga
FCS	Fan cycling switch	Interruptor de ciclos de ventiladores
HPS	High press switch	Interruptor de presión alta
LPS	Low press switch	Interruptor de presión baja
LSV	Liquid solenoide valve	Válvula solenoide de líquido
OPS	Oil press switch	Interruptor de presión de aceite
PLM	Phase loss monitor	Monitor de pérdida de fases
R	Relay	Relay
TDR	Time delay relay	Relay con retardo
WWS	wire when supplied	Conductores cuando son suplidos
C	Contactora	Contactora
CB	Circuit breaker	Interruptor termomagnético
DHC	Defrost heater contactor	Contactora de deshielo por resistencias
EFC	Evaporator fan contactor	Contactora de ventiladores del evaporador
F	Fuse	Fusible
FM	Fan motor	Motor del ventilador

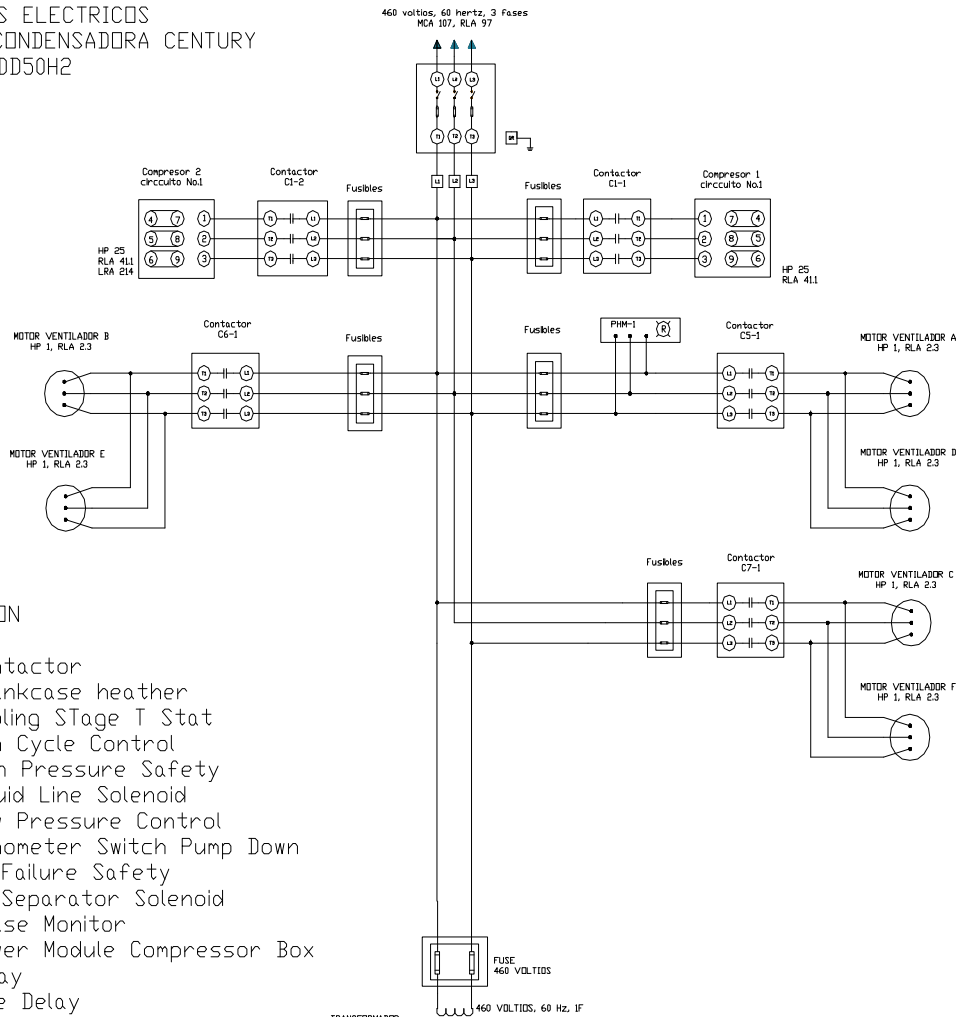
CENTURY		
Abreviatura	Significado	Traducción
AA	Audible Alarm	Alarma audible
ACF	Aux. Cooling Fan	Contacto auxiliar de ventilador evaporador
ADC	Alarm Dry Contact	Contacto seco alarma
AFI	Air Flow Interlock	Traba de flujo de aire
AM	Ammeter	Ammeter
C	Contactora	Contactora
CCH	Crankcase Heater	Resistencia del carter
CD	Contactora Defrost	Contactora de deshielo
CE	Contactora Evap. Fan	Contactora de ventiladores del evaporador
CPR	Crankcase Press Reg.	Regulador de presión del carter
CST	Cooling Stage T'stat	Grado de enfriamiento con retardo encendido
CT	Current Trasformer	Transformador de corriente
DDPR	Diff. Disch. Press Reg.	Regulador de presión de descarga diferencial
DPH	Drain Pan Heaters	Bandeja de drenaje de resistencias
DS	Door interlock Sol.	Traba de puerta de solenoide
DSHS	Desuperheat Hot gas Sol.	Solenoide de recalentamiento de gas caliente
DTS	Discharge line temp. Start	Temperatura de arranque línea de descarga

Tabla XX Continuación

CENTURY		
Abreviatura	Significado	Traducción
EPR	Evap. Press Reg.	Regulador de presión del evaporador
FCS	Fan cycle control	Control de ciclo de ventiladores
FDPT	Fan delay adjustable	Timer ajustable para ventiladores
FDTT	Fan delay thermodisc	Timer thermodisc para ventiladores
FS	Flow switch	Switch de flujo
FZ	Freeze safety	Congelamiento seguro
GOT	Guaranteed off timer	Apagado del timer garantizado
GR	Ground	Tierra física
HC	Humidity control	Control de humedad
HCC	Heater cable, chiller	Cable de resistencia del chiller
HCR	Heater cable, Receiver	Cable de resistencia del recibidor
HGBS	Hot gas bypass solenoide	solenoide bypass del gas caliente
HGD	Hot gas defrost sol.	Solenoide para deshielo de gas caliente
HOL	High oil level	Nivel de aceite alto
HP	High pressure safety	Alta presión segura
HRWT	Hi return water t'stat	Alto retorno de agua
LIS	Liquid injection sol.	Solenoide de inyección de líquido
LLL	Low liquid level	Bajo nivel de líquido
LLPS	Load limit press switch	Interruptor de presión limite de carga
LLS	Liquid line sol.	Solenoide de línea de líquido
LO	Low press control	Control de baja presión
OS	Oil separator sol.	Solenoide del separador de aceite
PHM	Phase monitor	Monitor de fases
PM	Power module, compressor box	Modulo de potencia del compresor
PST	Positive start timer	Arranque positivo por timer
R	Relay	Relay
RHC	Reheat control	Control de recalentamiento
RHC	Reheat 3 way valve solenoide	Control de recalentamiento 3 way Vál. Sole.
S	Starter	Arrancador
TC	Temp. Control	Control de temperatura
TCM	Time clock Meter	Horometro

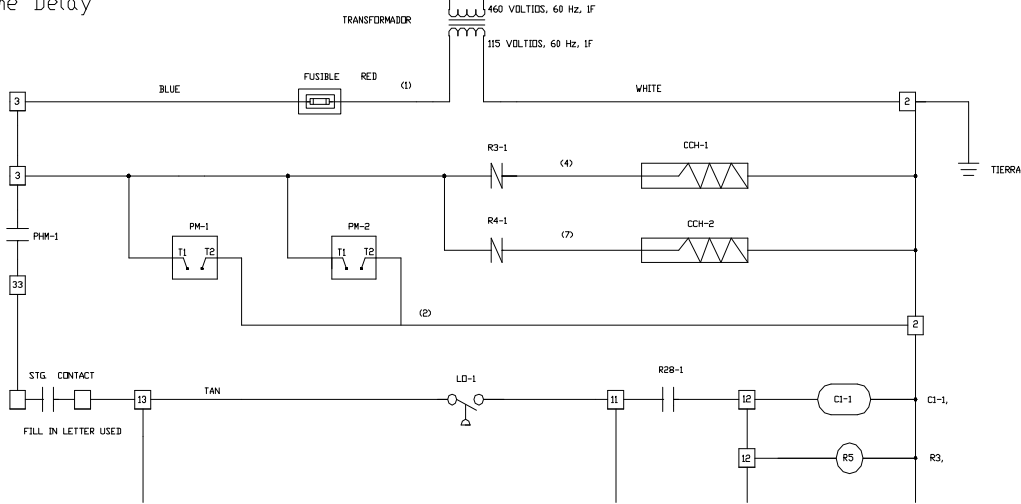
Figura 87 Diagrama de una unidad de 50 Hp marca

ESQUEMAS ELECTRICOS
UNIDAD CONDENSADORA CENTURY
MODELO DD50H2



DESCRIPCION

- C Contactor
- CCH Crankcase heater
- CST Cooling Stage T Stat
- FCS Fan Cycle Control
- HP High Pressure Safety
- LLS Liquid Line Solenoid
- LD Low Pressure Control
- MSPD Manometer Switch Pump Down
- DF Oil Failure Safety
- DS Oil Separator Solenoid
- PHM Phase Monitor
- PM Power Module Compressor Box
- R Relay
- TD Time Delay



CONTINUA

Figura 88 Diagrama de potencia de una unidad de 70 Hp marca Chandler

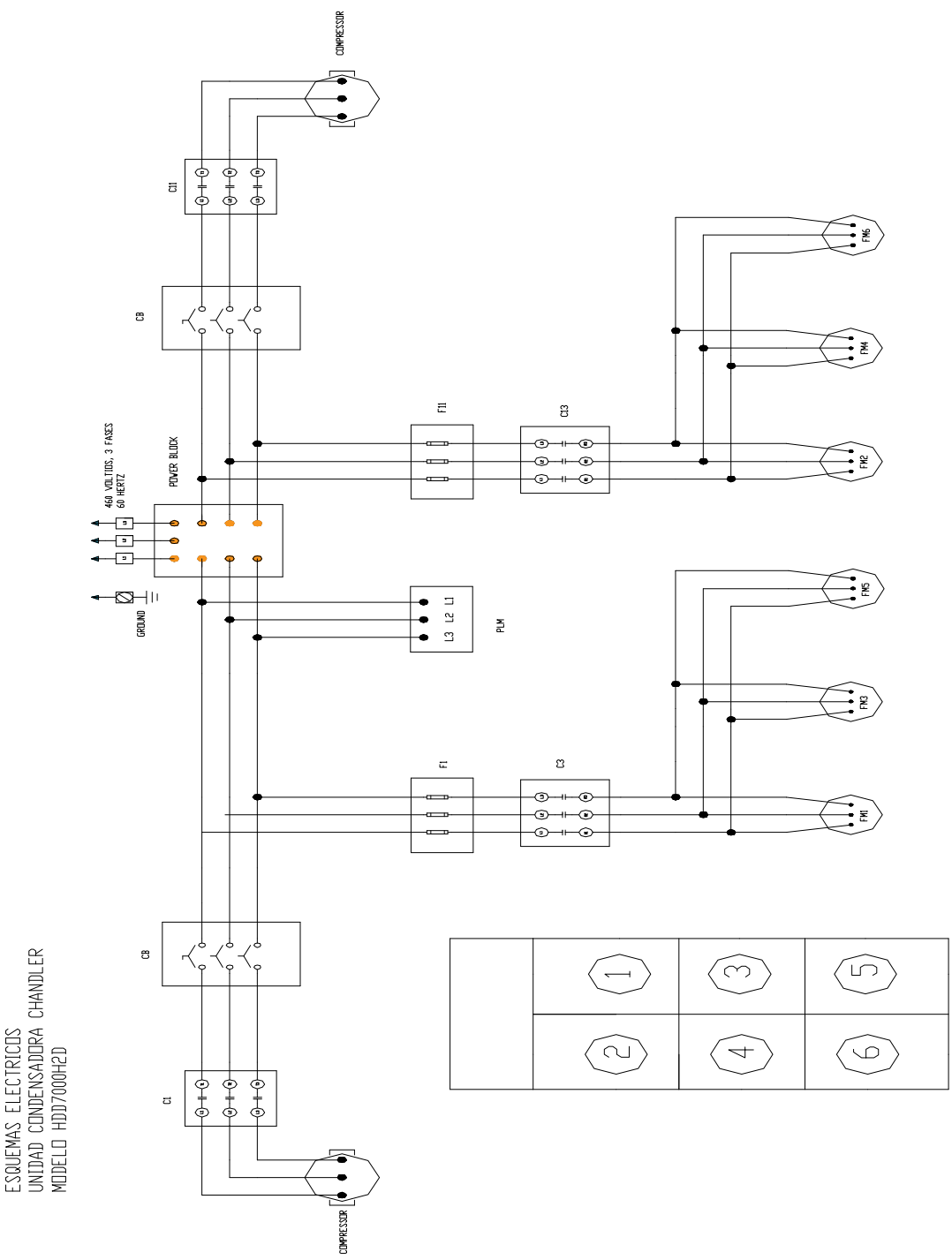


Figura 89 Diagrama de control de una unidad de 70 Hp marca Chandler

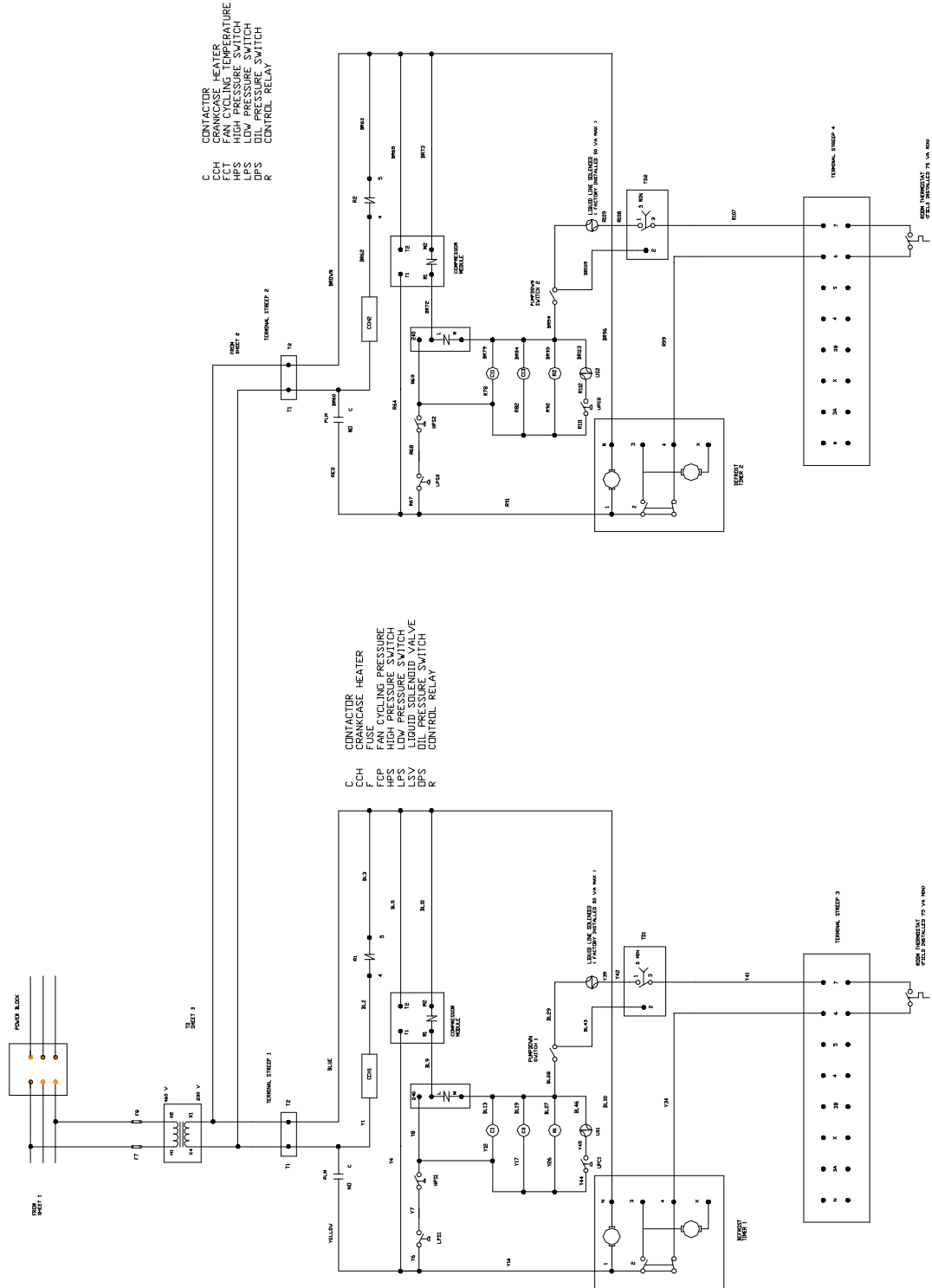
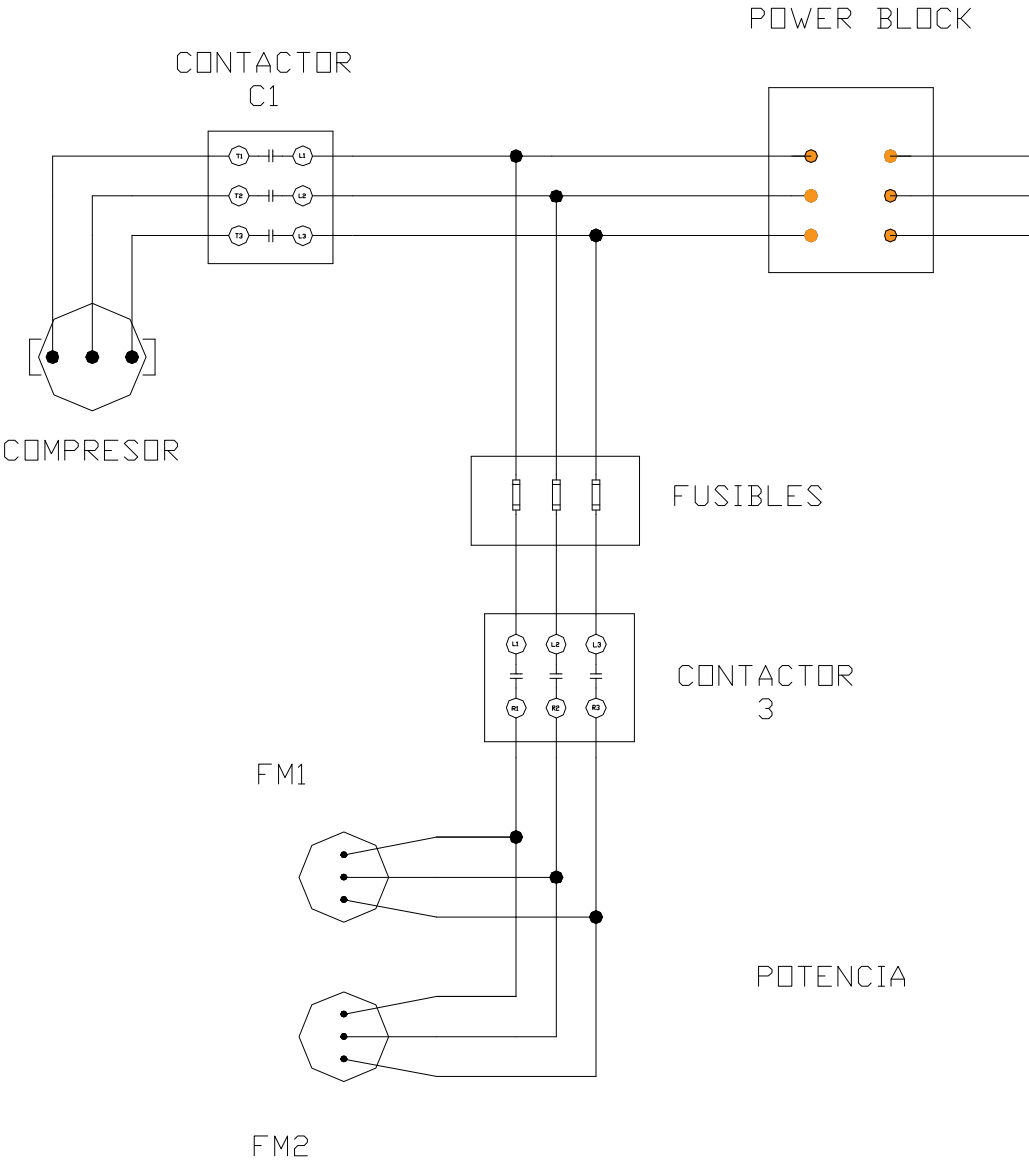


Figura 90 Diagrama eléctrico de potencia y control de una unidad de 35 Hp marca Larkin

ESQUEMAS ELECTRICOS
 UNIDAD CONDENSADORA LARKIN
 MODELO DE 35HP



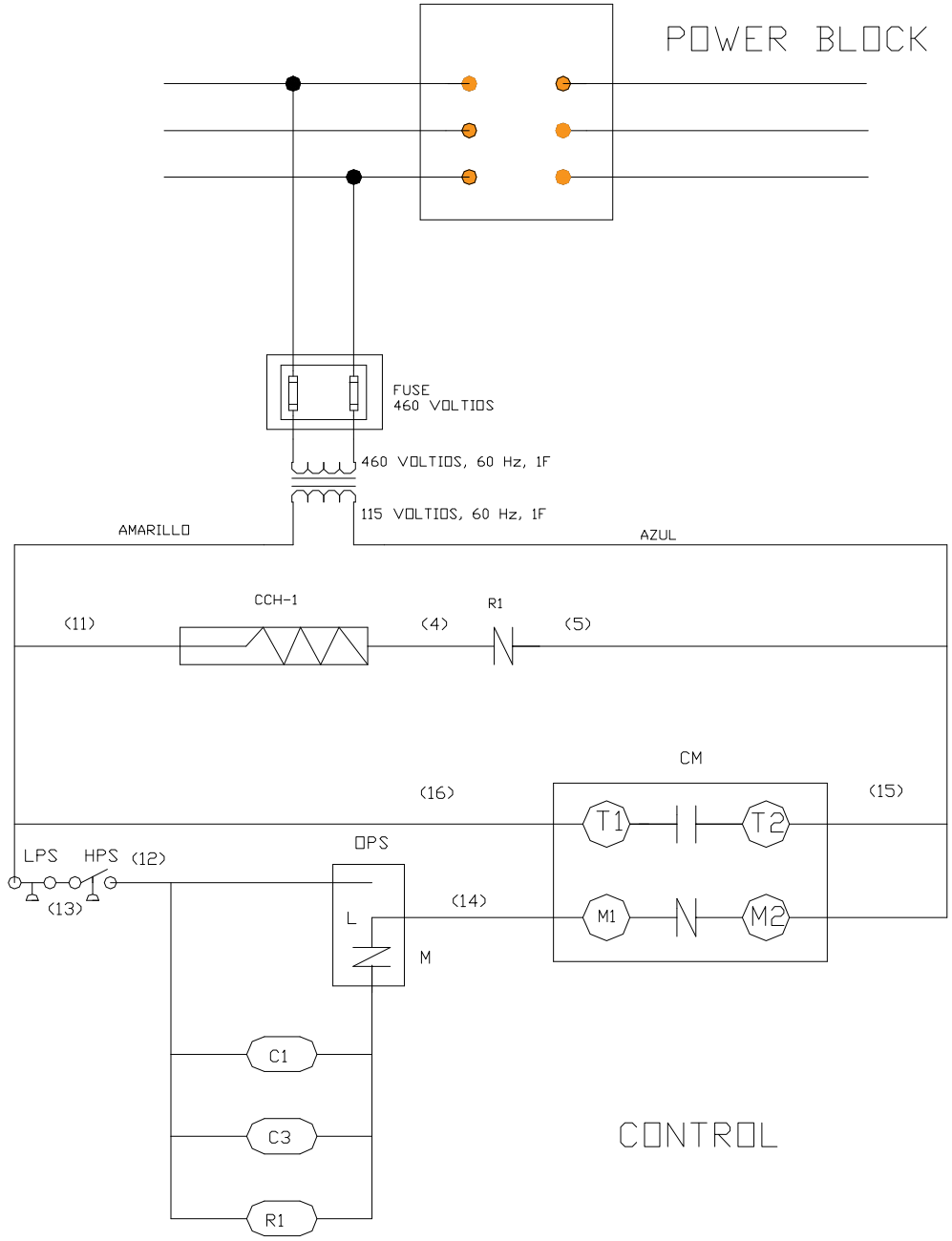
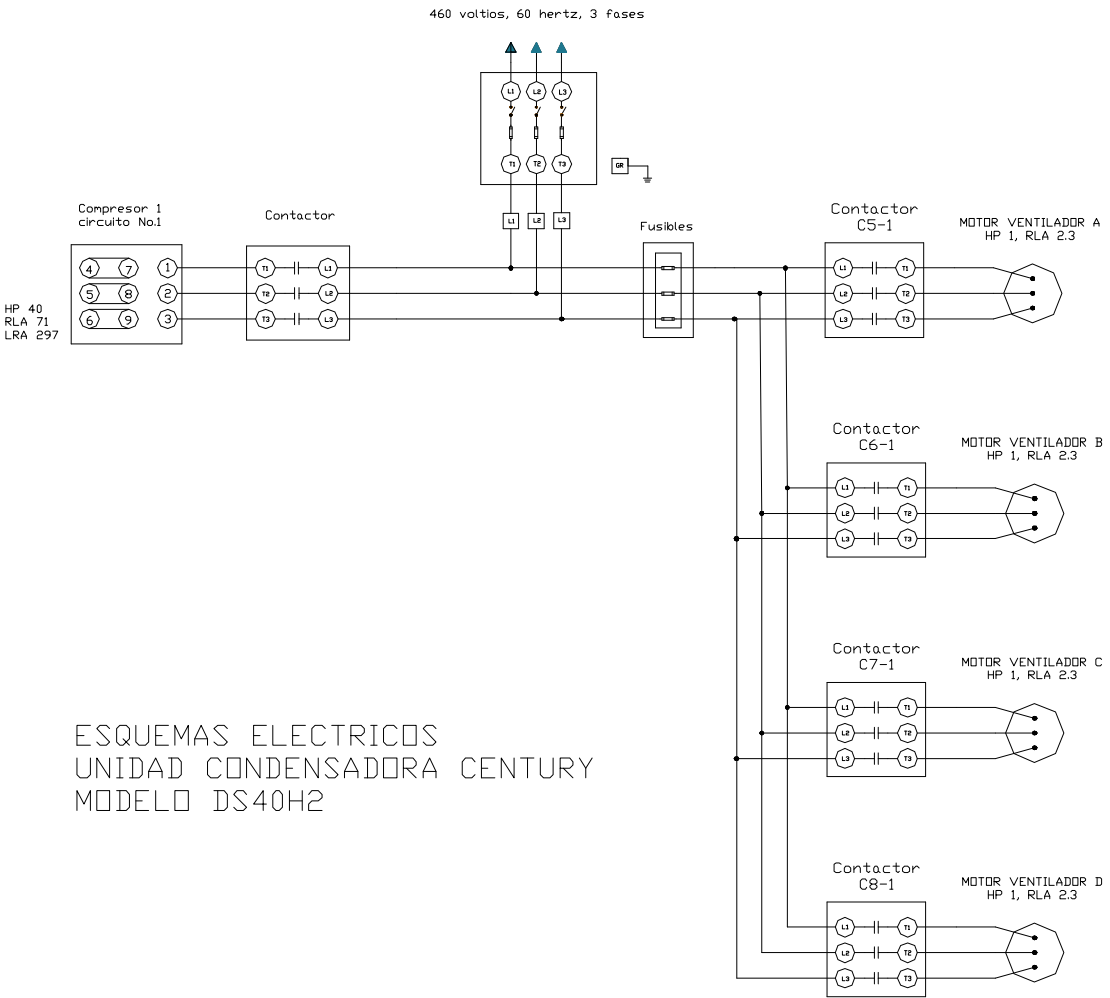
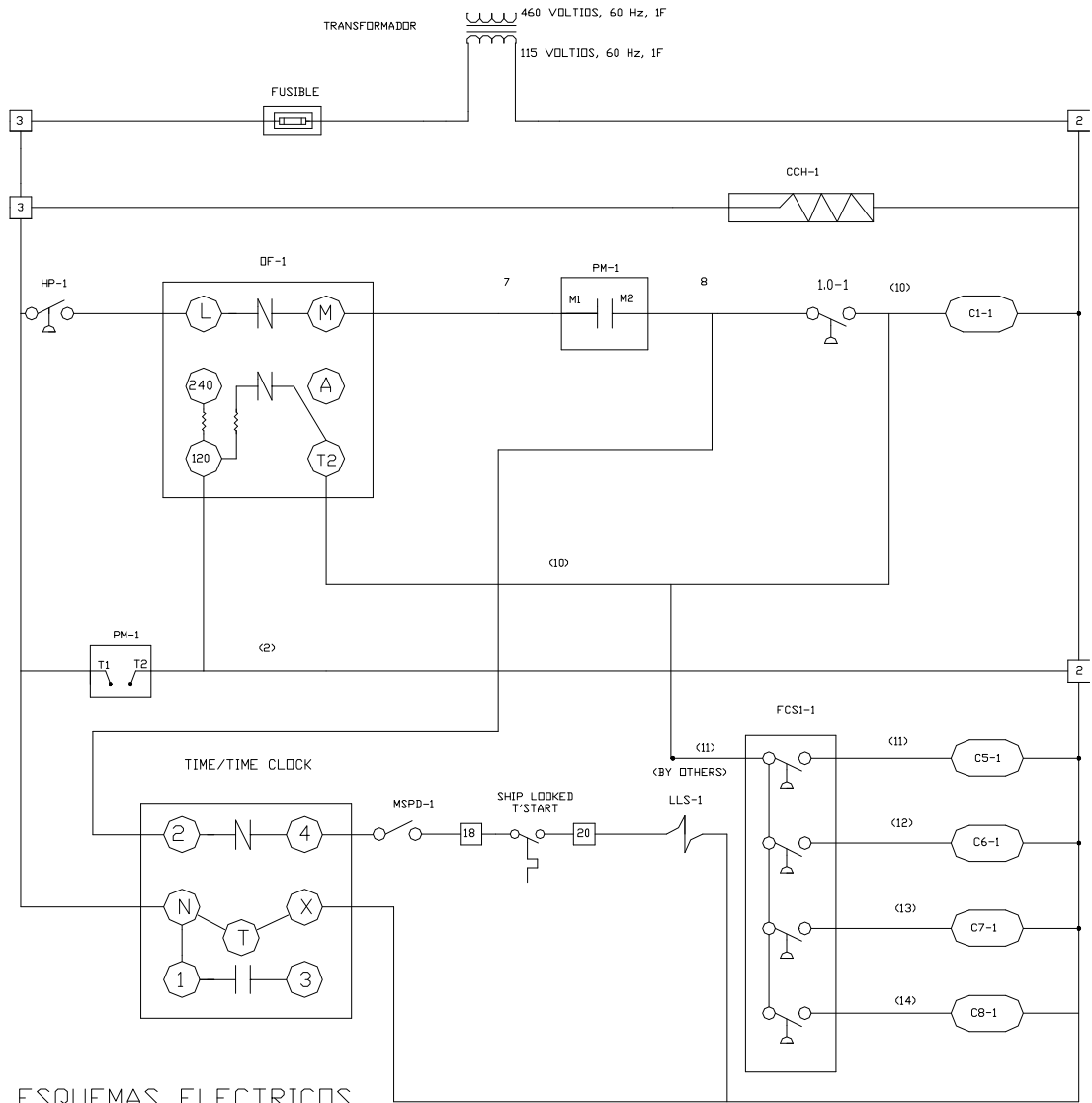


Figura 91 Diagrama eléctrico de potencia y control de una unidad de 40 Hp marca Century.



ESQUEMAS ELECTRICOS
UNIDAD CONDENSADORA CENTURY
MODELO DS40H2

POTENCIA



ESQUEMAS ELECTRICOS
UNIDAD CONDENSADORA CENTURY
MODELO DS40H2

CONTROL

Las figuras 87 a 91 muestran la disposición de cada elemento que complementa las unidades, estos dispositivos hacen posible de que estas máquinas puedan encender y apagar cada uno de los compresores, así también los ventiladores por medio de sus interruptores que trabajan con diferenciales de presión.

En la determinación de las características del compresor, podemos ver según los requerimientos de la U.L. (Underwritten Laboratories), basados en el NEC (National Electrical Code), podemos mencionar el amperaje de placa, en donde la corriente de plena carga ha sido sustituida por el término de carga nominal en amperios RLA (Rating Load Amperes). El valor mostrado en la placa de identificación es complicado, por el hecho, de que la corriente demandada en operación normal se puede determinar al poner en marcha el sistema completo, donde un compresor realmente tiene un número infinito de condiciones de operación que depende de su aplicación. Por tal razón, los fabricantes de compresores establecen los valores de carga nominal de amperes, para cada compresor en base al 71% de la corriente máxima permitida por el sistema de protección del motor, lo cual le permite al compresor demandar el 140% del valor de la carga nominal antes de activar el protector.

Algunos modelos de compresor, no tienen marcado en su placa el valor de la carga nominal en amperios, puesto que un diseño de motor, puede usarse en diferentes modelos de unidad condensadora con diferentes refrigerantes, para diferentes rangos de operación.

El valor de la carga nominal, usualmente se selecciona como el valor mas alto de placa de identificación, para un motor específico. Por lo que siempre es un valor conservador que puede ser usado como factor de seguridad en el caso de que se desconozca los valores de placa del compresor.

7.2 Fusibles:

7.2.1 Selección de fusible

En la selección de fusibles como elemento protector de un circuito tiene importancia primordial las características siguientes:

- I. Tensión asignada en voltios (V).
- II. Tensión alterna.
- III. Tensión continúa.
- IV. Intensidad asignada de la corriente, en amperios (A).
- V. Clase de servicio (Característica tiempo-intensidad).
- VI. Forma constructiva (clases y tamaños).

Ventajas en el uso de fusibles:

- a. Baja potencia disipada asignada que asegura una elevada rentabilidad y calentamiento reducido.
- b. Capacidad de ruptura asignada segura desde la corriente de sobrecarga inadmisibles más pequeña hasta la mayor corriente de cortocircuito.
- c. Escalonamiento fino de la selectividad que aprovecha de manera óptima la sección de los conductores.
- d. Fuerte limitación de la corriente que protege en forma segura todas las partes de la instalación.
- e. Funcionamiento confiable durante largos años de servicio.
- f. Elevada insensibilidad al envejecimiento que evita interrupciones innecesarias del servicio.
- g. Estabilidad de las curvas de fusión que se mantiene incluso con las más variadas relaciones de temperatura.

- h. Variada gama de accesorios, convenientes, inclusive para aumentar la seguridad ante contactos accidentales.
- i. Fusibles aprobados en numerosos países del mundo.
- j. Seccionador bajo carga que permite reemplazar cartuchos fusibles y desconectar hasta 50 kA sin riesgos.
- k. Amplio programa para todos los casos de aplicación.

7.2.2 Clase de servicio:

De acuerdo con su función los fusibles se subdividen en clases de servicio. La primera letra señala la clase de funcionamiento y la segunda, el objeto a proteger:

PRIMERA LETRA: a.

Fusibles de uso parcial (acompanied fuses): Cartuchos fusibles que, como mínimo pueden conducir en forma permanente corrientes de hasta su intensidad asignada y, además están en condiciones de interrumpir corrientes con un determinado múltiplo de su valor asignado hasta la corriente asignada de desconexión.

SEGUNDA LETRA: g.

Fusible de uso general (general purpose uses): Cartuchos fusibles que pueden conducir en forma permanente corrientes de, como mínimo, su intensidad asignada y además están en condiciones de interrumpir las corrientes de fusión más pequeñas hasta llegar a su corriente asignada de desconexión. Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

G: Protección de cables y conductores (uso general).

M: Protección de aparatos de maniobra, motores.

R: Protección de semiconductores (rectificadores).

L: Protección de cables y conductores.

B: Protección de instalaciones mineras.

Tr: Protección de transformadores.

Además en el caso de los fusibles DIAZED existen las características de LENTOS o RÁPIDOS. En la zona de cortocircuito el fusible con la característica RAPIDO desconecta con mayor celeridad que la clase de servicio gL/gG. Los cartuchos fusibles DIAZED para la protección de instalaciones ferroviarias con corriente continua y característica LENTO se adaptan especialmente para la desconexión de circuitos muy inductivos. Ambas características también sirven para la protección de cables y conductores.

Los fusibles de uso general (gL/gG, gR, lento, rápido) desconectan con seguridad tanto sobrecargas inadmisibles como cortocircuitos.

Los fusibles de uso parcial (aM, aR) se utilizan exclusivamente para la protección contra cortocircuitos. Comprende las siguientes clases de servicio:

gL/gG: Protección general de cables y conductores.

aM: Protección parcial de aparatos de maniobra.

aR: Protección parcial de semiconductores.

gR: Protección general de semiconductores.

Rápido: Protección general de cables y conductores.

Lento: Protección general de cables y conductores.

7.2.3 Características de operación general:

1. Son de una sola operación, ya que después de haber interrumpido la falla debe reponerse el fusible completo o su elemento fusible.
2. Son de operación individual ya que sólo interrumpen la corriente en la fase donde sucedió el corto circuito o sobrecarga.
3. Son más económicos comparados con otros elementos de protección.
4. Tienen una curva de operación muy inversa o tiempo de operación muy corto, lo cual hace que resulte difícil coordinarlo con otro tipo de protección que no sean fusibles.
5. Tienen una potencia de corto circuito mayor o capacidad interrumpida mayor que otros dispositivos de protección.
6. Sin son de buena calidad, y preferentemente sellados, son seguros y difícilmente operan sin causa justificada, ahora, si son de mala calidad y del tipo no sellado puede llegar a existir una falla y éstos no accionar poniendo en peligro la instalación y al personal técnico operativo.

7.2.4 Construcción:

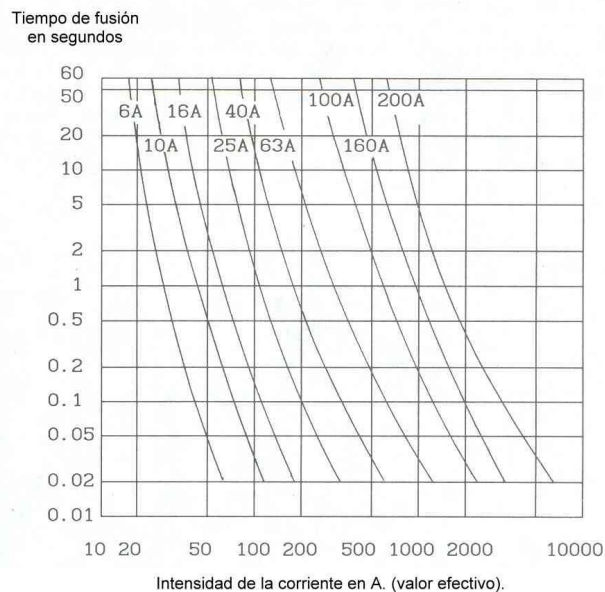
El elemento fusible está colocado dentro de una estructura con terminales y bases para su fijación con los aislamientos necesarios, los cuales se ven limitados por el nivel de voltaje entre línea y tierra. El elemento fusible puede estar rodeado de aire, arena de cuarzo o algún otro material para enfriar los gases del arco y reestablecer el medio dieléctrico.

La calibración del fusible se hace en función de las pérdidas de energía por efecto Joule. El calor que produce la corriente nominal se disipa en el medio ambiente, por lo que la temperatura no produce alteraciones en las propiedades físicas del elemento fusible, si la corriente se mantiene por un determinado tiempo sobre la corriente

nominal, la temperatura del elemento tiempo sobre la corriente nominal, la temperatura del elemento fusible alcanza su punto de fusión y abre el circuito.

El tiempo de fusión de un fusible se representa nominalmente en el diagrama de tiempo corriente, abscisa y ordenada con divisiones logarítmicas y una curva de tiempo inverso en dependencia de la corriente. El curso de la curva característica de fusión principia en el menor valor de corriente al cual el conductor fusible puede fundirse y se acerca asintóticamente a la recta oblicua con el valor calorífico de fusión del fusible cuando la corriente de corto circuito es muy alta. La curva característica del fusible depende mucho de la transmisión de calor del elemento fusible al exterior. Las curvas características de fusión y de interrupción son aproximadamente iguales hasta 20 veces la corriente nominal.

Figura 92 Curva característica de operación de fusibles.



Fuente: Bratu Serbán, Neagu. INSTALACIONES ELÉCTRICAS. Pág. 175.

A mayores corrientes de corto circuito las curvas divergen. La diferencia entre la curva viene determinada por el tiempo de extinción del fusible, el cual depende del factor de potencia del circuito, la tensión de servicio y la corriente que debe ser interrumpida.

Los fusibles para baja tensión se construyen en diversas formas, las más comunes son los llamados tipo tapón y tipo cartucho, los fusibles tipo cartucho pueden ser también de dos clases constructivas como lo son los sellados o fusibles a los cuales no se les puede cambiar el elemento fusible y los no sellados en los cuales pueden reponerse únicamente el elemento fusible. El fusible tipo tapón es de potenciales de corto circuito bajas y se fabrica con corrientes nominales hasta aproximadamente 30 amperios. Los fusibles tipo cartucho están diseñados para potencias de corto circuito mayores y para corrientes nominales de hasta 600 amperios.

Todos los fusibles se funden con corriente de falla de altos valores en un tiempo menor a medio ciclo cuando nos encontramos en sistemas de 60 ciclos, sin embargo, el arco formado es conductor y este permite que la corriente de corto circuito alcance su máximo antes de disiparse, la mayoría de los fusibles se dice que son autoprotegidos ya que son capaces de extinguir cualquier arco o limitar cualquier corriente que se encuentra comprendida dentro de su rango de capacidad interrumpida, de lo contrario el fusible puede explotar. A continuación se presenta algunas aplicaciones para fusibles:

1. Fusibles de uso general: Son utilizados para la protección de alimentadores principales, centro de carga de alumbrado, calefactores y otras cargas que no sean motores, centro de carga residenciales, transformadores de control.
2. Fusibles de disparo retardado: Son fusibles limitadores de corriente para soportar el arranque de motores, están diseñados para soportar sobrecorrientes relativamente pequeñas por intervalos de tiempo más prolongados, por lo que

permiten el arranque de motores repetidas veces sin fundirse. Son utilizados para la protección de motores, transformadores, cargas inductivas en general, alimentadores de centros de control de motores. Estos fusibles se seleccionan aproximadamente a un 125% de la corriente a plena carga del motor.

3. Fusibles de disparo rápido: Son recomendados para la protección de capacitores, interruptores termomagnéticos, centros de carga, conductores de barras sólidas cuando la corriente de corto circuito es muy alta, protección de tarjetas electrónicas o campo en motores de corriente directa.
4. Fusibles para Semiconductores: Son fusibles de disparo súper rápido, se utilizan en serie con los tiristores para proporcionar la máxima protección. La curva de operación de estos fusibles es casi vertical. Generalmente funden con pequeñas sobrecargas.
5. Fusibles para máquinas soldadoras: Su aplicación es muy especial ya que provee protección a fallas en máquinas soldadoras o cargas similares en las cuales el trabajo sea por impulso, pero a capacidad nominal. Poseen gran capacidad térmica y casi no se ven afectados por la temperatura ambiente o tiempo prolongado de uso en máquinas soldadoras. Estos fusibles únicamente darán protección contra corto circuito y no así contra sobrecargas.
6. Cajas de cuchillas o interruptores de cuchillas con fusibles: Las cajas de cuchillas también son conocidas como interruptores de seguridad las cuales pueden ser para servicio normal o pesado según la capacidad de los fusibles que se coloquen en ella y del nivel de voltaje de la caja.

Según clasificación comercial por aplicación tenemos los siguientes tipos de interruptores de seguridad:

- a. Servicio ligero.
- b. Servicio pesado.
- c. Doble tiro.
- d. Línea doméstica.

Pueden encontrarse en los siguientes voltajes:

- a. 240 Vac, de 2 y 3 polos.
- b. 600 Vac, de 3 polos.

Ambos tipos con o sin porta fusible, las zapatas terminales están diseñadas para soportar valores de amperaje de 30, 60, 100, 200, 400, 600. Para los interruptores de seguridad se proporciona un kit para instalación de tierra física que tiene los siguientes valores de amperaje: 30, 60, 100, 200, 400, 600.

Para los interruptores de seguridad se utilizan varios tipos de fusibles según su aplicación y capacidad interruptiva en corto circuito. En la siguiente tabla se presentan.

Tabla XXI Capacidad interruptiva de fusibles.

capacidad interruptiva	
clase	Amperios rcm
H	10,000
K	10,000
R	100,000
J	100,000
T	100,000
L	200,000

Fuente: Compendiado No. 22. EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, Square D, Groupe Schneider. Pág. 2-4,2-5 y 2-8.

Figura 93 Interruptor de Seguridad para servicio ligero, con elemento fusible..



Fuente: Compendiado No. 22. EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, Square D, Groupe Schneider. Pág. 2-2.

Figura 94 Interruptor de Seguridad para servicio pesado, con elemento fusible.



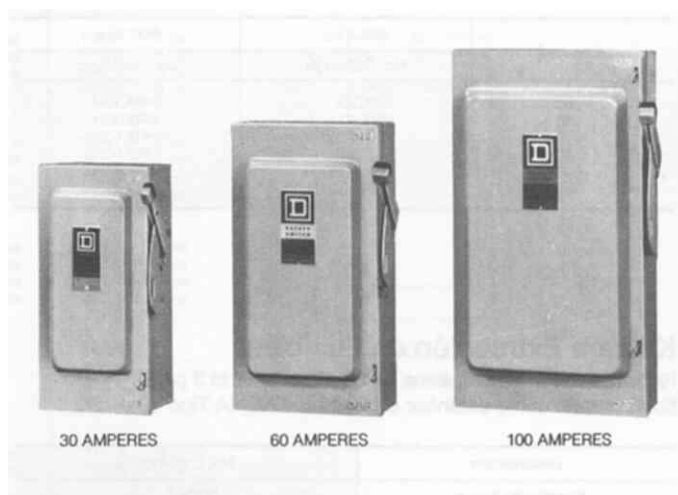
Fuente: Compendiado No. 22. EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, Square D, Groupe Schneider. Pág. 2-2.

Figura 95 Interruptor de seguridad de doble tiro con elemento fusible.



Fuente: Compendiado No. 22. EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, Square D, Groupe Schneider. Pág. 2-3.

Figura 96 Interruptores para servicio pesado, tamaño de acuerdo a nivel de amperaje en zapatas, con elemento fusible.



Fuente: Compendiado No. 22. EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, Square D, Groupe Schneider. Pag. 2-5.

Los fusibles que se utilizan en los equipos de refrigeración industrial para la protección contra corto circuito o sobrecarga son instalados en la unidad condensadora, desconectan la unidad, protegiendo al compresor y ventiladores durante la operación, el condensador cuenta con portafusibles.

El procedimiento de selección de fusibles esta basado en la magnitud de retraso de tiempo del elemento doble del fusible, el cual cumple con los requerimientos de la mayoría de los equipos eléctricos instalados en la unidad, para la protección de cada motor. Cuando se tienen varios motores como el caso de estos equipos de refrigeración, es necesario tener un solo grupo de fusibles por razones económicas, tomando en cuenta la temperatura ambiente extrema y las condiciones inusuales de operación en donde es recomendable el uso de un fusible de mayor capacidad que el recomendado.

La placa de identificación del compresor, tiene anotados los datos que se necesitan para determinar la magnitud de protección contra un cortocircuito, esto es información vital para la selección del fusible, así como magnitud y tipo de voltaje, los amperes a rotor bloqueado (LRA) y la corriente nominal a plena carga (RLA).

En las tablas de selección de fusibles se ajustan estos valores de placa, así que todo lo que se necesita para saber la capacidad del fusible con retardo de tiempo contra un corto circuito en un compresor, es determinar un multiplicador para el RLA haciendo las siguientes preguntas.

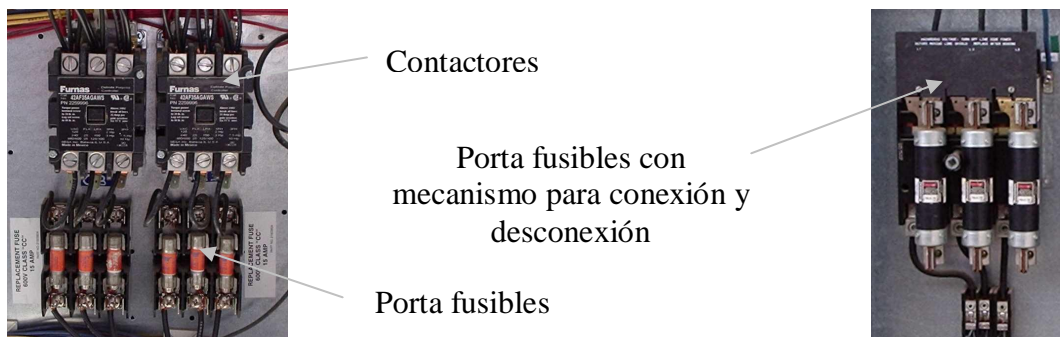
- a) Determine la carga relativa del RLA en la placa de identificación
- b) Determine el LRA en la placa de identificación
- c) Dividir LRA/RLA, para obtener la relación de interrupción.
- d) Si la temperatura ambiente en el fusible es mayor de 120°F, multiplique la relación del interruptor por 1.08.
- e) Para los compresores trifásicos, multiplique RLA por 1.4, si la relación de

interrupción es de 4 o menos veces, por 1.5 si la relación de interrupción es mayor que 4 veces.

- f) Use el fusible relevador de tiempo del grado siguiente mas alto sobre el valor ajustado del RLA del inciso e.

En ningún caso el valor del fusible puede exceder al 225% del RLA del compresor según especificación de algunos fabricantes de compresores, en la figura 97 se muestran los diferentes clases de fusibles que se utilizan en refrigeración.

Figura 97 Diferentes tipos de porta fusibles usados en equipo de refrigeración.



7.3 Interruptores Termomagnéticos.

En nuestro medio, tenemos una infinidad de proveedores que nos pueden ofrecer líneas completas de interruptores termomagnéticos, la selección se realizará de acuerdo a las características del equipo por instalar o él ya instalado, cuando este no ha sido protegido adecuadamente. Si es una nueva instalación, determinaremos un proveedor por las especificaciones de su producto, variedad y precio. Con esta información como base, los interruptores termomagnéticos, son utilizados para la protección de sobrecorriente en sistemas CA y CD, están disponibles con capacidad interruptiva

normal y alta que pueden ser montados individualmente en gabinetes industriales, tableros de distribución y otros según sea el caso.

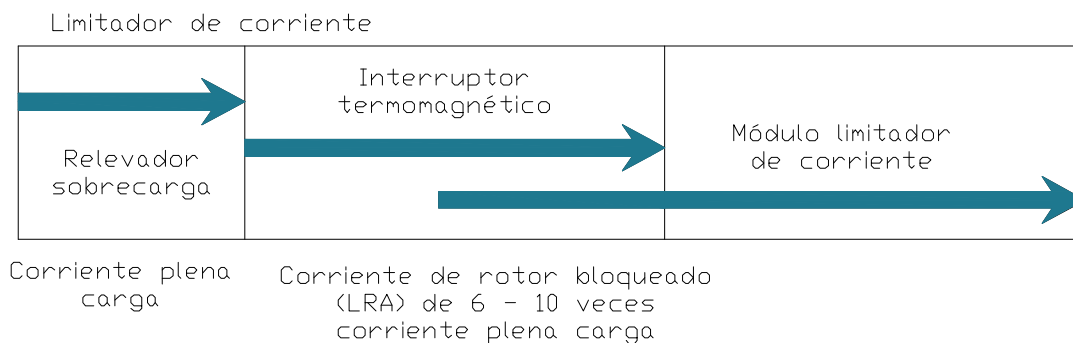
Los interruptores utilizados en equipos de refrigeración industrial cumplen con las normas Nema AB1, UL 489 y otras, garantizando durabilidad y confiabilidad, puesto que los interruptores termomagnéticos para 480V tienen especificaciones técnicas muy diferentes a los de uso residencial por tratarse de un voltaje de tipo industrial. Además cuentan con un mecanismo libre de apertura y cierre rápidos, los cuales mediante una barra común se asegura el cierre o apertura simultánea de los polos del interruptor.

El mecanismo de disparo de estos interruptores termomagnéticos tienen una unidad de disparo permanente, conteniendo elementos de disparo térmico y magnético individual en cada polo. Los elementos térmicos de disparo están calibrados para una temperatura máxima de ambiente de 40°C, pueden ser ajustados externamente para todos los polos del interruptor de una forma simultánea al mismo punto de disparo magnético.

Cuando se da una falla, el interruptor termomagnético, cambia su palanca a una posición intermedia, lo cual es señal de que se dio una falla, para reestablecer el interruptor, debemos mover la palanca a la posición OFF y luego a la posición ON para reestablecerlo, estos interruptores pueden ser montados y operados en cualquier posición, las capacidades interruptivas son establecidas en combinación con el arrancador seleccionado..

Para el arranque de los equipos de la unidad condensadora, se requiere que el interruptor termomagnético, cuente con un modulo limitador de corriente, el cual opera en combinación con el interruptor en las gamas de corriente mostradas en la figura 98, en donde el mayor número de cortos circuitos, son de bajo nivel y son abiertos por el interruptor sin que opere el limitador de corriente.

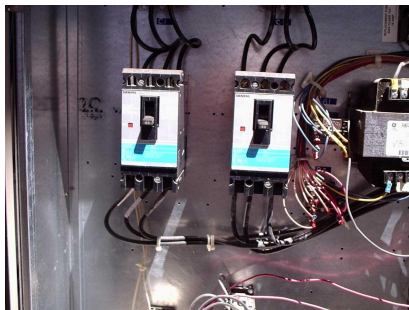
Figura 98 Rangos de corriente que actúan en un interruptor termomagnético.



Las corrientes de alto nivel son interrumpidas por el módulo y el interruptor, algunos interruptores traen de fábrica el selector de ajuste en el punto mas bajo para los interruptores automáticos de 3 y 4 polos, como los de la figura 98.

Después de la instalación, los interruptores deben ajustarse al punto mas bajo que permita un arranque adecuado del motor, sin que exceda de 13 veces la corriente a plena carga del mismo. En este punto de disparo, deberá ser ligeramente mayor que la corriente de arranque o de rotor bloqueado (LRA).

Figura 99 Interruptor termomagnético de 3 polos montado en el panel de control del condensador



7.4 Cableado para control y potencia

Las unidades condensadoras ya vienen cableadas de fábrica según especificaciones del cliente, sin embargo ellos recomiendan que se cumplan ciertos requerimientos del NEC (National Electrical Code), en que de darse alguna modificación en su circuitos o por mantenimiento, colocar un tipo de conductor según la temperatura ambiente, cuando este abajo de 100°F, se recomienda un conductor de tipo TW y UF para 60°C (140 °F), si la temperatura esta por arriba de 100°F, use conductor de tipo RHW, THHW, ZW, etc, para 75°C (167 °F), aunque lo mas recomendable es usar conductores de cobre con chaqueta de nylon tipo THW, THWN Y THHN, etc, para 90°C (194°F).

Para una instalación nueva, debemos tener presente la caída de voltaje en los conductores, teniendo el cuidado de no exceder del 2%, entre el tablero principal a los tableros secundarios y de un 3% de los tableros secundarios a los equipos a energizar, estos porcentajes son los máximos permitidos, para la elección de un conductor.

Cuando en un conductor de una longitud determinada se percibe una caída de voltaje, esto quiere decir que este conductor no puede transportar la corriente demandada por los equipos, puesto que el mismo se convierte en una resistencia eléctrica que provoca dicha caída de voltaje que en combinación a la impedancia del equipo forma un divisor de voltaje entre terminales, haciendo que se incremente la corriente del circuito, por tal razón, se debe escoger un conductor de mayor sección para aminorar este efecto de caída de potencial.

Para determinar la sección del conductor a utilizarse en la acometida de un equipo, debemos de conocer el amperaje del mismo, el cual esta indicado por LRA (Lock Rotor Amperes), lo cual nos da la magnitud de corriente cuando el rotor del motor esta bloqueado, mostrándonos la máxima corriente en este caso, también debemos de conocer el voltaje de servicio, la distancia entre el tablero y el equipo, el tipo de

alimentación eléctrica si es monofásico o trifásico, el % permisible de caída de tensión y la conductividad del conductor, teniendo estos datos podemos utilizar la siguiente formula, la cual nos ayuda a encontrar la sección transversal del conductor que puede cumplir con nuestras necesidades.

$$S = \frac{2 \sqrt{3} L I}{e\% E_f}$$

Donde:
 S = Sección del conductor en mm²
 L = Longitud en metros del conductor a usar
 I = Corriente eléctrica LRA del equipo
 K = $\sqrt{3}$ para un sistema trifásico 3 hilos
 e% = Caída de tensión permisible y
 E_f = Voltaje entre fases

Esta fórmula [6, pág. 95], nos ayuda a encontrar la sección transversal de un conductor en un sistema trifásico de 3 hilos, el cual es el sistema mas común en nuestro medio para energizar esta clase de equipos frigoríficos. Los compresores y los motores de ventiladores del condensador y evaporador, vienen para un mismo voltaje, con conexión en delta para voltaje 230/460 voltios entre fases, con una frecuencia de operación de 60 Hz, aunque algunos modelos tienen motores para trabajar a 50 Hz y 575 voltios, por lo que se tiene que tener el cuidado de especificar la frecuencia y voltaje de la energía eléctrica en nuestro medio, para que el fabricante equipe la unidad con los motores correspondientes a nuestras necesidades, los cuales pueden trabajar con un +/- 10% del voltaje nominal y con un +/- 5% de la frecuencia nominal, especificaciones proporcionadas por los diferentes fabricantes.

Lo anterior quiere decir, que el equipo viene diseñado para trabajar con un voltaje nominal casi igual al obtenido al hacer la instalación mediante sus correspondientes cálculos, dando de antemano un margen para las caídas de voltaje que se dan desde la subestación de distribución hasta el lugar donde se instala el equipo, por ejemplo para un sistema 480/277 en el secundario, los equipos vienen diseñados para un voltaje nominal de 460 V, lo cual nos indica que ya está contemplado una caída de voltaje de aproximadamente un 4%, cuya frecuencia no se ve afectada por dicha caída de voltaje, teniendo como resultado que nuestro equipo trabajara con sus valores nominales.

Al despejar d de la ecuación anterior, se determina la sección transversal en mm^2 , este dato lo comparamos con los valores de la tabla XXII, eligiendo el valor igual o próximo superior para determinar el calibre AWG/MCM del conductor.

Tabla XXII (5 NEC 2005) Dimensiones de conductores aislados.

Type	Size (AWG or kcmil)	Approximate Diameter		Approximate Area		
		mm	in.	mm ²	in. ²	
Type: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF						
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	10	5.232	0.206	21.48	0.0333	
RHH*, RHW*, RHW-2*	8	6.756	0.266	35.87	0.0556	
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	6	7.722	0.304	46.84	0.0726	
	4	8.941	0.352	62.77	0.0973	
	3	9.652	0.380	73.16	0.1134	
	2	10.46	0.412	86.00	0.1333	
	1	12.50	0.492	122.6	0.1901	
	1/0	13.51	0.532	143.4	0.2223	
	2/0	14.68	0.578	169.3	0.2624	
	3/0	16.00	0.630	201.1	0.3117	
	4/0	17.48	0.688	239.9	0.3718	
	250	19.43	0.765	296.5	0.4596	
	300	20.83	0.820	340.7	0.5281	
	350	22.12	0.871	384.4	0.5958	
	400	23.32	0.918	427.0	0.6619	
	500	25.48	1.003	509.7	0.7901	
	600	28.27	1.113	627.7	0.9729	
	700	30.07	1.184	710.3	1.1010	
	750	30.94	1.218	751.7	1.1652	
	800	31.75	1.250	791.7	1.2272	
	900	33.38	1.314	874.9	1.3561	
	1000	34.85	1.372	953.8	1.4784	
TFN, TFFN	18	2.134	0.084	3.548	0.0055	
	16	2.438	0.096	4.645	0.0072	
	THHN, THWN, THWN-2	14	2.819	0.111	6.258	0.0097
		12	3.302	0.130	8.581	0.0133
10		4.166	0.164	13.61	0.0211	
8		5.486	0.216	23.61	0.0366	
6		6.452	0.254	32.71	0.0507	
4		8.230	0.324	53.16	0.0824	
3		8.941	0.352	62.77	0.0973	
2		9.754	0.384	74.71	0.1158	
1		11.33	0.446	100.8	0.1562	
1/0		12.34	0.486	119.7	0.1855	
2/0		13.51	0.532	143.4	0.2223	
3/0		14.83	0.584	172.8	0.2679	
4/0		16.31	0.642	208.8	0.3237	
250	18.06	0.711	256.1	0.3970		
300	19.46	0.766	297.3	0.4608		
Type: FEP, FEPB, PAF, PAFF, PF, PFA, PFAH, PFF, PGF, PGFF, PTF, PTFE, TFE, THHN, THWN, THWN-2, Z, ZF, ZFF						
THHN, THWN, THWN-2	350	20.75	0.817	338.2	0.5242	
	400	21.95	0.864	378.3	0.5863	
	500	24.10	0.949	456.3	0.7073	

Fuente: Earley, Sargent, Sheehan y Caloggero, NEC 2005 HANDBOOK, Internacional Electrical Code Series, pag 1177.

Por ejemplo; para una unidad condensadora, que esta equipada con un compresor de 40 Hp, con alimentación de 460V, 3 fases, 60 Hz, 27 metros de distancia entre el equipo y el tablero de distribución más cercano, un factor de potencia de 0.8, eficiencia del motor del compresor de 0.9 y una temperatura ambiente de 30°C. En estos equipos no regimos por la potencia del compresor, puesto que la corriente nominal será mucho menor que la magnitud LRA (Rating load amperes) de la unidad que contiene el compresor es 71 amperios y LRA (Lock Rotor Amperes) 297 amperios, estos datos los podemos extraer del gabinete de la unidad condensadora. La magnitud del LRA servirá de parámetro para la selección del conductor, dispositivo de protección y confinamiento, procurando tener un 2% de caída de tensión.

$$I_n = 40 (746) / \sqrt{3} (480)(0.9)(0.8) = 49.85 \text{ A.}$$

Podemos ver que esta corriente es menor que la RLA de esta unidad, cuya magnitud es de 71A., entonces tomamos como corriente nominal el RLA, para determinar el calibre del conductor, para ello vamos a utilizar la tabla XXIII (310.16 del NEC 2005) que nos indica el factor de corrección por temperatura, y en la tabla XXVII (310.15(B)(2)(a)) nos proporciona el factor de corrección por número de conductores, y utilizamos un factor de capacidad del 80% del conductor por seguridad, para no degradar el aislamiento, con esto tenemos:

$$I_n = 71 / (1)(0.8)(0.8) = 110.94 \text{ A.}$$

Utilizando criterio de ampacidad, en la tabla XXIII (310.16 del NEC 2005), encontramos que corresponde a un conductor AWG # 3, por ser un calibre que no se encuentra en el mercado determinamos el AWG # 2, el cual tiene la capacidad de conducir 130 A. Para asegurar que este conductor cumple con el máximo de caída de tensión, buscamos la impedancia del conductor en la tabla XXIX (9 del NEC 2005), y sacamos la impedancia de la longitud determinada, para evaluar en la siguiente ecuación.

$$\hat{e} V = (\sqrt{3})(I_n)(Z\phi)(L)$$

$$\text{Donde } Z\phi = 0.66 \text{ á /km} * 1 \text{ km/1000 m} = 0.00066 \text{ á /m}$$

$$\hat{e} V = (\sqrt{3})(71)(0.00066)(27) = 2.19 \text{ voltios, equivale al 0.45\%}.$$

Esto quiere decir que el conductor AWG # 2 cumple al proporcionar una caída de tensión inferior al máximo estipulado de 2 %. Para determinar el valor de ampacidad del interruptor termomagnético, se considera que el mismo estará trabajando al 80% de su capacidad según artículo 440.32 del NEC 2005, esto quiere decir que el valor será mayor, entonces:

$$I_t = I_{(RLA)} / 0.80 = 71 / 0.80 = 88.75 \text{ A.}$$

Viendo catálogos de fabricantes de interruptores termomagnéticos como por ejemplo el mostrado en la tabla XXXI, vemos que el mas cercano es el de 100 A. 3 fases, 600Vac máximo, para determinar la capacidad interruptiva nos referimos a la tabla XXXII, el cual se establece un valor de 18 kA.

Ahora procedemos a determinar el conductor de tierra física, nos referimos a la tabla XXVIII (250.122 del NEC 2005), en la cual se establece que para un dispositivo de protección de 100 A. corresponde un calibre AWG # 8. Con esta información podemos determinar el diámetro del confinamiento a utilizar, para ello tenemos que hacer la sumatoria de sección de los conductores tabla XXII (5 del NEC 2005) que se emplearan, esto se divide por el factor de relleno de la tabla XXIV (1 del NEC 2005) y el factor de arreglo que determina la tabla XXVII (310.15 (B)(2)(a) del NEC 2005), entonces:

Tenemos tres conductores THHN AWG # 2 y 1 conductor THHN AWG # 8.

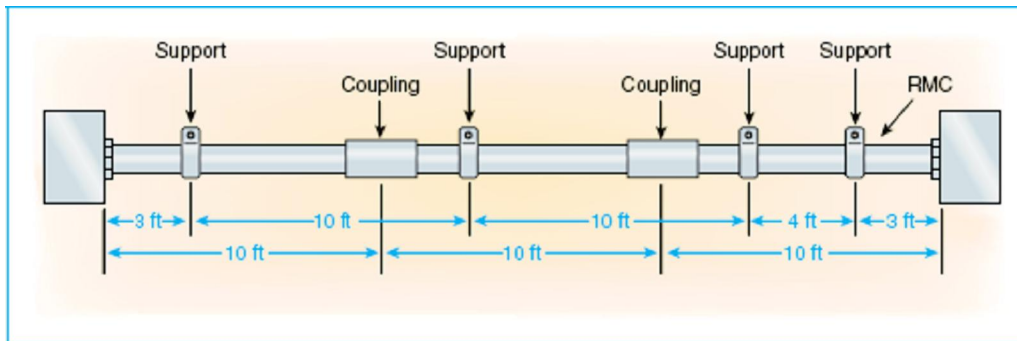
$$\text{Sumatoria de Sección Transversal} = 3 * (74.71 \text{ mm}^2) + 1 * (23.61 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Sumatoria de Sección Transversal} = 247.74 \text{ mm}^2$$

$$St = \text{sección transversal} / Fr * Fa = 247.74 / (0.4)(0.8) = 774.19 \text{ mm}^2$$

Refiriéndonos a la tabla XXV (4 del NEC 2005), encontramos la dimensión y porcentaje en áreas de la tubería EMT (tubería conduit metálico) utilizando el criterio del 40%, nos brindara una mayor seguridad en nuestra instalación, con ello podemos determinar que el diámetro de la tubería es de 20 o su equivalente a 53 mm. Para la instalación de este tipo de confinamiento, se debe de colocar soportes según la tabla XXX (344.30(B)(2)), donde se indica que se tendrá un soporte como máximo cada 4.9 metros, como se observa en la figura 100.

Figura 100 Distancias entre soportes horizontales.



Fuente: Earley, Sargent, Sheehan y Caloggero, NEC 2005 HANDBOOK, Internacional Electrical Code Series, pag 371.

Para determinar la corriente de corto circuito I_{cc} , tenemos que tomar en cuenta el banco de transformadores que alimentan nuestra industria, mas todos los ramales que se conectan al mismo, suponiendo un banco de 3 * 75kVA, y los datos del ejemplo anterior, tenemos:

$$I_{cc} = V_{ll} / \sqrt{3} (Z_{tr} + Z_{\text{cables}}), \text{ donde } Z_{tr} = Z_{pu} * Z_{base}$$

Tomando Z_{pu} del transformador = 0.02, entonces solo nos queda determinar la Z_{base} donde: $I_{tr} = kVA / \sqrt{3} V_{II} \text{ secundario} = 225 \text{ kVA} / \sqrt{3} (480V) = 270.63 \text{ A.}$

$$Z_{base} = V_{II} / \sqrt{3} (I \text{ nominal del banco de transformadores})$$

$$Z_{base} = 480 \text{ V} / \sqrt{3} (270.63 \text{ A.}) = 1.024 \text{ á}$$

$$\text{Entonces } Z_t = (0.02)(1.024) = j 0.02048 \text{ á}$$

Determinando Z_{cable} , de la tabla XXIX (9 NEC 2005), dividido por 1000 y multiplicado por los 27 metros de distancia que hay entre el interruptor y el banco de transformadores mas los 27 metros del interruptor al equipo.

$$Z_{cable} = (0.66 + j0.187) \text{ á /km} * 1 \text{ km} / (1000 \text{ metros}) * 54 \text{ metros}$$

$$Z_{cable} = (0.3564 + j 0.01010) \text{ á}$$

Entonces la I_{cc} nos dará:

$$I_{cc \text{ RMS}} = 480V / (\sqrt{3}) (j 0.02048 + 0.03564 + j0.01010) = 5901.22 < -40.63^\circ \text{ A.}$$

Como podemos observar, la corriente de corto circuito en esta unidad es del orden de 6kA. Según el fabricante de interruptores termomagnéticos que muestra la tabla XXXII es superior al valor calculado, lo cual garantiza la confiabilidad de la instalación. Un método alternativo puede ser:

Solución:

$$S = \frac{2 \sqrt{3} L I}{e\% E_f}$$

Sustituyendo valores

$$S = \frac{2 \sqrt{3} (27) (297)}{2 (480)} = 29.94 \text{ mm}^2$$

Por otro lado la corriente del compresor:

$$I = \frac{40 (746)}{\sqrt{3}(480)(0.8)(0.9)} = 49.84A$$

Cuyo valor no se acerca al RLA de 71 A

Porque en este dato se incluye la carga de los demás equipos conectados en la misma unidad condensadora a plena carga.

Por la tabla XXIII: Conductor tipo TW, UF 60°C

$$RLA 71 / 0.82 = 86.585 \text{ A} = \text{AWG\#2.}$$

Por medio de la fórmula, encontramos que el calibre del conductor es un AWG #2 con una sección transversal de 74.71mm², por ser un sistema trifásico de 3 hilos, se necesitarán 3 conductores AWG #2, y uno de tierra física AWG # 8 como el determinado anteriormente.

Tabla XXIII Capacidad de corriente de conductores de cobre, basada en una temperatura ambiente de 30°C y su corrección de temperatura.

Size AWG or kcmil	Temperature Rating of Conductor (See Table 310.13)						Size AWG or kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Type TW, UF	Type RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Type TBS, SA, SE, FEP, FEPL, MI, RHH, RHW-2, THHN, THFP, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Type TW, UF	Type RHW, THHW, THW, THFP, XHHW, USE	Type TBS, SA, SE, THHN, THHW, THFP-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUMINUM				
18	—	—	34	—	—	—	—
16	—	—	38	—	—	—	—
14	20	28	35	—	—	—	—
12	25	33	39	20	28	29	12*
10	30	39	43	25	33	33	10*
8	40	50	55	30	40	40	8
6	55	68	75	40	50	50	6
4	70	88	95	50	65	65	4
3	85	108	118	60	75	75	3
2	95	119	130	70	90	90	2
1	110	138	150	80	100	110	1
1/0	125	158	170	100	120	130	1/0
2/0	145	179	195	110	135	150	2/0
3/0	165	200	215	120	155	170	3/0
4/0	195	230	250	130	180	200	4/0
250	215	250	280	170	205	230	250
300	240	280	320	190	230	250	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	330	380	230	270	300	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	280	340	390	600
750	385	460	520	310	375	430	750
900	410	470	535	330	395	450	900
1000	410	490	555	350	405	470	1000
900	415	500	565	350	425	490	900
1000	435	540	615	370	445	500	1000
1250	495	590	665	400	485	540	1250
1500	520	620	705	420	520	580	1500
1750	545	650	735	430	545	610	1750
2000	560	660	750	470	560	630	2000

CORRECTION FACTORS							
Ambient Temp. (°C)	For ambient temperatures other than 30°C (86°F), multiply the allowable ampacity shown above by the appropriate factor shown below.						Ambient Temp. (°F)
11-23	1.04	1.03	1.01	1.00	1.00	1.00	50-73
24-33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	74-91
34-39	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94	0.94	92-99
40-46	0.92	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90	99-104
47-49	0.91	0.91	0.90	0.90	0.89	0.89	105-113
50-56	0.88	0.87	0.87	0.86	0.85	0.85	114-121
57-59	0.87	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	122-131
60-66	—	0.84	0.84	—	0.83	0.83	132-140
67-69	—	0.83	0.82	—	0.81	0.81	141-131
70-80	—	—	0.81	—	—	0.81	154-176

Fuente: Earley, Sargent, Sheehan y Caloggero, NEC 2005 HANDBOOK, Internacional Electrical Code Series, pag.297.

Con respecto a la caída de tensión, sabemos que el máximo porcentaje permitido es del 3%, y en los cálculos se utilizó un 2%, lo cual hace diferencia en el aspecto económico por el precio del conductor, pero al hacer esto, se está garantizando la confiabilidad de la instalación, proporcionará un mayor tiempo de servicio sin interrupciones, ya que estos equipos una vez puestos en marcha trabajan las 24 horas del día hasta completar su periodo de servicio, que puede ser de unas 4000 horas que equivalen a 6 meses y en este tiempo pueden arrancar en intervalos según la carga que este manejando la máquina en BTUH, también se recomienda el uso de conductores del tipo THHN O THHW para 90°C (194 °F) como el que se recomendó en el ejemplo, con chaqueta de nylon, las unidades condensadoras son instaladas en la intemperie incidiendo sobre ellas mucha radiación solar el calor disipado del condensador así como de la lluvia en época de invierno, sabiendo que este tipo de conductores pueden manejar una mayor corriente por un mismo calibre en comparación a otros lo que hace que el costo no sea muy significativo, teniendo la ventaja de que los confinamientos pueden ser de menor diámetro a pesar que el aislamiento de estos conductores los hace ser más robusto, o sea que compensa el costo del tipo de tubería al utilizar con este tipo de conductores.

7.4.1 Confinamientos

En los confinamientos, los conductores presentan una limitación en lo que ha transporte de corriente se refiere, puesto que la corriente genera calor, y el calor dentro de un confinamiento como un tubo, hacen que la seguridad de transporte de la corriente sea baja, un factor importante en la capacidad de transporte de corriente es el aislamiento del conductor.

Esto hace que los conductores sean restringidos para permitir un arreglo físico, que permita una fácil manipulación, alojamiento y al espacio que proporciona una cantidad de aire necesaria para que los conductores se mantengan a temperaturas adecuadas por el

enfriamiento que el confinamiento pueda proporcionar, ya que cada instalación tiene condiciones y aplicaciones diferentes por lo que se debe tener presente dichos factores, y no caer en el error de que el confinamiento esta sobredimensionado al dejar en este un porcentaje de holgura y tener la idea errónea de que en el mismo se pueden meter mas conductores y que todo funciona igual y a menor costo.

Para determinar un confinamiento, hay dos formas, una es buscando un factor de relleno que es igual a las áreas del tubo conduit y la de los conductores, que según el número de conductores es un porcentaje que se le estipula como los valores de la tabla XXIV, ya definida el área del confinamiento, procedemos a buscar en la tabla XXV y encontramos el diámetro del tubo conduit a utilizar.

Tabla XXIV Factor de relleno por número de conductores en porcentaje

Number of Conductors	All Conductor Types
1	53
2	31
Over 2	40

Fuente: Earley, Sargent, Sheehan y Caloggero, NEC 2005 HANDBOOK, Internacional Electrical Code Series, pag 1168.

La otra forma es usando los valores de ampacidad de la tabla XXIII (310.16 NEC 2005), ya definido el calibre del conductor procedemos a ver la cantidad de conductores que se requieren y buscar el diámetro del confinamiento de la tabla XXVI (C1 NEC 2005), en ambos casos suele seleccionarse el mismo diámetro del tubo conduit requerido para nuestra instalación.

Tabla XXV Dimensiones de tubo conduit al 100%, 60% y combinaciones de cables.

Metric Designator	Trade Size	Nominal Internal Diameter		Total Area 100%		60%		1 Wire 53%		2 Wires 31%		Over 2 Wires 40%	
		mm	in.	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²
16	½	15.8	0.622	196	0.304	118	0.182	104	0.161	61	0.094	78	0.122
21	¾	20.9	0.824	343	0.533	206	0.320	182	0.283	106	0.165	137	0.213
27	1	26.6	1.049	556	0.864	333	0.519	295	0.458	172	0.268	222	0.346
35	1¼	35.1	1.380	968	1.496	581	0.897	513	0.793	300	0.464	387	0.598
41	1½	40.9	1.610	1314	2.036	788	1.221	696	1.079	407	0.631	526	0.814
53	2	52.5	2.067	2165	3.356	1299	2.013	1147	1.778	671	1.040	866	1.342
63	2½	69.4	2.731	3783	5.858	2270	3.515	2005	3.105	1173	1.816	1513	2.343
78	3	85.2	3.356	5701	8.846	3421	5.307	3022	4.688	1767	2.742	2280	3.538
91	3½	97.4	3.834	7451	11.545	4471	6.927	3949	6.119	2310	3.579	2980	4.618
103	4	110.1	4.334	9521	14.753	5712	8.852	5046	7.819	2951	4.573	3808	5.901

Fuente: Earley, Sargent, Sheehan y Caloggero, NEC 2005 HANDBOOK, Internacional Electrical Code Series, pagl 172.

Tabla XXVI Número de conductores máximo por tubo (Tabla C1 NEC 2005)

Type	Conductor Size (AWG kcmil)	Metric Designator (Trade Size)										
		16 (½)	21 (¾)	27 (1)	35 (1¼)	41 (1½)	53 (2)	63 (2½)	78 (3)	91 (3½)	103 (4)	
RHH*, RHW*, RHW-2*, TW, THW, THHW, THW-2	6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81	
	4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60	
	3	1	1	3	5	7	12	20	31	40	52	
	2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44	
	1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31	
	1/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26	
	2/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22	
	3/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19	
	4/0	0	0	1	1	1	3	6	9	12	16	
	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13	
	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11	
	350	0	0	0	1	1	1	4	6	7	10	
	400	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	
	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7	
	600	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6	
	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	
	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	
	800	0	0	0	0	1	1	1	3	3	5	
	900	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	
	1000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	
	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	
	1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	
	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	
	2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
	THHN, THWN, THWN-2	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
		12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	443
		10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
		8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
6		2	4	7	12	16	26	46	69	91	116	
4		1	2	4	7	10	16	28	43	56	71	
3		1	1	3	6	8	13	24	36	47	60	
2		1	1	3	5	7	11	20	30	40	51	
1		1	1	1	4	5	8	15	22	29	37	
1/0		1	1	1	3	4	7	12	19	25	32	
2/0		0	1	1	2	3	6	10	16	20	26	
3/0		0	1	1	1	3	5	8	13	17	22	
4/0		0	1	1	1	2	4	7	11	14	18	
250		0	0	1	1	1	3	6	9	11	15	
300		0	0	1	1	1	3	5	7	10	13	
350		0	0	1	1	1	2	4	6	9	11	
400		0	0	0	1	1	1	4	6	8	10	
500		0	0	0	1	1	1	3	5	6	8	
600		0	0	0	1	1	1	2	4	5	7	
700		0	0	0	1	1	1	2	3	4	6	
750		0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	
800		0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	
900		0	0	0	0	1	1	1	3	3	4	
1000		0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	

Fuente: Earley, Sargent, Sheehan y Caloggero, NEC 2005 HANDBOOK, Internacional Electrical Code Series, pág. 1214.

Tabla XXVII Factor de corrección por arreglo de conductores

Number of Current-Carrying Conductors	Percent of Values in Tables 310.16 through 310.19 as Adjusted for Ambient Temperature if Necessary
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 and above	35

Fuente: Earley, Sargent, Sheehan y Caloggero, NEC 2005 HANDBOOK, Internacional Electrical Code Series, pág 290.

Tabla XXVIII Calibre mínimo de conductor para tierra física.

Rating or Setting of Automatic Overcurrent Device in Circuit Ahead of Equipment, Conduit, etc., Not Exceeding (Amperes)	Size (AWG or kcmil)	
	Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum*
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

Fuente: Earley, Sargent, Sheehan y Caloggero, NEC 2005 HANDBOOK, Internacional Electrical Code Series, pag 231.

Tabla XXIX Impedancia de conductores.

Size (AWG or kcmil)	Ohms to Neutral per Kilometer Ohms to Neutral per 1000 Feet															Size (AWG or kcmil)
	X_L (Reactance) for All Wires		Alternating-Current Resistance for Uncoated Copper Wires			Alternating-Current Resistance for Aluminum Wires			Effective Z at 0.85 PF for Uncoated Copper Wires			Effective Z at 0.85 PF for Aluminum Wires				
	PVC, Aluminum Conduits	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit		
14	0.190 0.058	0.240 0.073	10.2 3.1	10.2 3.1	10.2 3.1	—	—	—	8.9 2.7	8.9 2.7	8.9 2.7	—	—	—	14	
12	0.177 0.054	0.223 0.068	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	10.5 3.2	10.5 3.2	10.5 3.2	5.6 1.7	5.6 1.7	5.6 1.7	9.2 2.8	9.2 2.8	9.2 2.8	12	
10	0.164 0.050	0.207 0.063	3.9 1.2	3.9 1.2	3.9 1.2	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	5.9 1.8	5.9 1.8	5.9 1.8	10	
8	0.171 0.052	0.213 0.065	2.56 0.78	2.56 0.78	2.56 0.78	4.3 1.3	4.3 1.3	4.3 1.3	2.26 0.69	2.26 0.69	2.30 0.70	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	8	
6	0.167 0.051	0.210 0.064	1.61 0.49	1.61 0.49	1.61 0.49	2.66 0.81	2.66 0.81	2.66 0.81	1.44 0.44	1.48 0.45	1.48 0.45	2.33 0.71	2.36 0.72	2.36 0.72	6	
4	0.157 0.048	0.197 0.060	1.02 0.31	1.02 0.31	1.02 0.31	1.67 0.51	1.67 0.51	1.67 0.51	0.95 0.29	0.95 0.29	0.98 0.30	1.51 0.46	1.51 0.46	1.51 0.46	4	
3	0.154 0.047	0.194 0.059	0.82 0.25	0.82 0.25	0.82 0.25	1.31 0.40	1.35 0.41	1.31 0.40	0.75 0.23	0.79 0.24	0.79 0.24	1.21 0.37	1.21 0.37	1.21 0.37	3	
2	0.148 0.045	0.187 0.057	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1.05 0.32	1.05 0.32	1.05 0.32	0.62 0.19	0.62 0.19	0.66 0.20	0.98 0.30	0.98 0.30	0.98 0.30	2	
1	0.151 0.046	0.187 0.057	0.49 0.15	0.52 0.16	0.52 0.16	0.82 0.25	0.85 0.26	0.82 0.25	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.79 0.24	0.79 0.24	0.82 0.25	1	
1/0	0.144 0.044	0.180 0.055	0.39 0.12	0.43 0.13	0.39 0.12	0.66 0.20	0.69 0.21	0.66 0.20	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1/0	
2/0	0.141 0.043	0.177 0.054	0.33 0.10	0.33 0.10	0.33 0.10	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	2/0	
3/0	0.138 0.042	0.171 0.052	0.253 0.077	0.269 0.082	0.259 0.079	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.289 0.088	0.302 0.092	0.308 0.094	0.43 0.13	0.43 0.13	0.46 0.14	3/0	
4/0	0.135 0.041	0.167 0.051	0.203 0.062	0.220 0.067	0.207 0.063	0.33 0.10	0.36 0.11	0.33 0.10	0.243 0.074	0.256 0.078	0.262 0.080	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	4/0	
250	0.135 0.041	0.171 0.052	0.171 0.052	0.187 0.057	0.177 0.054	0.279 0.085	0.295 0.090	0.282 0.086	0.217 0.066	0.230 0.070	0.240 0.073	0.308 0.094	0.322 0.098	0.33 0.10	250	
300	0.135 0.041	0.167 0.051	0.144 0.044	0.161 0.049	0.148 0.045	0.233 0.071	0.249 0.076	0.236 0.072	0.194 0.059	0.207 0.063	0.213 0.065	0.269 0.082	0.282 0.086	0.289 0.088	300	
350	0.131 0.040	0.164 0.050	0.125 0.038	0.141 0.043	0.128 0.039	0.200 0.061	0.217 0.066	0.207 0.063	0.174 0.053	0.190 0.058	0.197 0.060	0.240 0.073	0.253 0.077	0.262 0.080	350	
400	0.131 0.040	0.161 0.049	0.108 0.033	0.125 0.038	0.115 0.035	0.177 0.054	0.194 0.059	0.180 0.055	0.161 0.049	0.174 0.053	0.184 0.056	0.217 0.066	0.233 0.071	0.240 0.073	400	
500	0.128 0.039	0.157 0.048	0.089 0.027	0.105 0.032	0.095 0.029	0.141 0.043	0.157 0.048	0.148 0.045	0.141 0.043	0.157 0.048	0.164 0.050	0.187 0.057	0.200 0.061	0.210 0.064	500	
600	0.128 0.039	0.157 0.048	0.075 0.023	0.092 0.028	0.082 0.025	0.118 0.036	0.135 0.041	0.125 0.038	0.131 0.040	0.144 0.044	0.154 0.047	0.167 0.051	0.180 0.055	0.190 0.058	600	
750	0.125 0.038	0.157 0.048	0.062 0.019	0.079 0.024	0.069 0.021	0.095 0.029	0.112 0.034	0.102 0.031	0.118 0.036	0.131 0.040	0.141 0.043	0.148 0.045	0.161 0.049	0.171 0.052	750	
1000	0.121 0.037	0.151 0.046	0.049 0.015	0.062 0.019	0.059 0.018	0.075 0.023	0.089 0.027	0.082 0.025	0.105 0.032	0.118 0.036	0.131 0.040	0.128 0.039	0.138 0.042	0.151 0.046	1000	

Fuente: Earley, Sargent, Sheehan y Caloggero, NEC 2005 HANDBOOK, Internacional Electrical Code Series, pág 1183.

Tabla XXX Distancia máxima entre soportes para tubo conduit.

Conduit Size		Maximum Distance Between Rigid Metal Conduit Supports	
Metric Designator	Trade Size	m	ft
16-21	½-¾	3.0	10
27	1	3.7	12
35-41	1¼-1½	4.3	14
53-63	2-2½	4.9	16
78 and larger	3 and larger	6.1	20

Fuente: Earley, Sargent, Sheehan y Caloggero, NEC 2005 HANDBOOK, Internacional Electrical Code Series, pág 371.

Tabla XXXI Interruptores industriales en caja moldeada.

Amperaje	Baja	Alta	277 Vca, 125 Vcd	480 Vca, 250 Vcd	480 Vca, 250 Vcd	
15 20 30	275 275 275	600 600 600	FAL14015 FAL14020 FAL14030	FAL24015 FAL24020 FAL24030	FAL34015 FAL34020 FAL34030	AL50FA #14-#4 Cu ó #12-#4 A
40 50 70 100	400 400 800 900	850 850 1450 1700	FAL14040 FAL14050 FAL14070 FAL14100	FAL24040 FAL24050 FAL24070 FAL24100	FAL34040 FAL34050 FAL34070 FAL34100	AL100FA #14-#1/0 Cu ó #12-#1/0 Al

Fuente: Compendiado No. 22, EQUIPOS DE DISTRIBUCION ELECTRICA, 1997, pág 4-6.

Por las condiciones adversas del clima y por la seguridad de la instalación es recomendable un confinamiento de acero galvanizado de pared gruesa o bien aluminio conduit rígido sin costura, ya que por su resistencia a los elementos de clima, es el adecuado para instalaciones eléctricas a intemperie. Este tipo de confinamiento utiliza accesorios conectores para interconectar las canalizaciones, sirviendo a la vez como cajas de registro en uniones rectas o de 90°, para recepción o salida de conductores, como los condulets.

Tabla XXXII Capacidad interruptiva nominal de interruptores termomagnéticos.

Prefijo		Polos	Amperes	Capacidad Interruptiva Nominal Amperes-rcm Sim.					Volts cd		
				Volts Ca 50/60 Hz.							
Unitario	I-LINE			120	240	480Y/277	480	600	125	250	500
	FY	1	15-30	18K	14K	14K	...	...	...	...	...
FAL 240V	FA 240V	1	15-100	10K	...	...	...	...	5K	...	...
		2	15-100	10K	10K	...	...	...	5K	5K	...
		3	15-100	10K	10K	...	...	...	5K	5K	...
FAL 480V	FA 480V	1	15-100	25K	18K	18K	...	...	10K	...	...
		2	15-100	25K	25K	18K	18K	...	10K	10K	...
		3	15-100	25K	25K	18K	18K	...	10K	10K	...
FAL 600V	FA 600V	2	15-100	25K	25K	18K	18K	14K	10K	10K	...
		3	15-100	25K	25K	18K	18K	14K	10K	10K	...
FHL	FH	1	15-30	65K	65K	65K	...	...	10K	...	...
		1	35-100	65K	25K	25K	...	...	10K	...	...
		2, 3	15-100	65K	65K	25K	25K	18K	10K	10K	...
KAL	KA	2, 3	70-250	42K	42K	25K	25K	22K	10K	10K	...
KHL	KH	2, 3	70-250	65K	65K	35K	35K	25K	10K	10K	...
LAL	LA	2, 3	125-400	42K	42K	30K	30K	22K	10K	10K	...
LHL	LH	2, 3	125-400	65K	65K	35K	35K	25K	...	...	...
MAL	...	2, 3	300-1000	42K	42K	30K	30K	22K	14K	14K	...
...	MA	2, 3	300-800	42K	42K	30K	30K	22K	14K	14K	...
MHL	...	2, 3	300-1000	65K	65K	65K	65K	25K	14K	14K	...
...	MH	2, 3	300-800	65K	65K	65K	65K	25K	14K	14K	...
NAL	NA	2, 3	600-1200	100K	100K	50K	50K	25K	...	...	...
NCL	NC	2, 3	600-1200	125K	125K	100K	100K	65K	...	...	...
PFA	...	2, 3	600-2000	65K	65K	50K	50K	42K	...	...	...
PHF	...	2, 3	600-2000	125K	125K	100K	100K	65K	...	...	...

Fuente: Compendio No. 22, EQUIPOS DE DISTRIBUCION ELECTRICA, 1997, pág 4-3.

Los condulets son cajas de registro de aleación de aluminio, empleadas para la unión o acople de canalizaciones, las cuales tienen tapaderas atornilladas con empaques para un cierre hermético, los cuales según su calidad pueden ser normal, a prueba de polvo y emisión de gases, dándole una característica aprueba de explosión, para lo cual dichos condulets tienen un mayor margen de seguridad, como se muestra en la figura 101.

Figura 101 Condulets para conduit rígido e IMC con rosca NPT y tubo conduit rígido de aluminio



Fuente: RAWELT,S.A. de C.V. RW 8 / 0101.5

7.4.2 Tableros de potencia.

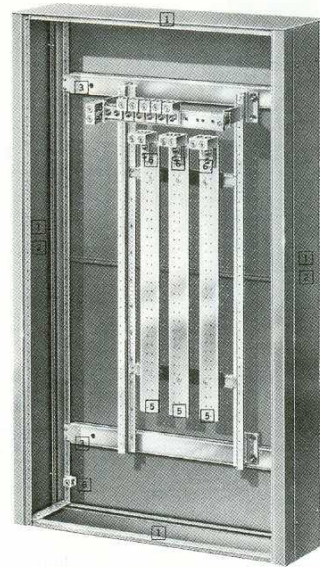
Para un mejor orden en nuestras instalaciones, podemos escoger un tablero con una capacidad determinada en barras, para conectar un número de unidades condensadoras, las cuales dependiendo de sus capacidades de BTUH, será la corriente demandada, en donde los condensadores son los que mayor carga de corriente demandan, haciendo que en pocos circuitos de condensadores se logre complementar la capacidad de corriente en las barras. De esta forma podemos completar la capacidad de un tablero con las grandes cargas de los condensadores y las pequeñas cargas de los evaporadores, aprovechando al máximo la capacidad de circuitos del tablero secundario que tenemos para la distribución.

Este tipo de tableros son auto soportados, de frente muerto, con barras de cobre de 500 a 2500 A, pueden tener barra para neutral, la cual es opcional, estos tableros pueden

soportar 2 tipos de interruptores, los tableros usados en los equipos de refrigeración, son para voltajes máximos de 600 Vac, mismos que pueden venir equipados con interruptor principal y compartimiento de medición.

En la figura 102, podemos ver un tablero de la serie S de Siemens, el cual tiene una combinación de secciones individuales diseñadas para dos tipos de servicio, cuyas aplicaciones requiera barras colectoras de una corriente nominal de hasta 1200 A, con una tensión nominal de 600V y una capacidad interruptiva de 200 kA, cuyos interruptores de potencia que se pueden incorporar son de un rango de 15 a 1200 A.

Figura 102 Tablero de la serie S, marca Siemens



El tablero se utilizó para la conexión de tres unidades frigoríficas o sea 3 condensadores, 3 pares de evaporadores y tres bombas de otros equipos frigoríficos que trabajan a 480 Vac trifásico, teniendo disponible 2 espacios más en el mismo, los cuales ya no se utilizarán, puesto que las cargas conectadas sobrepasan un poco la capacidad de este tablero.

El interruptor principal se coloca individualmente, con objeto de conseguir un espacio máximo para el cableado y obtener así, una instalación sencilla, los interruptores de derivación se montan horizontalmente, dispuestos en dos hileras verticales.

8

EQUIPO Y HERRAMIENTA

8.1 Equipo de soldadura oxiacetilénico (SOA)

Este equipo de soldadura es el más utilizado en refrigeración, ya que la mayoría de los accesorios son de cobre que deben ser soldados con varilla de plata como se vio en el capítulo de tuberías.

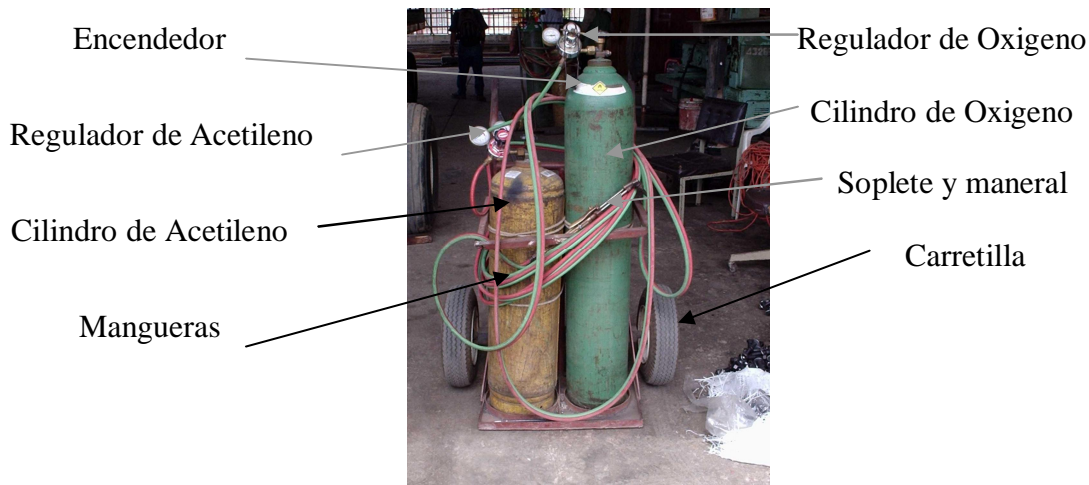
Este equipo de soldadura consiste primordialmente en un cilindro de acetileno de una capacidad de 2.1 kg de carga, un cilindro de oxígeno de una capacidad de 2.2 m³ de carga, los cuales utilizan reguladores de presión. Para el acetileno, los reguladores soportan presiones de 0 ó 28 kg/cm² a la entrada y una presión de 0 ó 2 kg/cm² a la salida, los accesorios para este gas son de rosca izquierda tal como el 2019 en la entrada y el 9/16*18 TPI. Para el oxígeno, se cuenta con un regulador de 0 ó 280 kg/cm² a la entrada, el cual regula la presión a 0 ó 14 kg/cm² a la salida, con sus conectores CGA ó 540 y 9/16*18 rosca derecha, con ello evitamos cometer el error de conectar un accesorio utilizado en la línea de acetileno en la línea de oxígeno o viceversa, esta es una medida de seguridad para evitar un accidente de tipo explosivo.

Los reguladores son los que nos sirven para dar las proporciones de acetileno y oxígeno que necesitamos en un tipo de soldadura, para calentar o cortar alguna pieza, dándonos como máximo presiones de 0 ó 1.2 kg/cm² de acetileno con 0 ó 7 kg/cm² de oxígeno, en donde se regula la mezcla en el maneral de estos gases para obtener una flama neutra en el soplete.

En la figura 103, podemos apreciar cada uno de los accesorios que componen este tipo de equipo oxiacetilénico como las mangueras para alta presión reforzadas con una armazón de tela, en donde la manguera del gas combustible que en este caso es el

acetileno, se designa de color rojo y para el oxígeno se utiliza la manguera verde o azul, estas mangueras vienen disponibles en tramos de 5, 7 y 15 metros de longitud, para soldaduras en que no se puede tener el equipo cerca, se puede agregar un segundo juego de mangueras la cual se une por medio de uniones roscadas para mangueras de soldadura fuertes.

Figura 103 Distintos accesorios que componen un equipo de soldadura oxiacetilenico



El maneral de la figura es para corte de materiales, el que se utiliza para soldadura en tubería de refrigeración es del tipo 85-HF WELDER, o su equivalente con otros fabricantes, se utiliza para trabajos de soldadura por medio de acople de boquillas tipo cuello de ganso con su adaptador, estas boquillas se pueden cambiar de la No. 1 a la No. 8, cuyo maneral debe de ir equipado con válvulas contra retroceso de flujo, para evitar un retorno de flama a uno de los cilindros, con este accesorio se evita una explosión masiva en el lugar de trabajo.

Para encender la flama, abrimos las llaves de los cilindros de oxigeno y acetileno, la primera a dos o tres vueltas, y la de acetileno a una vuelta y media, regulamos la

presión de salida de ambos cilindros de acuerdo al tipo de soldadura a realizar como se vera en la tabla XXXIII, en donde se listan algunas aproximaciones de las presiones de ambos gases en relación al número de boquilla que se va a utilizar y de la capacidad de soldadura que se pueden obtener, luego se procede a encender la flama con el chispero, no se utilice otro medio para encender la flama como fósforos, giramos ligeramente la válvula del acetileno en posición abierta del maneral, la flama encenderá con el oxígeno del aire, luego procedemos a abrir la válvula de oxígeno del maneral para graduar la flama neutra que necesitamos en la soldadura.

Tabla XXXIII Presiones de oxígeno y acetileno en base al número de boquilla utilizar

No. de boquilla	Capacidad de soldadura		Presión de gases PSI		Presiones de trabajo de acetileno en kg/cm ²
	mm	pulg	Oxigeno	Acetileno	Rangos
0	0.39	1/64	1	1	Baja presión 0 - 0.1
1	0.79	1/32	1	1	Baja presión 0 - 0.1
2	1.19	3/64	2	2	Media presión 0.1-0.3
3	1.58	1/16	3	3	Media presión 0.1-0.3
4	2.38	3/32	4	4	Media presión 0.1-0.3
5	3.17	1/8	5	5	Media presión 0.1-0.3
6	4.76	3/16	6	6	Alta presión 0.3 - 0.5
7	6.35	1/4	7	7	Alta presión 0.3 - 0.5
8	7.93	5/16	8	8	Alta presión 0.3 - 0.5
9	9.52	3/8	9	9	Alta presión 0.5 - 1.1
10	12.70	1/2	10	10	Alta presión 0.5 - 1.1
13	19.05	3/4	13	13	Alta presión 0.5 - 1.1
15	25.40	1	15	15	Alta presión 0.5 - 1.1

Fuente: Laboratorio de Refrigeración y Aire Acondicionado, USAC: 2000

Para trabajar con el equipo SOA es recomendable hacer uso de gafas No. 6, la cual protege los ojos de la luz intensa y de posibles salpicaduras candentes que emite la soldadura. El equipo SOA es una herramienta muy necesaria para la instalación y

mantenimiento de quipos de refrigeración, para lo cual se requiere de una persona capacitada para su manejo, puesto que es un equipo muy peligroso en manos de una persona inexperta, lo cual sería un peligro latente para las personas e instalaciones del lugar.

8.2 Equipo de soldadura eléctrica (SEA)

Es el complemento de la SOA, el equipo SEA, es utilizado para el anclaje de los rieles que se utilizan para soportar la tubería, misma que puede ser soldada o atornillada en la estructura existente del inmueble, también usada para soldar soportes adicionales sobre la estructura de la unidad condensadora.

Este tipo de soldadura no es muy vital para la instalación y mantenimiento del equipo de refrigeración, pero no esta de mas tener un equipo SEA, la cual puede ser operada por la misma persona capacitada en SEA y SOA.

La soldadura eléctrica es mas delicada para los soldadores, pues se requiere como equipo de protección una vestimenta y careta diseñada para dicho fin, para que el soldador pueda realizar una soldadura de buena calidad sin incurrir a accidentes.

La máquina de soldar consiste en un transformador de corriente en donde un voltaje es reducido, para incrementar la corriente necesaria para formar el arco que funde el material de aporte del electrodo.

En la figura 104, vemos las partes de un equipo SEA, la cual trabaja con corriente alterna en su secundario, pero según el tipo de soldadura, hay unidades equipadas con rectificador para hacer soldaduras con polaridad Negativa ó directa o Positiva ó inversa.

Figura 104 Partes de un equipo de soldadura eléctrica SEA.



Polaridad directa o negativa es cuando los electrones viajan del electrodo hacia la pieza, en donde el porta-electrodo va en la terminal (-) y la masa al (+), aquí se obtiene una baja penetración pero cubre un área mas grande, lo cual es ideal para soldar en materiales delgados o para revestimientos de materiales de base dura. La polaridad Positiva o inversa, es en donde se concentra el calor en un punto, produciendo una fundición de metal considerable, dando una mayor penetración, el porta-electrodo, esta en la terminal (+) y la masa al terminal (-), este tipo de polaridad es usado para realizar soldaduras en materiales gruesos como la estructura de una galera.

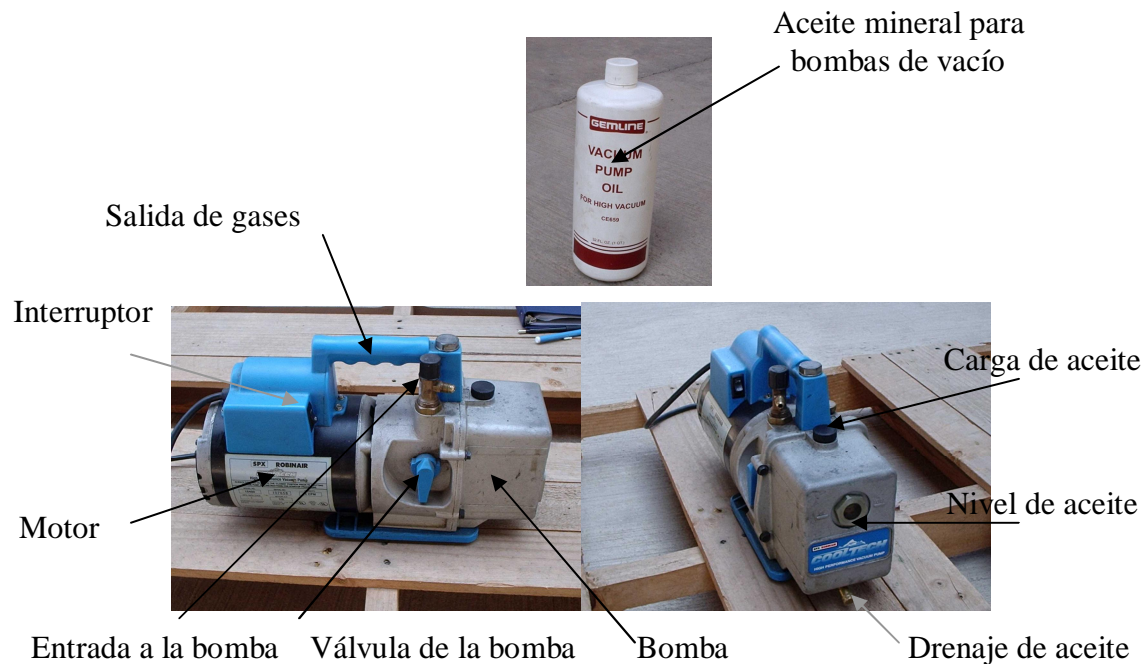
Para cada tipo de soldadura y material, se tiene una gama de electrodos de diferente calibre, con los materiales de aportación y recubrimientos requeridos para cada tipo de soldadura.

8.3 Bomba de vacío

Es un equipo que consta de una bomba de paletas sumergidas en aceite mineral especial, la cual tiene la función de sacar todo el aire húmedo del sistema, haciendo un alto vacío del orden de 25,400 micras que se pueden ver en un manómetro de baja presión de 30 in de Hg. debajo de cero, en donde cero es la presión atmosférica del lugar, dichas bombas son accionadas por un motor monofásico de 115 voltios, 60 hz.,

con un consumo de 7.1 amperios, las hay con capacidades de 1.5 a 10 CFM, en donde una bomba es suficiente para hacer un alto vacío a un equipo determinado, dicha capacidad se determina por el cuadrado de los CFM de la misma, cuyo resultado nos indica que es una bomba capacitada para hacer el vacío a un equipo de X toneladas como la de la figura 105, es conectada a la unidad condensadora, por medio del juego de mangueras del lado de baja, en donde se tiene el manómetro que registra presión negativa, a la entrada del conector schrader, antes de hacerla funcionar, debemos de cargar el aceite mineral especial para bombas de vacío a 1/2 mirilla, la cual se deja funcionando con un mínimo de 12 a 24 horas, se recomienda cambiar el aceite por cada equipo que se pretenda hacer un alto vacío, para que la bomba alcance un vacío casi perfecto en cada equipo, el aceite debe estar limpio y exento de humedad, lo cual no requiere de mucho tiempo para hacer el cambio, ya que este aceite suele contaminarse por los diferentes ácidos que se forman en dichas unidades y en combinación con la humedad hacen que el aceite pierda sus propiedades de lubricación haciendo que este actúe como abrasivo en las superficies internas de la bomba.

Figura 105 Partes de una bomba de vacío



Al terminar de utilizar la bomba de vacío, procedemos a cerrar la válvula de servicio del equipo frigorífico que se esta utilizando, luego se cierra la válvula de la bomba y podemos apagarla, seria apropiado esperar unos minutos para ver si no hay un incremento en la presión, sí dicho incremento es mínimo, podemos decir que el equipo esta listo, sí es moderado quiere decir que el sistema todavía tiene humedad, y si se llega a la presión atmosférica, esto quiere decir que la unidad tiene una fuga la cual debe ser corregida, esto es una prueba más de la hermeticidad del sistema.

8.4 Bomba para carga de aceite

Equipo en refrigeración, para la carga de aceite, se requiere de una bomba que se acople al recipiente que contiene el aceite y que pueda bombear el mismo a una alta presión, sin que este pueda absorber humedad del ambiente, para ello se utilizan los conectores schrader ubicado a un lado del visor de aceite o en su válvula de servicio de succión, en donde el tapón rosca, sirve para evitar entrada de contaminantes y humedad al aceite, por tal razón, se debe de utilizar el total del contenido de cada lata de este aceite, ya que una vez abierto, este empieza a absorber humedad del ambiente hasta que se sature y ya no es adecuado para su utilización; la capacidad de absorber humedad debe ser aprovechada en los equipos que contienen en su interior como una seguridad adicional para la prolongación de la vida útil de este tipo de equipos, en la figura 106, vemos una bomba de cuerpo metálico de desplazamiento positivo.

Figura 106 Bomba para carga de aceite plástica de desplazamiento positivo.



8.5 Juego de manómetros para refrigeración

Esta es una herramienta muy útil en la refrigeración, pues este juego de manómetros se usa para medir las presiones de cualquier unidad condensadora, para la carga de refrigerante, recuperación de refrigerante y carga de aceite. Este juego de manómetros consta de un maníful que conecta internamente las tres mangueras que son comunicadas por medio de las dos llaves instaladas en los extremos.

Del lado izquierdo, podemos ver un manómetro de color azul, el cual mide las presiones de succión y de vacío, para dicho fin solo se conecta la manguera azul. Del lado derecho podemos medir las presiones de gas caliente o de la línea de líquido, para ello se utiliza el manómetro rojo con la manguera roja. La manguera amarilla es la que se utiliza en combinación con la azul para la carga y descarga de refrigerante, así como también la carga de aceite, para ello solo se abre la llave izquierda y la llave derecha cerrada con la manguera roja colocada en su racor de cierre cuando no se utiliza, en la figura 107, se muestra un detalle de las partes de un juego de manómetros.

Figura 107 Juego de manómetros para refrigeración

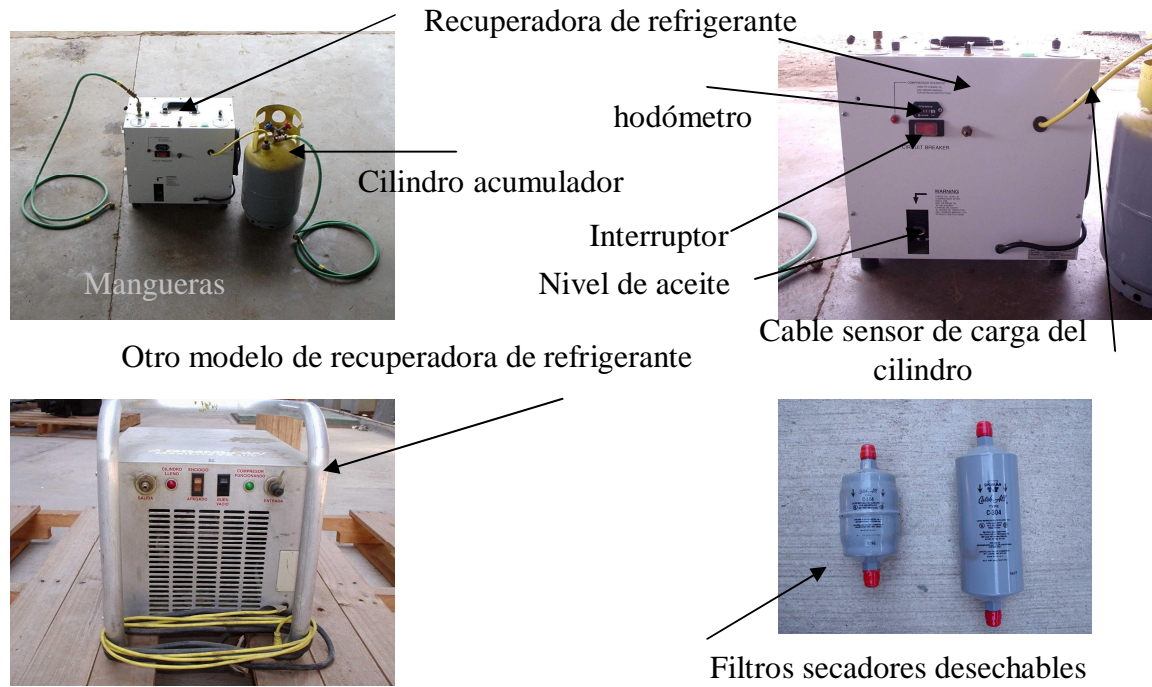


8.6 Recuperadora de refrigerante

No es más que otro equipo completo de refrigeración, el cual tiene como finalidad, extraer el refrigerante de un equipo condensador, a modo de dejar casi al vacío el interior de la tubería de refrigerante que el compresor no pudo recoger. La recuperadora de refrigerante es una unidad condensadora en pequeño, equipada con un compresor hermético, dicha unidad se le debe de cambiar el aceite y filtros por cada equipo que se vaya a trabajar, por seguridad, para evitar contaminar el refrigerante extraído que se producen en alguna unidad que haya sufrido alguna avería, ya que puede contaminar a otra unidad por medio de dicho refrigerante recuperado. Para ello las recuperadoras de refrigerante cuentan con un horometro, el cual nos indica las horas de operación del equipo cuando se esta trabajando con unidades que no han tenido ningún tipo de avería, que por el tiempo de servicio determinado por el fabricante, nos indica el cambio de aceite y filtros para el mantenimiento de dichos equipos frigoríficos.

Las recuperadoras de refrigerante, vienen equipadas con dos mangueras, una para conectar de la unidad condensadora a la recuperadora de gas y la otra de la recuperadora de gas al cilindro acumulador de refrigerante líquido, el cual al encender una luz verde indica que esta llenando dicho cilindro y la luz roja indica que ya esta lleno y que se debe de cambiar, estos cilindros vienen equipados con un sensor que se conecta a la recuperadora por medio de un cable de color amarillo, las mangueras de juego de manómetros son compatibles con los conectores de la recuperadora de refrigerante.

Figura 108 Modelos de recuperadoras de refrigerante.



8.7 Llave de cola ó corona y torquimetro

Herramienta como las llaves de cola, que pueden sustituir a la llave de trinquete, que es la que se utiliza para abrir y cerrar las válvulas de servicio ubicadas en diferentes partes de la unidad condensadora. También son útiles para el mantenimiento correctivo de los compresores, puesto que se utilizan para el desarme y rearme cuyo torque final es calibrado por medio de un torquimetro que le proporcionara el torque de cierre correspondientes a cada tornillo del compresor especificado por el fabricante, dicha herramienta la podemos ver en la figura 109.

Figura 109 Llaves de cola ó corona y torquimetro tipo ratchet



8.8 Llave de trinquete

Es una herramienta especializada para la manipulación de válvulas de servicio, la cual es de 2 a 4 medidas en una sola, con ratchet incorporado (figura 110), cuyas coronas de sección cuadrada pueden ser de medidas de 3/16, 1/4, 3/8 y 1/2 pulgadas, reversibles.

Figura 110 Llave de trinquete de cuatro medidas 3/16, 1/4, 3/8 y 1/2 pulgadas



8.9 Juegos de llaves allen y torx

Estas son herramientas (figura 111), que se utilizan en tornillos de plato de válvulas, bielas y otras piezas internas de los compresores.

Figura 111 Juego de llaves Allen y Torx



8.10 Cortador de tubos

Es una herramienta propia para el corte de tubería de refrigeración de tipo L y flexible, con el procedimiento expuesto en el capítulo de tuberías, estos cortadores de

tubo tienen ciertos rangos para corte de tubería, como podemos ver en la figura 112, hay cortadoras de tubo pequeños para tuberías de 1/8" a 5/8", otro para tuberías de 5/8" a 1 1/8", de 1 1/8" a 2 5/8", de 2" a 4" de 4" a 6" y otros.

Figura 112 Cortador de tubo para diámetros pequeños y para diámetros grandes



Conforme su uso, el elemento de corte, sufre desgaste el cual es un disco de diamante, que puede ser reemplazado fácilmente, lo que viene a ser parte de un mantenimiento preventivo de esta herramienta, puesto que de la buena condición del cortador, esta la calidad y precisión de los cortes en la tubería.

8.11 Juego de limas

Las limas son herramientas utilizadas para desbastar los bordes ocasionados por el cortador de tubo, tanto para el interior y exterior de la tubería cortada, como también para cortar las rebabas de material dejado por una sierra o por un cortador de tubo con su disco de diamante astillado, se recomienda que para esta aplicación se utilicen limas semicirculares o redondas, teniendo el sumo cuidado de que no entren dichas virutas en el interior de la tubería .

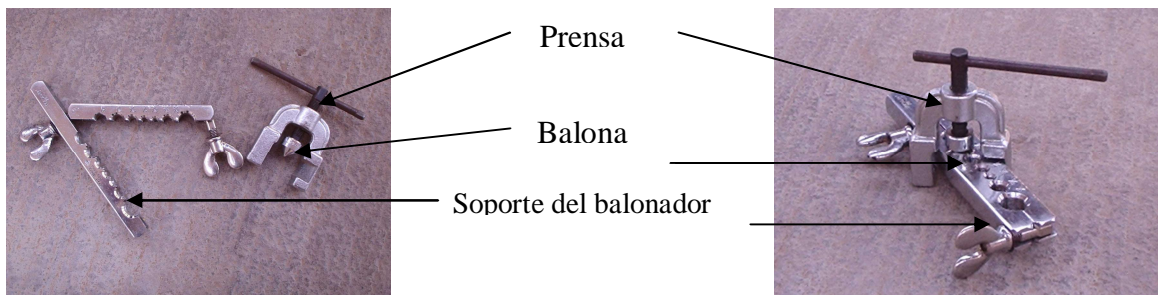
8.12 El balonador y expansor de impacto

Para la tubería flexible, en su mayoría no se utilizan casi ningún tipo de accesorio, ya que para una extensión de tubería no utilizamos una unión como en el caso de la

tubería tipo L, sino que se hace uso de un balonador como herramienta, para formar un abocinamiento al tubo y con la ayuda de un expansor de impacto, se forma una copla, la cual nos sirve para unir tuberías mediante soldadura.

El procedimiento para realizar esto es, tomamos el tubo al que le queremos formar dicha copla, y la posicionamos en el balonador en la medida correspondiente, dejando el extremo al rostro de la superficie del balonador, luego se fija el soporte de balonador, se monta la prensa del mismo en su soporte y se gira el tornillo de la prensa, para que la parte cónica comprima completamente el extremo del tubo. El acabado de la balona (abocinado), dependerá de que tanto se sobresale el extremo del tubo, ya que nos puede quedar una balona muy pequeña, o una balona totalmente deformada o rajada, lo cual incurre en pérdidas de material, para poder hacer una balona apropiada solo se puede lograr mediante la experiencia adquirida, ya que para cada diámetro de tubería las condiciones cambian, en la figura 113, podemos ver el balonador desarmado y ya motado.

Figura 113 Partes de un balonador



Luego de terminada la balona, para terminar la copla se escoge un expansor del tamaño indicado posicionandolo en el extremo del tubo donde se balono, luego se golpea con un martillo, a medida que se golpea se gira el expansor a modo de evitar deformaciones y que el expansor se adhiera al tubo, en la figura 114, podemos ver un juego de expansores individuales.

Figura 114 Juego de expansores individuales



8.13 Doblador de tubo

Otra herramienta muy versátil, para doblar tubo, el cual nos ahorra el uso de codos de 45°, 90° o inclusive vueltas de 180°, según sea la aplicación deseada. El doblador de tubos, en refrigeración, es mayormente usado en tubería de cobre flexible, puede ser utilizado para una diversidad de diámetros de tubo flexible, como el que se muestra en la figura 115, el cual viene para tubería flexible de 1/4" a 5/8", para diámetros mayores se tienen otros dobladores.

Figura 115 Doblador de tubos desde 1/4" a 5/8"



Existe otra gama de dobladores de tubo, para tubería rígida de hasta de 1 1/8", no es muy recomendable en refrigeración, pues el tubo en la parte externa del doblado sufre un adelgazamiento por la tensión producida, y con el paso del refrigerante, estos tubos van a llegar a romperse por la fuerza del rozamiento del mismo, y en el caso de la tubería de líquido, influye mucho la alta presión que se maneja.

Lo mas conveniente es usar accesorios para tubería tipo L, los cuales vienen con sus paredes homogéneas de fabrica que aún así están propensos a fallar con el tiempo de servicio, sobre todo si el refrigerante líquido pasa en forma violenta cuando la línea de líquido esta vacía por un deshielo de la máquina y cuando está se vuelve a llenar, se producen choques en los codos de la tubería, haciendo que estos se desgasten hasta que se rompan, perdiendo de esta forma la carga de refrigerante.

8.14 Juego de llaves de copa

Este tipo de herramienta puede ser utilizado para el mantenimiento de los ventiladores tanto del condensador como del evaporador, como algunos otros accesorios de estos equipos. Para mayor comodidad seria bueno tener un juego de copas de medida inglesa y milimétrica con extensiones de 4ö, 6ö y 12ö para raíz de 3/8ö con su ratchet respectivo.

8.15 Alicates, pelacables, pinzas, cinta de aislar y navaja

Estas son las herramientas mínimas para realizar trabajos eléctricos, con ellos podemos manipular, pelar y cortar conductores, mismos que se utilizan para realizar las conexiones necesarias en el funcionamiento automático de estos equipos. Para este tipo de herramientas, se recomiendan de una calidad determinada para poder realizar trabajos que cumplan con las normas correspondientes a la clase de instalación eléctrica requerida.

Por seguridad se recomienda que estos trabajos sean realizados por un electricista calificado, persona que cuente con la capacitación para el trato y manejo de estos materiales, como pueden ser los conductores, arrancadores, interruptores termomagnéticos, y demás equipo eléctrico de potencia y mando que componen el funcionamiento eléctrico de estas unidades frigoríficas.

8.16 Multímetro

Es una herramienta de uso para el electricista calificado, con el cual puede supervisar el buen funcionamiento de los equipos, se requiere la medición de voltaje, resistencia, frecuencia y amperaje, para dicho fin, el personal debe de conocer la maquinaria o por lo menos contar con los diagramas eléctricos de la misma para su familiarización con esta.

8.17 Barrillas de plata

Aunque este es mas un insumo que una herramienta, es bueno tener un poco de este material en stock, puesto que en un momento dado se puede producirse una falla en las tuberías, las barrillas de plata es un recurso indispensable en todo momento y por consiguiente se considera una herramienta ya que de agotarse en bodega tendríamos un serio problema para levantar un equipo en producción, pues el procedimiento de compra de estos materiales puede ser con un tiempo prolongado, lo que nos limita a habilitar de nuevo el equipo, presentación de este tipo de material, se muestran en la figura 116.

Figura 116 Insumos necesarios en todo momento como herramienta, los cuales son barrillas de plata, de latón y sus correspondientes fundentes.



9. DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Diseño de cargas térmicas BTUH

Conocida también como carga de refrigeración, el cual hace el trabajo de remover el calor del espacio refrigerado (recinto), dando como resultado las ganancias de calor formadas por varias fuentes como lo son:

- (1) Transmisión de calor a través de paredes, cielo y piso del recinto.
- (2) Calor procedente de la infiltración del aire caliente a través de las puertas del cuarto frío.
- (3) Calor propio del producto que se va a refrigerar.
- (4) Ganancia de calor miscelánea, que es generada por el calor producido por las personas, lámparas, pallet trucks, montacargas eléctricos, motores de evaporadores y otro equipo que funcione dentro del recinto a refrigerar.

Para empezar a hacer los cálculos de cargas térmicas de un recinto, empezamos por conocer los valores de los factores de aislamiento de los diferentes materiales que se utilizan para la construcción de determinados recintos, los cuales podemos ver en la tabla XXXIV, los espesores de pared que se utilizan para la construcción de cuartos fríos, cuyos paneles se determinan en función de las condiciones climatológicas del lugar.

9.1.1 Transmisión de calor

Dependiendo de los materiales con que están fabricados los paneles que conforman el cuarto frío, se estipula un factor $\delta K\delta$, que es el que indica el grado de

aislamiento de estos materiales, los cuales son proporcionados por el fabricante en rangos de conductividad térmica y a su espesor.

Tabla XXXIV Valores del coeficiente K de diferentes materiales aislantes, en función del factor de resistencia térmica y espesor de dichos paneles para recintos refrigerados

WALL HEAT LOADS

INSULATION (INCHES)				Heat Load (BTU per 24 Hours Per One Square Foot of Outside Surface)									
Cork or mineral wool k = 0.30	Glass Fiber or Polystyrene k = 0.26	Urethane (Sprayed) k = 0.16	Urethane (Foamed in place) k = 0.12	R	Temperature reduction in °F (outside air temperature minus room temperature)								
					1	40	45	50	55	60	65	70	75
	1			4	5.1	204	230	255	281	306	332	357	383
	2			8	3.4	136	153	170	187	204	221	238	255
4	3	2		12.6	1.8	72	81	90	99	108	117	126	135
5	4		2	16.4	1.44	58	65	72	79	87	94	101	108
6	5	3		19.6	1.2	48	54	60	66	72	78	84	90
8	6	4	3	25	0.9	36	41	45	50	54	59	63	68
10	8		4	33	0.72	29	32	36	40	43	47	50	54
	10	6		38.7	0.6	24	27	30	33	36	39	42	45
			6	50	0.48	19	22	24	26	29	31	34	36
Single Window Glass				9	27	1080	1220	1350	1490	1620	1760	1890	2030
Double Window Glass				2.2	11	440	500	550	610	660	715	770	825
Triple Window Glass				3.4	7	280	320	350	390	420	454	490	525
6" concrete floor				4.8	5	200	225	250	275	300	325	350	375

R	Heat (BTU per 24 Hours Per One Square Foot Of Outside Surface)											
	Temperature Reduction in °F (Outside Air Temperature minus Room Temperature)											
	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
4	332	357	383	408	434	459	485	510	536	561	587	612
8	221	238	255	272	289	306	323	340	357	374	391	408
12.6	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216
16.4	94	101	108	115	122	130	137	144	151	159	166	173
19.6	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144
25	59	63	68	72	77	81	86	90	95	99	104	108
33	47	50	54	58	61	65	68	72	76	79	83	86
38.7	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72
50	31	34	36	38	41	43	46	48	51	53	55	58
9	1760	1890	2030	2160	2290	2440	2560	2700	2840	2970	3100	3240
2.2	715	770	825	880	936	990	1050	1100	1160	1210	1270	1320
3.4	454	490	525	560	595	630	665	700	740	810	810	840
4.8	325	350	375	400	425	450	475	500	525	575	575	600

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division.
HEATCRAFT SALES ENGINEERING MANUAL Pág. 14

En función del factor $\delta K\delta$, se puede encontrar el factor $\delta U\delta$, el cual es el coeficiente de transferencia total de calor en BTUH/ pie² * °F, estos dos factores se relacionan con la ecuación:

$$K = UX = X/R, \quad U = K/X = 1/R, \quad R = 1/U = X/K$$

Donde X es el espesor del material aislante y R es el factor de resistencia térmica de los paneles aislantes del recinto. Estos factores conciernen a lo que transmisión de calor se refiere, a través de los paneles con que se construyen las paredes y el cielo del recinto en mención.

Pero si estos paneles están expuestos al sol, entonces se le agrega a la diferencia de temperatura del recinto y el medio, como un extra de aumento en la transmisión de calor, la temperatura en °F de la tabla XXXV, es recomendable que los cuartos fríos estén bajo una galera que les brinde sombra y que estos sean de colores claros.

Tabla XXXV Corrección de transferencia de calor por efecto solar de paneles.

Allowance for Sun effect

Type of Surface	EAST WALL	SOUTH WALL	WEST WALL	FLAT ROOF
Dark colored Surfaces Such as:				
Slate Roofing	8	5	8	20
Tar Roofing				
Black Paints				
Medium Coloren Surfaces Such as:				
Unpainted Wood				
Brick	6	4	6	15
Red tile				
Dark Cement				
Red, Gray or Green Paint				
Light Colored Surfaces Such as:				
White Stone	4	2	4	9
Light Colored cement				
White paint				

Fuente: Heatcraft
Refrigeration Product
Division.
**HEATCRAFT
SALES
ENGINEERING
MANUAL Pág. 14**

9.1.2 Infiltración de aire

Es la entrada de aire del exterior hacia nuestro recinto a refrigerar, el cual lleva consigo una ganancia de calor que entra por medio de puertas, llevando una carga de calor formada por el calor sensible del aire infiltrado y el calor latente de condensación del vapor de agua presente en este aire.

Por experiencia de uno de los mayores fabricantes de equipos de refrigeración, se proporcionan las siguientes tablas XXXVI y XXXVII, en las cuales se indica los promedios de cambio de aire en 24 horas, para cuartos de almacenamiento a temperaturas mayores de 32°F, menores de 32°F, debido a la infiltración de abertura de la puerta. En base al dato calculado, en la tabla XXXVIII, se ve el calor removido al enfriar el aire exterior hasta una temperatura del recinto en BTU / Pie³.

Tabla XXXVI Cambios promedio de aire por 24 horas en cuartos de almacenamiento arriba de 32°F por infiltración de aire debido a aberturas de puertas

Average air changes per 24 hours storage rooms above 32 °F (0 °C) due to door openings and infiltration

Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24 Hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24 Hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24 Hrs.
200	44	2,000	12	25,000	3
250	38	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2
500	26	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14	20,000	3.5	300,000	1

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **HEATCRAFT SALES ENGINEERING**
MANUAL Pág. 15

Tabla XXXVII Cambios promedio de aire por 24 horas en cuartos de almacenamiento abajo de 32°F debido a aberturas de puertas y infiltración de aire

Average air changes per 24 hours sotrage rooms below 32 °F (0 °C) due to door openings and infiltration

Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24 Hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24 Hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24 Hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20	6,000	5	75,000	1.3
600	18	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1
1,000	13.5	15,000	3	200,000	0.9
1,500	11	20,000	2.6	300,000	0.85

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **HEATCRAFT SALES ENGINEERING MANUAL**
Pág. 15

De esta forma determinamos los cambios de aire de nuestro recinto y lo multiplicamos por el volumen del recinto en pies cúbicos, dando el volumen en pies cúbicos de aire de renovación por cada 24 horas, con este dato, se multiplica por el valor de calor removido en BTU / pie³, dándonos como resultado la carga por infiltración en BTU * 24 h.

A continuación se da la tabla XXXVIII, en donde podemos ver la cantidad de calor removido del aire enfriado en las condiciones de cuartos de almacenamiento en BTU por pies³.

Tabla XXXVIII Cantidad de calor removido del aire enfriado en las condiciones de cuartos de almacenamiento en BTU por pies³.

Heat Removed in cooling air to storage room conditions (BTU per cu. Ft.)

Storage Room Temperature		Temperature of Outside Air											
		40 °F. (44 °C)		50 °F. (10 °C)		85 °F. (29.4 °C)		90 °F. (32.3 °C)		95 °F. (35 °C)		100 °F. (37.8 °C)	
		Relative Humidity of Outside Air, %											
°F	°C	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60	50	60
55	12.8					1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	10					1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	7.2					1.5	1.73	1.8	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	4.4					1.69	1.92	2	2.26	2.31	2.62	2.67	3.65
35	1.7			0.36	0.41	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.87	3.24
30	-1.1	0.24	0.29	0.58	0.66	2	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35
25	-3.9	0.41	0.45	0.75	0.83	2.09	2.42	2.44	2.71	2.79	3.16	3.14	3.54
20	-6.7	0.56	0.61	0.91	0.99	2.27	2.61	2.62	2.9	2.97	3.35	3.33	3.73
15	-9.4	0.71	0.75	1.06	1.14	2.45	2.74	2.8	3.07	3.16	3.54	3.51	3.92
10	-12.2	0.85	0.89	1.19	1.27	2.57	2.87	2.93	3.2	3.29	3.66	3.64	4.04
5	-15	0.98	1.03	1.34	1.42	2.76	3.07	3.12	3.4	3.48	3.87	3.84	4.27
0	-17.8	1.12	1.17	1.48	1.56	2.92	3.23	3.28	3.56	3.64	4.03	4.01	4.43
-5	-20.6	1.23	1.28	1.59	1.67	3.04	3.36	3.41	3.69	3.78	4.18	4.15	4.57
-10	-23.3	1.35	1.41	1.73	1.81	3.19	3.49	3.56	3.85	3.93	4.33	4.31	4.74
-15	-26.1	1.5	1.53	1.85	1.92	3.29	3.6	3.67	3.96	4.05	4.46	4.42	4.86
-20	-28.9	1.63	1.68	2.01	2	3.49	3.72	3.88	4.18	4.27	4.69	4.66	5.1
-25	-31.7	1.77	1.8	2.12	2.21	3.61	3.84	4	4.3	4.39	4.8	4.78	5.21
-30	-34.4	1.9	1.95	2.29	2.38	3.86	4.05	4.21	4.51	4.56	5	4.9	5.44

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **HEATCRAFT SALES ENGINEERING MANUAL**
Pág. 15

9.1.3 Carga del enfriamiento del producto

El objetivo principal de la Refrigeración Industrial, es el de enfriar en condiciones optimas un determinado tipo de producto, que junto a este, se estiman las ganancias de calor estimadas por el recinto y las condiciones del lugar. El producto a enfriar según el tipo que sea, el equipo debe de remover el calor del producto para llevarlo a las condiciones de almacenamiento lo cual se conoce como carga de enfriamiento. En el caso de frutas y vegetales es el tipo de producto mas delicado en refrigeración, ya que

estos siguen emitiendo calor en condiciones de almacenamiento por la respiración que conservan una vez no este congelado como veremos brevemente .

Primero empezamos por las condiciones iniciales y finales de almacenamiento del producto a refrigerar, para determinar el calor removido del producto, tenemos:

$$Q = m * C_1 * T_{C1}$$

Esta es la ecuación para frutas y verduras que no se pretende congelar.

Donde:

Q = Cantidad de calor removido BTU por 24 h

m = Cantidad de producto enfriado lbs / 24 h

C₁ = Calor específico del producto arriba del pto de congelación en BTU /lbs*°F

T_{C1} = Cambio de temperatura inicial a la final °F (congelación).

Si queremos congelar el producto, entonces la carga de calor se compone del calor latente de fusión del producto y el calor sensible del enfriamiento del mismo por debajo de la temperatura de congelación, para ello el calor latente se calcula:

$$Q = m * h_{if}$$

Donde:

h_{if} = Calor latente de fusión del producto en BTU/lbs

Y para el calor sensible, que se da de la temperatura de congelación a la temperatura de almacenamiento tenemos:

$$Q = m * C_2 * T_{C2}$$

Donde:

C₂ = Calor específico del producto abajo del pto de congelación en BTU /lbs*°F

T_{C2} = Cambio de temperatura de congelación a la temperatura final °F.

9.1.4 Calor de respiración

El calor de respiración se da en frutas y verduras en su conservación, puesto que este tipo de producto son materias vivas, las cuales se hallan sujetas a cambios durante su almacenamiento.

Tabla XXXIX Calor de respiración de algunos tipos de productos

PROPIEDADES Y DATOS DE ALMACENAMIENTO PARA PRODUCTOS PERECEDEROS												
PRODUCT	Sp. Heat Btu/lb/°F		LATENT HEAT OF FUSION BTU/LB	HIGHEST FREEZE POINT °F	WATER CONTENT %	SHORT STORAGE			LONG STORAGE			
	ABOVE FREEZE POINT	BELOW FREEZE POINT				TEMP °F	RH% MIN-MAX	RESP HEAT Btu/lb/24h	TEMP °F	RH% MIN-MAX	RESP HEAT Btu/lb/24h	MAXIMUM LIFE
DAIRY PRODUCTS												
BUTTER	0.64	0.34	15	30	15	40	75-80		_5 to _10	80 - 85		
CHEESE												
American	0.64	0.36	79	17	55	40	75-80		32	75-80		
Limburger	0.7	0.4	86	19	60	40	80-85		32	80-85		
Roquefort	0.65	0.32	79	3	55	45	75-80		30	75-80		
Swiss	0.64	0.36	79	15	55	40	75-80		32	75-80		
CREAM	0.85	0.4	90	28	55	35	75-80		_5 to _10			
EGGS												
Crated	0.75	0.42	96	30	66	40	80-85		31	85-88		
Frozen		0.42	96	30					_5 to _10			
Whole Solid	0.22	0.21	4		3	40	80		40	80		
Ice Cream	0.75	0.42	89	28	61	-15			-15			
MILK												
Fluid Whole	0.92	0.48	125	31	88	35						
Condensed	0.42		40		28	40			40			
Evaporated	0.72		106		74				Rm Temp			
Dried	0.22		4		3				50	80		
Oleo	0.32	0.25	22		15.5	45	60-70		35	60-70		
FRUIT												
Apples	0.87	0.45	121	29.3	84.1	35	85-88	0.72	30	85-88	0.48	1 a 2 Weeks
Apricots	0.88	0.46	122	30.1	85.4	35	80-85	0.96	31	80-85	0.48	1 a 3 Weeks
Avocados	0.81	0.45	118	31.5	82	50	85-90		45	85-90		1 month
Bananas												
Green	0.8	0.42	108	30.6	74.8	56	90-95	0.17				1 a 4 Weeks
Ripe	0.8	0.42	108	30.6	74.8				56	85-90	0.17	1 a 4 Weeks
Berries (Gen)	0.88	0.45	120	30	84	35	80-85	2.9	31	80-85	2.9	10 a 18 Days
Cherries	0.86	0.45	116	28.8	80.4	35	80-85	1.35	31	80-85	0.75	2 a 4 Weeks
Coconuts	0.58	0.34	67	30.4	46.9	35	80-85		32	80-85		1 a 2 Months
Cranberries	0.9	0.46	124	30.4	87.4	40	85-90	0.48	36	85-90	0.48	3 a 6 Days
Currants	0.88	0.45	120	30.2	84.7	36	85-90		32	85-90		1 a 4 Weeks
Dates (Cured)	0.36	0.26	29	3.7	20	35	65-75		28	65-70		6 a 12 Months
Dried fruit	0.42	0.28	39		28	35	50-60		32	50-60		
Figs (Fresh)	0.82	0.43	112	27.6	78	40	65-75		32	65-75		7 a 10 Days
Grapefruit	0.91	0.46	126	30	88.8	45	85-90	0.48	32	85-90	0.24	
Grapes (calif)	0.86	0.44	116	28.1	81.6	35	80-90	0.48	31	85-90	0.24	1 a 6 months
Lemons	0.91	0.47	127	29.4	89.3	55	85-90	1.44	55	85-90	0.96	
Limes	0.86	0.45	118	29.7	82.9	45	85-90	1.44	45	85-90	0.96	
Melons	0.94	0.48	120	30	87.0	45	85-90	1.68	40	85-90	0.96	2 a 3 Weeks
Olives (Fresh)	0.8	0.42	108	29.4	75.2	50	85-90		45	85-90		4 a 6 Weeks
Oranges	0.9	0.46	124	30.6	87.2	40	85-90	0.72	32	85-90	0.48	
Peaches	0.9	0.46	124	30.3	89.1	35	80-85	0.96	32	80-85	0.48	2 a 4 Weeks
Pears	0.86	0.45	118	29.2	82.7	35	90-95	0.72	30	90-95	0.48	2 a 7 Months
Pineapples												
Green	0.88	0.45	122	30.2	85.3	50	85-90					2 a 4 Weeks
Ripe	0.88	0.45	122	30	85.3	40	85-90					2 a 4 Weeks
Plums	0.88	0.45	118	30.5	82.3	40	80-85	1.44	31	80-85	0.72	2 a 5 Weeks
Prunes	0.88	0.45	118	30.5	82.3	40	80-85	1.44	31	80-85	0.72	2 a 5 Weeks
Quinces	0.88	0.45	122	28.4	85.3	35	80-85	0.72	31	80-85	0.48	2 a 3 Months
Raisins (Dried)	0.47	0.33	45			45	85-90		40	85-90		
Raspberries	0.84	0.44	122	30	80.6	31	85-90	2.4				
Strawberries	0.92	0.42	129	30.6	89.9	31	85-90	1.8				3 a 6 Days
Tangerines	0.9	0.46	125	30.1	87.3	40	85-90	1.63	32	85-90	1.14	
MEAT												
Bacon (Cured)	0.43	0.29	39		28	55	55-65					
Beef												
Dried									55	65-70		
Fresh	0.77	0.42	99	30	70	34	85-90		32	85-90		
Brined						40	80-85		32	80-85		
Liver / Tongue	0.77	0.44	102		72	34	85-90		32	85-90		
Ham / Shoulder												
Fresh	0.61	0.35	80	30	54	34	85-88		28	85-88		
Smoked	0.56	0.33	64			55	55-65		55	55-65		
Hides									34	55-70		

Fuente: 1974 ASHRAE Applications handbook

Estos cambios son debidos a la respiración en el proceso de maduración en donde el oxígeno del aire se combina con el carbono de los tejidos del fruto, dicha reacción, hace que se desprenda energía en forma de calor, donde este calor pasa a ser parte de la carga de calor del producto, por lo que debe de incluirse en nuestros cálculos, en donde:

$$Q = m * \text{Calor de respiración en [BTU*24h]}$$

El calor de respiración es propio de cada tipo de producto, mas que todo para frutas y verduras, como los valores dados en la tabla XXXIX.

9.1.5 Calor de cargas misceláneas

Son otro tipo de cargas que no se han incluido hasta este momento, estas pueden ser el calor de las personas, motores, iluminación, empaque y tarimas que se utilicen dentro del recinto como se detallará a continuación.

9.1.5.1 Calor por personas

Para el calor latente de las personas, podemos ver en la tabla XL, el calor latente equivalente de ocupantes en BTU / 24 hrs. de una persona a diferentes temperaturas, en donde se puede considerar una persona por cada 25,000 pies³ de espacio de cuarto frío, en donde dicho cálculo se desarrolla de la siguiente forma:

$$Q = \text{No. personas} * \text{valor de tabla XXXI en [BTU / 24 h]}$$

Tabla XL Calor equivalente de ocupantes dentro de los recintos refrigerados

Heat Equivalent of Occupancy

Cooler Temperature °F	Heat Equivalent/Person BTU/24 HRS.
50	17280
40	20160
30	22800
20	25200
10	28800
0	31200
-10	33600

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **HEATCRAFT SALES ENGINEERING MANUAL**
Pág. 19

9.1.5.2 Motores

Los motores eléctricos, usados adentro de cuartos fríos, son de pequeña potencia, por lo que suelen ser los menos eficientes, a continuación en la tabla XLI, se proporciona los rangos de grupos de motores en Hp, en donde podemos ver el calor emitido por estos, o utilizar la formula siguiente:

$$Q = Hp * 75000 \text{ BTU} / Hp * 24 \text{ hrs}$$

Tabla XLI Calor equivalente de motores eléctricos

Heat Equivalent of electric motors

Motor HP	BTU Per (HP) (HR)		
	Connected Load in Refr. Space	Motor Losses Outside Refr. Space	Connected Load Outside Refr. Space
1/8 to 1/2	4250	2545	1700
1/2 to 3	3700	2545	1150
3 to 20	2950	2545	400

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **HEATCRAFT SALES ENGINEERING MANUAL**
Pág. 19

Para el caso de pallet trucks o montacargas eléctricos, se puede dar el mismo proceso o por medio de la tabla XLII, que da los BTU /hr.

Tabla XLII Ganancia de calor debido a la operación de pallet trucks operados con baterías

Heat Gain due to operation of battery operated lift trucks

Battery operated load capacity lb.	Heat Gain per hour of truck operation, BTU/hr.	Approximate total weight of lift truck lb.
2,000	14,000	6,000
4,000	21,000	8,000
6,000	23,000	12,000
8,000	26,000	14,000

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **HEATCRAFT SALES ENGINEERING MANUAL**
Pág. 19

9.1.5.3 Iluminación

Es típico que todo cuarto frío tenga iluminación, cuya potencia se estima en watt, con una densidad de 1 a 1 1/2 watt por pie³, para encontrar el calor por iluminación, se tiene que definir la potencia en watt y se multiplica * 3.42 BTU/(Watt * 24 h), lo que representa la carga diaria por iluminación, en donde:

$$Q_{\text{luz}} = \text{Watt} * 3.42 * 24 = \text{Watts} * 82 \text{ [BTU*24 hrs]}$$

9.1.5.4 Empaque y tarimas

Estos son parte también de los cálculos de cargas, pues como materiales sólidos que son, tienen un calor específico, los cuales podemos encontrar en la tabla XLIII, en donde se define dicho calor, por las fórmulas siguientes donde Tø es el tiempo de enfriamiento:

$$Q \text{ tarimas} = \text{lbs} / \text{día} * \text{cal. Específico} * \text{DT} * 24 / T\phi \quad [\text{BTU} * 24 \text{ h}]$$

$$Q \text{ caja cartón} = \text{lbs} / \text{día} * \text{cal. Específico} * \text{DT} * 24 / T\phi \quad [\text{BTU} * 24 \text{ h}]$$

Tabla XLIII
específico de
líquidos y sólidos

Calor
varios

Calor específico de varios líquidos y sólidos

Nombre	Calor Específico	
	BTU/lb./°F	Temp. °F
<i>Líquidos</i>		
Acido Acetico	0.522	79 - 203
Alcohol Etílico	0.68	32 - 208
Alcohol Metílico	0.61	59 - 68
Cloruro de Calcio		
Salmuera (20% en peso)	0.744	68
Carbon		
Tetracoloruro	0.201	68
Cloroformo	0.234	68
Gasolina	0.5	32 - 212
Glicerina	0.575	59 - 120
Aceite de Oliva	0.471	44
Tolueno	0.404	68
Trementina	0.42	68
<i>Sólidos</i>		
Aluminio	0.241	
Asfalto	0.22	
Bakelita	0.35	
Mampostería, Enladrillado	0.2	
Latón	0.09	
Bronce	0.104	
Concreto	0.156	
Vidrio	0.2	
hielo	0.465	-4
hielo	0.487	32
hierro (fundido)	0.12	
Plomo	0.031	
Papel	0.32	
Porcelana	0.18	
Hule mejorado	0.48	
Arena	0.191	
Acero	0.12	
<i>Maderas</i>		
Abeto	0.65	
Roble	0.57	
Pino	0.67	

Fuente: Heatcraft
Refrigeration Product
Division. **HEATCRAFT**
SALES ENGINEERING
MANUAL Pág. 19

Hasta este momento podemos decir que ya hemos incluido todos los factores que pueden aportar calor diario en BTU * 24 hrs a nuestro sistema, para su determinación, procedemos a hacer la sumatoria de todas estas cargas y obtendremos el total de BTU * 24 horas.

Dichos cálculos están considerados para un buen rendimiento de las unidades condensadoras, las cuales se calcula con base a su trabajo máximo de 16 a 18 horas diarias, con el objeto de asegurar 2, 4, 6 ó 8 ciclos de deshielo en los evaporadores, para recintos de temperaturas sobre 0 °C, para recintos que manejan temperaturas abajo de 0 °C, el total de estas cargas se divide entre 18 a 20 horas diarias, con deshielos de resistencia, pues sería difícil remover la escarcha de hielo en los evaporadores a estas temperaturas.

Finalmente, como una seguridad adicional, para cubrir todo posible imprevisto, se recomienda agregar un 10% del total de las cargas. Teniendo el total neto de las cargas en BTU * 24 horas, se procede a dividir esta carga por 16, 18 ó 20 horas, según sea la aplicación requerida, dando como resultado una cantidad de calor en BTUH, mientras menos horas de servicio, procedemos a seleccionar un equipo mas grande, el cual nos puede servir para obtener el control de la HR (humedad relativa), en función de la DT (diferencia de temperatura), que hay entre la temperatura del evaporador y la temperatura del recinto.

La diferencia de la temperatura TD y la humedad relativa HR del recinto, es la diferencia de la temperatura de diseño del recinto y el refrigerante que se evapora, donde la humedad del recinto disminuye con forme aumenta TD, puesto que a una temperatura mas baja en el serpentín, condensará mayor cantidad de humedad que está presente en el aire. La humedad relativa HR del recinto es necesaria para cierto tipo de productos, tales como las frutas y verduras, los cuales aparte de su conservación en tiempo, también requiere que se conserve su sabor y apariencia satisfactoria del producto.

En la siguiente tabla XLIV, en donde se tiene TD en relación a HR, se enumeran los valores recomendados de TD que darán un valor de humedad, relativa según a la clase de producto que se conserva.

Tabla XLIV Clases de productos que requieren de una HR específica, se tiene que conservar los rangos de TD del equipo o viceversa.

Diferencia de temperatura recomendada para 4 clases de alimentos con evaporadores de aire forzado

CLASE	T.D.	Aprox. H.R.	Descripción de la clase de producto
1	7-9°F	90%	Es el mínimo de humedad evaporada durante el almacenamiento, en donde se incluyen frutas, vegetales, flores, hielo y hidrocoolers
2	10-12°F	80-85%	Incluye almacenamiento en general y tiendas de conveniencia en donde se tiene carne empacada y vegetales, frutas y productos similares y otros productos que requieren una pequeña caída de humedad relativa de los niveles de la clase 1.
3	12-16°F	65-80%	Incluye cervezas, vinos, productos farmacéuticos, papas y cebollas, también fruta pelada tal como melones en empaques pequeños. Estos productos requieren de una moderada humedad relativa.
4	17-22°F	50-65%	Usado en cuartos fríos donde se prepara y procesos de corte de dulces, cervezas, almacenes de filmes. Estas son aplicaciones donde se necesita un bajo HR para aquellos productos que son afectados por la humedad.

Fuente: Heatcraft Refrigeration Product Division. **HEATCRAFT SALES ENGINEERING MANUAL**
Pág. 10

En el caso de las frutas que está empacada sin bolsa, se requiere de una TD baja, para mantener una HR de 85-90%, que evitará que esta se deshidrate, como lo es un productos de clase 1 y 2, si la fruta es empacada dentro de bolsas plásticas cerradas, entonces no se requiere una gran HR, se puede considerar como un producto de clase 3.

En el caso de frutas, un exceso de HR, puede llevar a la maduración de la misma o a la creación de bacterias sobre su piel según sea el caso de la consistencia física de la fruta.

Para la agroindustria de frutas, que son empresas que exportan este tipo de productos, deben de enfriar el mismo en el mínimo tiempo posible desde su cosecha para su captación de energía máxima, brindando de esta forma un mayor tiempo de almacenamiento, para este proceso, el producto se debe de considerar como clase 1, después que la fruta ha sido enfriada en sus condiciones propias para su empaque, este se realiza en un recinto donde se tiene un HR medio para luego pasarlo a otro recinto de donde se mantendrán sus condiciones de preservación, con esto se trata de mantener un HR 90% si esta no esta empacada en bolsas, si la fruta esta empacada dentro de bolsas, su HR se conserva puesto que el evaporador no se la puede extraer, en este caso en dichas bodegas de mantenimiento podemos tomar esta fruta como una clase 2, a modo que la humedad no se condense dentro de la bolsa, para evitar problemas de maduración en el transporte.

Hay que tener presente que este tipo de producto debe de tener las condiciones propias de almacenaje antes de empacarla, puesto que si la fruta no esta totalmente fría, el calor de respiración generará gases inflamables que inflarán el empaque y un calor adicional que hará que la misma empiece su maduración, lo que hará que su tiempo de conservación sea mas corto de lo esperado.

Hasta este momento ya se ha mencionado todo tipo de cargas que se pueden presentar en la construcción de un cuarto frío, para lo cual procederemos a realizar un ejemplo, en donde se recomienda una elaboración de planos, donde se pueda ver a detalle cada uno de los diferentes factores que influye en el cálculo de cargas térmicas, para de esta manera poder seleccionar el equipo de refrigeración como los N evaporadores y N unidades condensadoras que se quiere disponer en nuestro proyecto. Hay documentos en donde se estipula una carga en función del volumen del recinto los cuales sirven como guía rápida, lo recomendable es elaborar un plano en donde se acondicionara el número de tarimas, ubicación de los diferentes equipos, tuberías, iluminación y otros que se puedan necesitar dentro y fuera del recinto, con el objeto de

tener claro y con una mejor perspectiva de lo que nosotros necesitamos, a la larga posiblemente lleguemos a tener un resultado igual o aproximado, pero no tendríamos muy claro los diferentes materiales que se necesitarán para la instalación tanto de paneles, conductores, equipos y otros que se requieren para hacer un presupuesto de este proyecto.

EJEMPLO: En una agroindustria se requiere de la construcción de un cuarto frío, para el mantenimiento de melón cantaloupe, en donde las condiciones son las siguientes:

Figura 117 Datos para el ejemplo de cálculo de cargas de un cuarto frío, para el almacenamiento de melón cantaloupe, valores extraídos de tablas anteriores.

Datos de iluminación

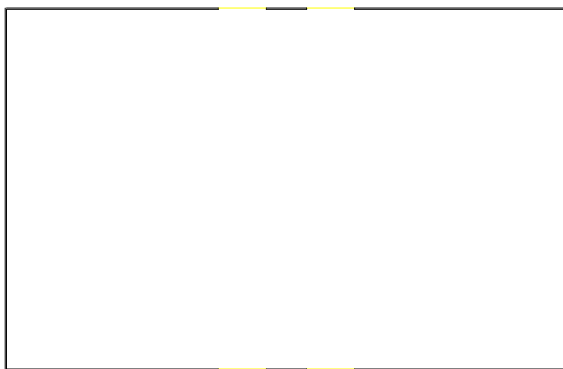
Luninarías con difusor
iluminación semidirecta
Eficiencia $\phi = 0.4$
Luxes en plano de trabajo 150
2*32W con 5400 lumenes
Eficiencia de lamparas 84%
Factor LLD 0.83
Reflexión de pared $P_p = 0.5$
Reflexión de techo $P_t = 0.7$

Datos generales

Largo 92 pies
Ancho 59 pies
Altura 12 pies
Temp. ambiente 105°F
Temp. del suelo 80°F
HR del ambiente 50%
Temp. cuarto frío 38°F
HR del cuarto frío 95%

Construcción cuarto frío

Techo de 4" poliuretano
Paredes de 4" poliuretano
Piso de 6" de concreto



SOLUCIÓN: Para realizar los cálculos correspondientes a cada tipo de ganancia de calor de la figura 117, se procede a elaborar una tabla en una hoja electrónica en donde

se aplican las formulas correspondientes a cada tipo de carga que interfiere en nuestro proyecto, quedando pendiente el cálculo de iluminación, ya que es un factor independiente que depende de la calidad de iluminación que se requiera por lo que es recomendable hacer el cálculo de iluminación para determinar el número de lámparas y con este determinar la potencia eléctrica necesaria y convertirla en una carga térmica de BTU * 24hrs, y a la vez sirve para determinar la ubicación de cada una de ellas mas los materiales que se requieren para su instalación (figura 118 y tabla XLV); resolviendo la parte de iluminación aproximando valores a metros:

$$\text{Superficie } S = 28 * 18 = 504 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Altura de lámparas a plano de trabajo} \\ .h = 3.65 - 0.85 = 2.80 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Distancia de las lámparas al plano de} \\ \text{trabajo } d \\ .d = \frac{3}{4} * h = \frac{3}{4} * 2.80 = 2.10 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Distancia entre focos (horizontal) } e \\ .e = 1.5 * d = 1.5 * 2.10 = 3.15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Índice de local } K \\ K = (2L + 8A) / 10d = 9.52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{De tabla XLV tenemos determinamos el} \\ \text{factor de utilización } U \\ K = 8 \text{ con } 0.60 \\ K = 9.52, U = X \\ K = 10 \text{ con } 0.62 \\ \text{Interpolando } U = 0.6152 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{El factor de depreciación a 1 año } \delta \\ \delta = 1.30 \end{aligned}$$

$$\text{El flujo de iluminación } E = 150 \text{ lux}$$

$$\begin{aligned} \phi_n &= (E * S * \delta) / U \\ \phi_n &= (150 * 504 * 1.3) / 0.6152 \\ \phi_n &= 159,752 \text{ lumenes} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Entonces tendremos } N \text{ lámparas} \\ N = \phi_n / 5,400 = 29.5 \text{ lámparas} \end{aligned}$$

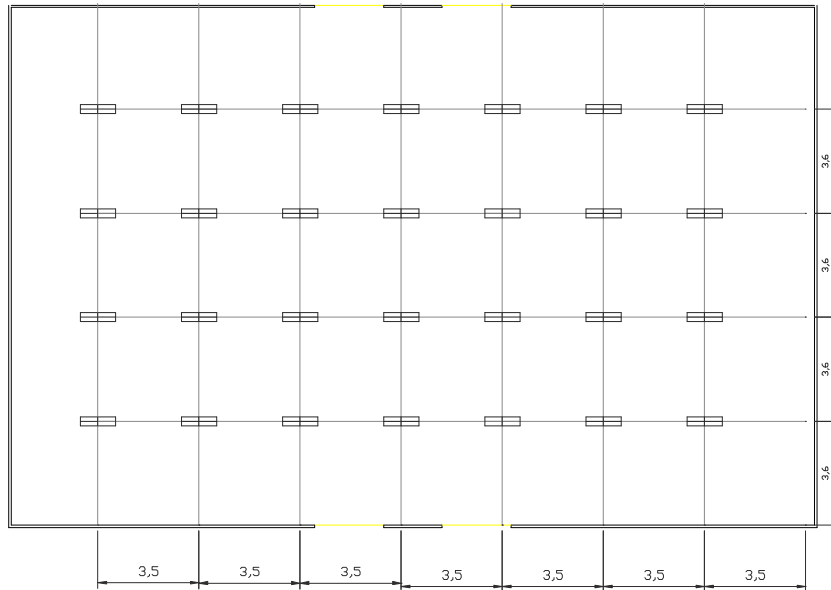
Cada lámpara consume 64 Watts, por disposición del recinto se utilizaran 28 de ellas, en donde cumplimos con los luxes para este tipo de recinto que esta entre los 100 ó 200 luxes.

$$\text{Potencia eléctrica es igual}$$

$$28 * 64 = 1,792 \text{ watts}$$

$$\begin{aligned} \text{Carga térmica en BTU*24horas} \\ Q = 1792 * 82 = 146,944 \end{aligned}$$

Figura 118 Disposición de las luminarias de este cuarto frío, en donde se dispone de 28 luminarias de 2 *32W



En la tabla XLV se tiene el factor de utilización en base al índice del local y la reflexión de paredes y de techo, también se obtiene el factor de depreciación, los datos sombreados son los utilizados para el cálculo del ejemplo.

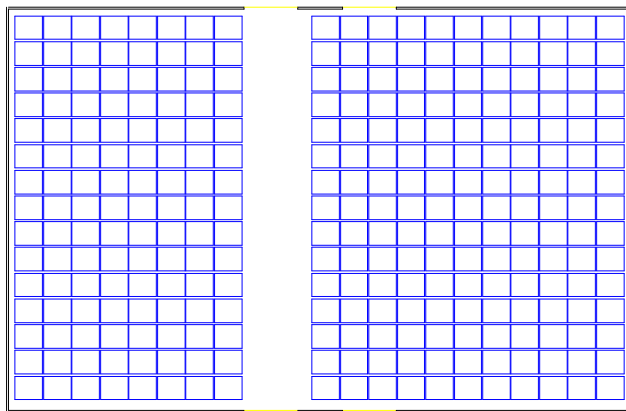
Tabla XLV Factores de utilización para lámparas fluorescentes.

Lámpara fluorescentes de 84% de eficiencia

Indice del local	Factores de utilización									Factores depreciación		
	Pt = 0.7			Pt = 0.5			Pt = 0.3			Limpieza cada		
K	Pp=0.5	Pp=0.3	Pp=0.1	Pp=0.5	Pp=0.3	Pp=0.1	Pp=0.5	Pp=0.3	Pp=0.1	1 año	2 años	3 años
1	0.24	0.19	0.15	0.20	0.16	0.13	0.16	0.13	0.11			
1.2	0.28	0.23	0.19	0.23	0.19	0.16	0.19	0.16	0.13			
1.5	0.33	0.28	0.24	0.28	0.23	0.20	0.22	0.19	0.17			
2	0.40	0.35	0.31	0.33	0.29	0.26	0.27	0.24	0.22	Ensuciamiento bajo		
2.5	0.44	0.39	0.35	0.37	0.33	0.30	0.30	0.27	0.25	1.3	1.65	1.85
3	0.47	0.43	0.39	0.40	0.36	0.33	0.32	0.30	0.28	Ensuciamiento medio		
4	0.52	0.48	0.45	0.44	0.41	0.38	0.36	0.33	0.31	1.7	2.25	2.65
5	0.55	0.51	0.48	0.46	0.44	0.41	0.38	0.36	0.34	Ensuciamiento alto		
6	0.57	0.54	0.51	0.48	0.46	0.44	0.39	0.38	0.36	x	x	x
8	0.60	0.57	0.55	0.51	0.49	0.47	0.41	0.40	0.39			
10	0.62	0.59	0.57	0.52	0.51	0.49	0.43	0.42	0.41			

Ahora determinamos las libras de producto que se pretende enfriar, se elabora un plano (figura 119) donde se disponen todas las tarimas a enfriar en el cuarto frío calculando las libras de producto, tarimas y cajas de empaque como se expuso anteriormente.

Figura 119 Distribución de producto dentro del recinto.



Peso por tarima = 1440 lbs
 Tarimas de 64 cajas
 Producción diaria de 22,000 cajas
 Tarimas = $22,000/64 = 343$
 Libras de melón = $343 * 1,440$
 Libras de melón = 493,920 libras
 Tarimas = $285 * 40 \text{ lbs} = 11,400 \text{ lbs}$
 Cajas empaque = $285 * 64 * 0.5 =$
 Cajas empaque = 9,120 lbs

Volumen del recinto pies³
 $59 * 92 * 12 = 65,136 \text{ pies}^3$

Nota: Las tarimas de producto son los cuadros adentro del recinto en donde se mantiene fruta en sus condiciones propias al tipo de producto, utilizando un 90% del área efectiva del cuarto frío.

Con los datos obtenidos a este momento, ya podemos pasar los valores a nuestra hoja electrónica ó a realizar los cálculos correspondientes con las fórmulas y tablas expuestas anteriormente, en donde se calcula cada uno de los tipos de ganancia de calor que se pueden obtener en nuestro recinto, donde el volumen específico del aire es de 13.6 Pie³/lb, y la entalpía de aproximadamente 30 BTU /lb, estos datos pueden ser extraídos por medio de una carta Psychrometrica para 0 pies pues el lugar esta a 340 psnm, humedad relativa del 45 a 50% con una temperatura de bulbo seco de 80°F y una de bulbo húmedo de 65°F, a continuación se presenta una hoja electrónica en donde se incluyen todo tipo de cargas térmicas según las necesidades del recinto a refrigerar.

Tabla XLVI Hoja de cálculo de cargas.

Tabla para el cálculo de cargas de un cuarto frío

Dimensiones del cuarto					
Ancho A (ft):	59.00	Largo L (ft):	92.00	Alto H (ft):	12
Volumen(ft3):	65136.00				
Temp. ambiente F:	105.00				
Temp. suelo F:	80.00				
Humedad relativa ambiente %	50.00				
Temp. cuarto F:	38.00				
Humedad relativa cuarto %	95.00				
Aislamiento		Espesor(t)	Tipo	K(Btu/(Hr*Ft ² *F*In) R=t/K	
Cielo o techo	4	poliuretano		0.16	25.00
Paredes	4	poliuretano		0.16	25.00
Piso	6	CONCRETO		1.25	4.80
Datos de producto					
Producto	VARIOS		Lbs/día:	493920	
Temp. entrada F:	45				
Temp. final F:	38				
Tiempo de enfriamiento Hrs:	24				
Punto de congelacion	0				
Calor especifico sobre cong. (Btu/Lb/F)	0.93				
Calor especifico bajo cong. (Btu/Lb/F)	0				
Calor de latente de fusion (Btu/Lb)	0				
Calor de respiracion (Btu/Lb?24Hrs)	0.96				
Montacargas HP	10				
Motores HP, abanicos evaporadores.	12				
Luces (watt/pie2)	1792.0				
Personas	3				
Cielo	Área pie 2	U= 1/R	Delta T interpolador	Total Btu	
Transmision (area x U x DT)			valor de tabla 9.1		
Pared 1	708.00	0.04	60.60	41188.61	
Pared 2	1104.00	0.04	60.60	64226.30	
Pared 3	1104.00	0.04	60.60	64226.30	
Pared 4	708.00	0.04	60.60	41188.61	
Cielo	5428.00	0.04	60.60	315779.33	
Piso	5428.00	0.208333333	42.00	1139880.00	
Cambio(s) de aire (vol x Tabla4xDH/Vesp)	Vol(ft3)	Tabla 4	DH (Btu/Lb)	V esp	
DH defirencia entalpia carta sicrometrica		# cambios	Tabla sicrom	(pie3/Lb)	
Vesp volumen especifico aire	65136.00	1.76	30	13.6	252881
Producto (lbs/dia) x cal. Esp. x DTx24/T'	Lbs/dia	Cal. Esp.	DT	T'	
T' tiempo de enfriamiento	493920	0.93	7	24	3215419.2
Respiracion de producto	Lbs alm	Cal. Resp.			
(Lbs alm x Cal de resp)	493920	0.96			474163.2
Miscelaneos					
Motores Hp x 75000 Btu/Hp/24 hrs					900000
Luces Watt*82					146944
Personas * tabla 12	Tabla 12	20160	Hrs. de Op.		60480
Montacargas HP*75000/24*Hr op.			3		93750
Empaque (lbs/dia) x cal. Esp. x DTx24/T'	Lbs/dia	Cal. Esp.	DT	T'	
Tarimas de madera	11400	0.67	7	24	53466
Cajas de carton	9120	0.32	7	24	20428.8
Total en 24 horas (Btu)					6884021
Factor de seguridad	10%				688402
Total con factor de seguridad en 24 horas					7572423
Horas de operacion por dia	18				
Capacidad requerida (Btu/Hr)					420690

9.2 Selección de equipos de refrigeración

Luego de terminar de determinar la carga en BTUH requerida, procedemos a escoger el modelo de la unidad condensadora y evaporadora, que den la capacidad correspondiente para obtener el rendimiento frigorífico necesario.

Para la selección de este equipo, se debe tener en cuenta la presión de aspiración para el caso de la unidad condensadora, que debe trabajar de acuerdo con la temperatura a obtener en el recinto y a la temperatura del medio enfriador de este. Conocida la temperatura de diseño del recinto, con la diferencia de temperatura que hay entre el recinto y la de evaporación del refrigerante en los evaporadores, se obtiene la presión de aspiración a que deberá trabajar el sistema, en la tabla XLVII, se puede ver las presiones en libras por pulgada cuadrada de cada refrigerante a una temperatura de condensado.

En esta tabla se puede buscar el tipo de refrigerante por la temperatura ebullición con el que debe de trabajar el compresor, de acuerdo con el tipo de instalación de que se trate. La presión de descarga del condensador tiene su efecto en la capacidad del mismo, o sea la capacidad determinada por la superficie del condensador y por la temperatura del agente enfriador del condensador, ya sea este aire o agua, el propósito de todo esto, es para que tengamos una idea de cómo deben ser las dimensiones aproximadas de los equipos en función de la carga térmica que se quiere remover en el recinto y la que se pretende disipar en el ambiente, mas otras ganancias adquiridas por el recalentamiento del refrigerante en las tuberías mal aisladas, mas la adquirida en el trabajo realizado por el compresor, los cuales no se han calculado anteriormente, en otras palabras la unidad condensadora debe disipar mas calor que la adquirida por los evaporadores, esta intuición se desarrolla con forme la experiencia adquirida en el manejo de esta clase de equipos.

**Tabla XLVII Vacío en pulgadas por debajo de la presión atmosférica,
presiones manométricas en libras por pulgada cuadrada**

**Relación entre presiones y temperaturas de los refrigerantes
Vacío en pulgadas por debajo de la presión atmosférica.**

	Temperatura °C	R - 502 (CHCIF2/ C2CIF5)		R - 22 (CHCIF2)		R - 12 (CCl2F2)	
			lbs		lbs		"
-	40.0	4.28	lbs	0.5	lbs	11.0	"
-	37.0	6.72	lbs	3.0	lbs	8.4	"
-	34.4	9.40	lbs	7.8	lbs	5.5	"
-	31.7	12.33	lbs	5.0	lbs	2.3	"
-	28.9	15.52	lbs	10.5	lbs	0.5	lbs
-	26.1	18.99	lbs	14.0	lbs	2.4	lbs
-	23.3	22.76	lbs	17.6	lbs	4.5	lbs
-	20.6	26.84	lbs	20.0	lbs	6.8	lbs
-	17.8	31.24	lbs	24.0	lbs	9.2	lbs
-	15.0	35.99	lbs	28.0	lbs	11.9	lbs
-	12.2	41.09	lbs	32.6	lbs	14.7	lbs
-	9.4	46.57	lbs	38.0	lbs	17.7	lbs
-	6.7	52.45	lbs	43.7	lbs	21.1	lbs
-	3.9	58.73	lbs	50.0	lbs	24.6	lbs
-	1.1	65.44	lbs	54.5	lbs	28.5	lbs
+	1.7	72.59	lbs	62.0	lbs	32.6	lbs
+	4.4	80.20	lbs	71.0	lbs	37.0	lbs
+	7.2	88.30	lbs	78.6	lbs	41.7	lbs
+	10.0	96.89	lbs	84.0	lbs	46.7	lbs
+	12.8	106.00	lbs	92.2	lbs	52.0	lbs
+	15.6	115.60	lbs	102.5	lbs	57.7	lbs
+	18.3	125.80	lbs	112.0	lbs	63.7	lbs
+	21.1	136.80	lbs	124.0	lbs	70.1	lbs
+	23.9	148.00	lbs	132.0	lbs	76.9	lbs
+	26.7	159.90	lbs	145.0	lbs	84.1	lbs
+	29.4	172.50	lbs	157.0	lbs	91.7	lbs
+	32.2	185.80	lbs	170.0	lbs	96.6	lbs
+	35.0	199.70	lbs	184.0	lbs	108.1	lbs
+	37.8	214.40	lbs	196.0	lbs	116.9	lbs
+	40.4	229.70	lbs	210.0	lbs	126.2	lbs
+	43.5	245.80	lbs	230.0	lbs	136.0	lbs
+	46.0	262.80	lbs	245.0	lbs	146.5	lbs
+	49.0	280.30	lbs	263.0	lbs	157.0	lbs
+	51.5	298.70	lbs	280.0	lbs	167.7	lbs
+	54.5	318.00	lbs	300.0	lbs	180.2	lbs
+	57.0	338.10	lbs	315.0	lbs	192.5	lbs
+	60.0	359.10	lbs	340.0	lbs	205.2	lbs
+	63.0	381.10	lbs	360.0	lbs	218.0	lbs
+	65.5	403.90	lbs	380.0	lbs	232.5	lbs

Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRACTICO
DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA** Pág 23

Para la selección de un condensador debemos de escoger los evaporadores requeridos por la carga térmica calculada y seleccionar el condensador que las pueda mantener en su máxima capacidad.

De los cálculos realizados anteriormente para el cuarto frío del ejemplo, las dimensiones de este cuarto son de 59ø*92ø*12ø vemos que tiene una forma rectangular, por lo que se puede decir que tenemos dos opciones. Opción uno, es cuya longitud es muy larga de alrededor de los 28 metros, lo cual es una distancia muy larga para poner dos evaporadores en uno de los extremos del mismo, por consiguiente se considera adecuado una disposición de dos evaporadores en cada extremo los cuales hacen que su flujo de aire se cruce en el centro pero no baja la eficiencia de las maquinas teniendo un total de 4 evaporadores. Opción dos, se pueden disponer los cuatro evaporadores en uno de los extremos de la parte mas larga, pero tenemos el inconveniente que se tienen las puertas en estos extremos, por lo que para este caso es mejor la primer opción. Entonces convencidos de que se necesitan 4 evaporadores para la trasferencia de calor de este recinto, procedemos a dividir la carga entre el número de evaporadores, por diseño de tubería se recomienda que se seleccionen un número par de evaporadores, realizando dicha división tenemos:

$$\text{Carga total / No. evaporadores} = 420690 / 4 = 105172.5 \text{ BTUH}$$

Trabajando con el fabricante de equipos Chandler, podemos escoger entre varios modelos que vengan equipados para el voltaje de operación de nuestra industria, en este caso utilicemos un sistema 480V/3F/60Hz, entonces buscando en catálogo de este proveedor, adjuntamos los modelos que mas cumplen con nuestras necesidades, los cuales se muestran en la siguiente tabla XLVIII.

Tabla XLVIII Varios modelos del evaporadores Chandler de 3 ventiladores

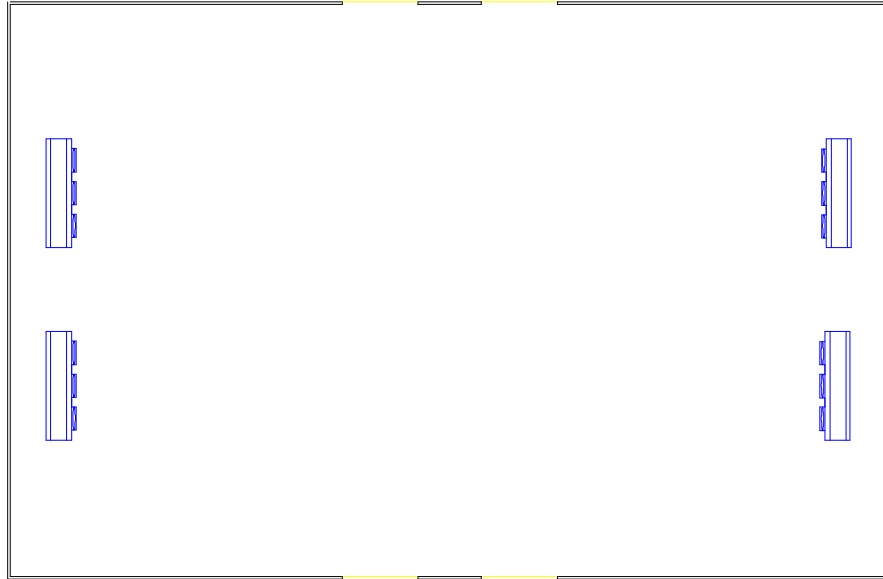
Opción No.	Modelo	Capacidad	CFM	Voltaje 460/3/60	Succión	Drenaje
1	HHA 930	93000	17600	5.2	2 1/8"	1 1/4"
2	HHA1100	110000	21900	5.2	2 1/8"	1 1/4"
3	HHA1170	117000	20700	6.9	2 1/8"	1 1/4"

La opción dos y tres están por encima del valor requerido, pero aun así debemos de evaluar cual de estas será la que pueda cumplir con nuestras necesidades, en este caso que se trata de mantenimiento de melones, el cual se considera como un producto de clase 2, se debe de proporcionar una HR de 80-85%, donde la misma ya esta empacada.

Observamos que el fabricante nos da en el evaporador una TD de $10\text{ }^{\circ}\text{F} + 2\text{ }^{\circ}\text{F}$ por la caída del evaporador, obteniendo $12\text{ }^{\circ}\text{F}$, de la tabla XLIV, vemos que estamos adentro de la TD permitida lo cual nos asegura un HR de 80-85%, de esta forma vemos que la opción dos cumple, pues mantiene un rango de $12\text{ }^{\circ}\text{F}$ de DT y tenemos un sobrante de 5000 BTUH, con la seguridad de que el refrigerante salga en vapor saturado y no en estado líquido como puede ser en el caso de un evaporador muy grande que puede producir daños en el compresor.

La opción tres ya es un evaporador sobredimensionado, pero en él podemos obtener una DT mas pequeña, lo que en este caso conviene para que la HR aumente, pero se tiene el inconveniente de que el refrigerante salga en estado líquido, cuando la carga baje mucho en el recinto, la VET no puede cerrar este exceso de refrigerante, lo que no es recomendable, de todos modos un equipo mas grande tiene un costo mas elevado, por lo que se concluye que la mejor opción es la No. 2, a continuación se da disposición de los evaporadores como se muestra en la figura 120.

Figura 120 Arreglo de evaporadores en el cuarto frío del ejemplo anterior



De la figura 120, vemos que lo mas conveniente es la selección de dos unidades condensadoras, en donde cada una manejará la carga de dos evaporadores y con el objeto de hacer un buen diseño de la tubería para una succión equitativa entre los evaporadores, con esta disposición, se asegura en caso de avería de uno de estos equipos, el funcionamiento de uno de los equipos mientras se repara la otra. Esto quiere decir que podemos seleccionar una sola unidad condensadora para los cuatro evaporadores, pero por razones de distribución de tubería y seguridad de servicio no es muy conveniente.

Entonces, tomamos la carga de dos evaporadores por unidad condensadora, que en este caso tenemos:

$$1 \text{ evaporador} = 105,172.5 \text{ BTUH entonces } 2 \text{ evaporadores} = 210,345 \text{ BTUH}$$

Tabla XLIX Varios modelos de condensadores de la Chandler

Opción No.	Modelo	Capacidad BTUH 95 °F	Refrigerante	Corriente 460/3/60	Temperatura de Succión	Conector de succión
1	HDH 2600D6	197260	R-22	54.9	25	2 1/8"
2	HDH 3000D6	225520	R-22	61.5	25	2 1/8"
3	HDH 3500D6	280600	R-22	68.9	25	2 1/8"

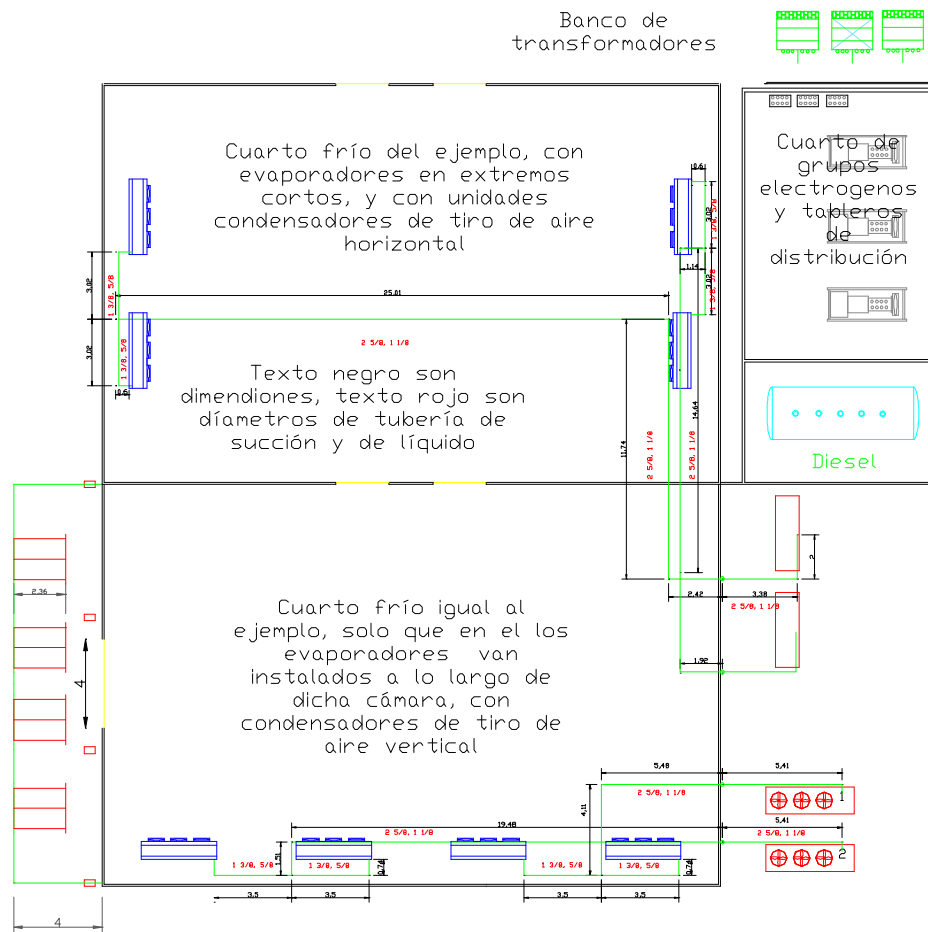
En la selección de una unidad condensadora (tabla XLIX), sus capacidades indicadas son las que estas pueden disipar y debemos de tener cuidado en su selección, puesto que tenemos que asegurarnos de que el condensador elegido pueda disipar el calor latente y sensible de los evaporadores, mas el adquirido en el transporte del refrigerante por medio de las tuberías, las cuales dependen del tipo de instalación de sus equipos, distancias entre ellos y la calidad de sus accesorios.

Otro factor que se debe de tener presente, es que el condensador no enfríe mucho el refrigerante, pues esto nos ocasiona problemas en la VET, por la evaporación súbita, por tal razón es muy importante que el condensador cuente con presostatos que sensan la presión del refrigerante, ya que en función de estos, el condensador enciende o apaga un número de ventiladores que forzán el aire para el enfriamiento del refrigerante de una forma automática, para mantener el refrigerante a su temperatura de condensado, el cual se refleja en su presión de condensado.

De esta forma, con base a la carga requerida y considerando lo expuesto en el párrafo anterior, vemos que la opción dos tiene una capacidad adicional de 15,175 BTUH, que cumple con las condiciones extremas que se pudieran dar, dejando descartada la opción tres por dar un margen de sobredimensionamiento del la capacidad requerida. Hay que tener presente que si se elige un equipo con una capacidad muy grande, puede variar la temperatura de evaporación del refrigerante.

Las unidades condensadoras, deben venir equipadas con todos sus accesorios que se expondrán en detalle en el capítulo 11, los cuales en su mayoría vienen montados de fábrica, siempre y cuando nosotros se lo solicitemos al proveedor, ya que dichos proveedores nos dan la opción de que uno pida su equipo al gusto, pues los mismos pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones dentro de lo que es refrigeración o aire acondicionado, por tal razón, el fabricante se limita a entregar los equipos a solicitud y especificación del cliente. A continuación se presenta un plano en la figura 121, en donde se presenta la disposición de equipos y tubería, podemos tener de una forma visualizada las distancias que nos ayudarán a hacer cálculo de diferentes materiales para la instalación de los mismos.

Figura 121: Plano en donde se muestra el montaje de los diferentes equipos y accesorios del cuarto frío del ejemplo anterior



9.3 Potencia eléctrica necesaria

Debe tenerse presente que se conserva un equilibrio entre el condensador y evaporadores, puesto que si se escoge un condensador muy grande, se produce un alto HR en los evaporadores y una serie de paradas del compresor de dicha unidad, lo cual no nos tiene cuenta, no solo por el desgaste del compresor en los arranques, sino por los picos de potencia eléctrica requerida para el arranque del mismo y si en este preciso momento se da el arranque de otra unidad programada, esto hace que nos suba mucho la potencia consumida en la industria, lo que provoca un mayor costo por este servicio.

Teniendo los condensadores ubicados lo mas cerca posible de los evaporadores, procedemos a hacer los cálculos que determinan mas que todo el calibre de los conductores de dicha unidad condensadora, para el ejemplo, seleccionamos una unidad condensadora HDH3000D6 marca Chandler que viene equipada con un compresor de la serie 4DJ3-300E-TSK para 460/3/60Hz, el cual puede operar con un +/- 10% de su voltaje nominal.

De la figura 121, podemos extraer las distancias tanto de tuberías como las necesarias en este caso para la instalación eléctrica de las unidades condensadoras y evaporadoras, así como los valores de RLA y LRA de los equipos a instalar. Para el cálculo de conductores

Donde:
L1 = 30 metros RLA = 53.5 A.
L2 = 35 metros LRA = 283 A.

$$S_1 = \frac{2 \sqrt{3} (30) (283)}{2 (480)} = 30.64 \text{ mm}^2$$

AWG # 1 pero no hay en el mercado
Entonces seleccionamos AWG # 1/0

$$S_2 = \frac{2 \sqrt{3} (35) (283)}{2 (480)} = 35.74 \text{ mm}^2$$

AWG # 1 pero no hay en el mercado
Entonces seleccionamos AWG # 1/0

Para el confinamiento de tres conductores que se utilizan en sus respectivas acometidas, procedemos a calcular el área de los conductores dividido por el factor de acomodamiento y el factor de corrección correspondientes, utilizando conductores THHN, tenemos un diámetro de 0.1855 pulg², entonces:

$$F = \frac{3 * 0.1855}{(0.43)(0.8)} = \frac{0.5565}{0.344} = 1.6177 \text{ pulg}^2$$

Para una tubería al 100%, tenemos que esta es de 1 1/4" de diámetro, para condiciones normales, pero si la tubería de dicha instalación se encuentra afuera del inmueble y esta sujeta a las peores condiciones del clima, podemos considerar una tubería al 40% como mínimo lo cual nos da una tubería de 2 1/2", ver tabla XXVI de dimensiones de tubería tipo conduit.

Para la protección del equipo, debemos de proporcionar un interruptor térmico magnético, en base al valor del RLA que en este caso es de 53.5 Amperes, el cual se selecciona uno que tenga un 1.25 veces, para este caso tenemos que:

$$\text{Interruptor} = 53.5 * 1.25 = 66.87 \text{ amperios}$$

Este valor coincide con la del fabricante que es de 68.9 amperios, para ello se escoge un interruptor termomagnético de 70 amperios 3 polos con una Icc de 10-18 kA para 480 V, como ejemplo podemos seleccionar un interruptor de la Siemens el cual es para 480V de la serie ED4 de 70 Amp. 3 polos, y con una Icc de 18kA.

Con estos valores podemos hacer un listado de materiales para la instalación eléctrica de los conductores, interruptores, tubería y otros, el tablero de distribución se considera a partir de la infraestructura del inmueble, ya que esta puede contar con tableros de distribución con espacios disponibles, así como bandejas que conducen los

conductores cerca de donde se instalarán los nuevos equipos, por lo que solo debemos incluir el confinamiento necesario para la bajada de los conductores al equipo.

El arranque de este equipo es en conexión en delta, por lo que no se estimo un 4° conductor, que puede ser un neutral o de tierra física, pues dependiendo de la distancia es mas conveniente aterrizar el equipo en su lugar de instalación. Para el funcionamiento de estas unidades, tenemos que ver de la disposición de potencia eléctrica disponible de nuestra subestación o del grupo electrógeno según sea el caso, por lo que por equipo necesitamos:

$$\begin{aligned} P \text{ condensador} &= 2 * \sqrt{3} (480)(53.5) = 88,958.13 \text{ VA} \\ P \text{ evaporadores} &= 12 * \sqrt{3} (480)(1.33) = \underline{13,268.89 \text{ VA}} \\ \text{Total de potencia} &= 102,227.00 \text{ VA} \end{aligned}$$

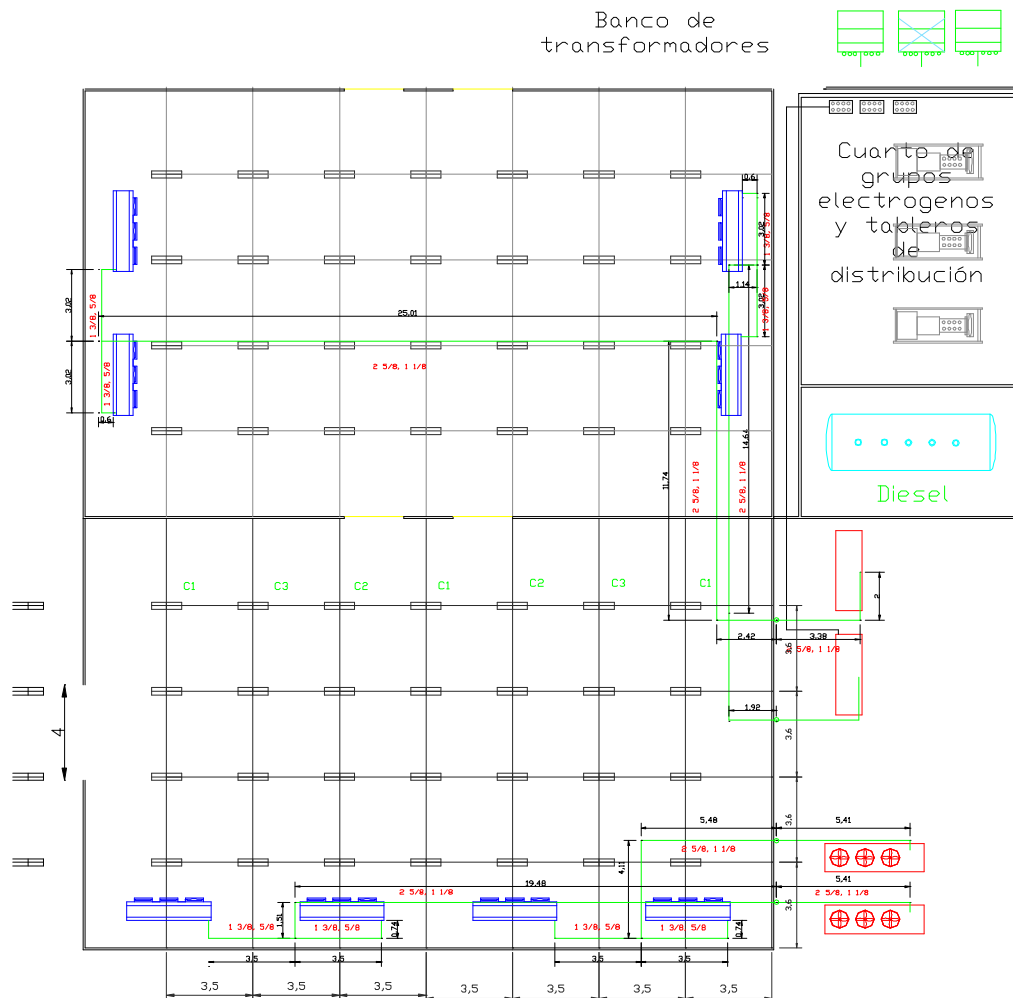
9.4 Elaboración de planos

El plano debe de realizarse a modo que podamos acomodar en él, la carga deseada, misma que se debe de contener en un espesor adecuado de panel de aislamiento, para la aplicación deseada, de ser posible, ubicar en el plano todo tipo de detalle que nos servirá para hacer un cálculo de las libras de producto, tarimas y tipo de empaque a utilizar, como también la ubicación de los evaporadores, a modo de tener toda la información para realizar un buen cálculo de cargas de calor en base a las condiciones del ambiente, del producto y de las dimensiones de la cámara frigorífica a construir.

Este plano nos será de gran ayuda, para el cálculo de materiales eléctricos, la energización de equipos, como también para la cantidad de tubería de succión, líquido, aislamiento de tuberías, soportes para la tubería, cableado para evaporadores, confinamiento de cables y otros. De preferencia se recomienda hacer juegos diferentes para cada tipo de instalación.

En cada uno de los planos, sería conveniente indicar todos aquellos factores que pueden ser de utilidad, tanto para su selección, como su instalación, siguiendo siempre las indicaciones del fabricante o del manual de dichos equipos, como el de la figura 122.

Figura 122 Plano en donde se puede apreciar la ubicación de evaporadores, tubería, condensadores y conductores para los diferentes equipos en la instalación de un equipo de refrigeración de tipo industrial como lo descrito en el ejemplo anterior.



10.1 Montaje de condensadores

Una de las más importantes consideraciones que se deben de tomar en la instalación de los condensadores, es de proporcionar una buena ubicación donde se provea de un ambiente limpio que suministre aire fresco para que el condensador pueda remover el calor del refrigerante hacia el ambiente. Para un buen rendimiento de este equipo, se requiere que la instalación se haga en un lugar donde no se tenga una gran presión atmosférica, esto quiere decir, que el lugar tenga una buena circulación de aire, ya que sin el aire de renovación puede causar falla en el equipo, por la baja eficiencia de transferencia de calor.

De la misma manera, debemos de evitar a toda costa, la instalación de este equipo cerca de otras fuentes de calor, como puede ser el calor emitido por grupos electrógenos, caldera, escapes de humos y otros, cuya combustión de uno u otro equipo, forme una atmósfera corrosiva, que formara incrustaciones que aíslen los serpentines del condensador, disminuyendo considerablemente su eficiencia en la transferencia de calor al ambiente y la destrucción del mismo.

Una recomendación adicional, es la conveniencia de ubicar las unidades condensadoras en áreas donde no perjudique el ruido generado por la maquinaria, ya que la misma es fatigable para las personas que trabajan cerca de ellas, lo cual viene a ser una contaminación de ambiente para el personal que labora en la industria, pese a que estos equipos son bastante silenciosos, parte de este ruido puede aumentar por causa de una mala calibración de los diferentes elementos que absorben la vibración, por tal razón

se recomienda poner estos equipos en corredores u otras áreas específicas, donde los niveles de ruido no sean un factor importante en la industria.

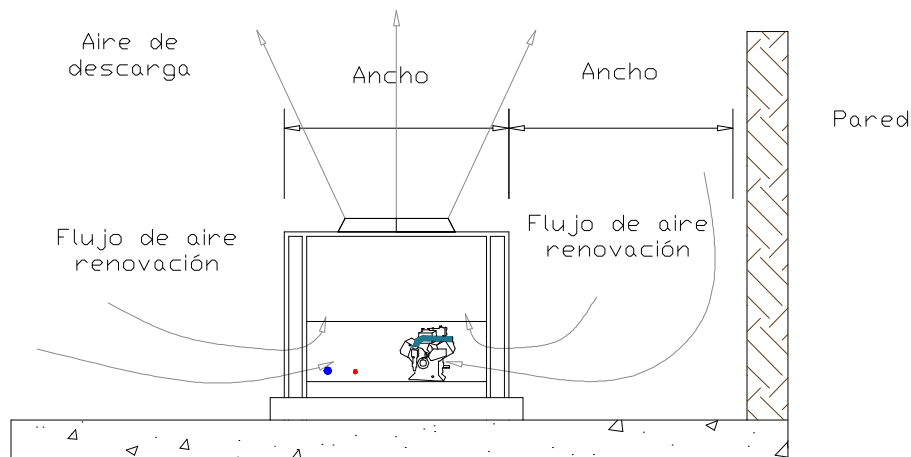
10.2 Localización y ubicación de condensadores

Dadas las recomendaciones anteriores, a continuación se detalla la instalación de estas unidades condensadoras para las diferentes circunstancias que se nos puedan presentar, en donde el proyectista tiene que considerar varios factores para que sus equipos tengan un buen rendimiento.

10.2.1 Ubicación de condensador cerca de una pared ó obstrucción

El principio fundamental es de buscar un espacio donde se tenga aire que circule libremente y que no se de una recirculación del mismo. Razones por la cual, para un propio flujo de aire en el alrededor de este equipo, se debe de mantener como mínimo un ancho del equipo libre de cualquier tipo de obstrucción que pueda restringir el paso del aire como lo visualizado en la figura 123.

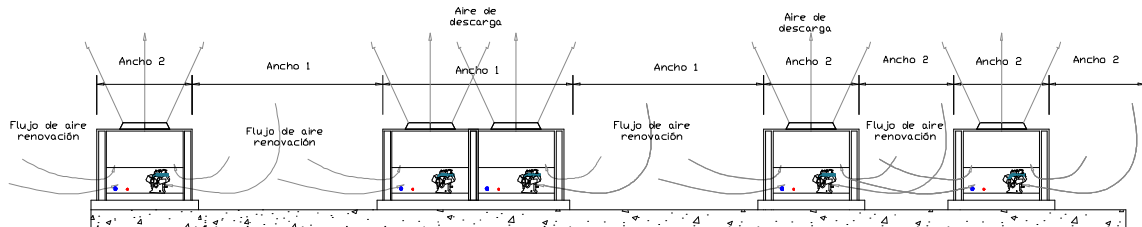
Figura 123 Esquema de la instalación de un condensador cerca de una pared u otro tipo de obstrucción que pueda restringir el flujo de aire de renovación



10.2.2 Montaje de múltiples unidades condensadoras

En este caso, vamos a instalar varias unidades condensadoras, en el párrafo anterior, dijimos que con una anchura de equipo es suficiente para la circulación de aire a través de condensadores. Cuando tenemos muchas unidades condensadoras, obviamente tenemos que disponer de un área adecuada, para instalar unidades de diferentes capacidades, ya que sus dimensiones varían en proporción a su capacidad de BTUH, cuya ubicación de estas unidades condensadoras se instalan de lado a lado, guardando entre ellas un mínimo de una anchura del equipo mas grande entre ellas, para que de esta forma se tenga un buen flujo de aire fresco en los serpentines, tal como se visualiza en la figura 124.

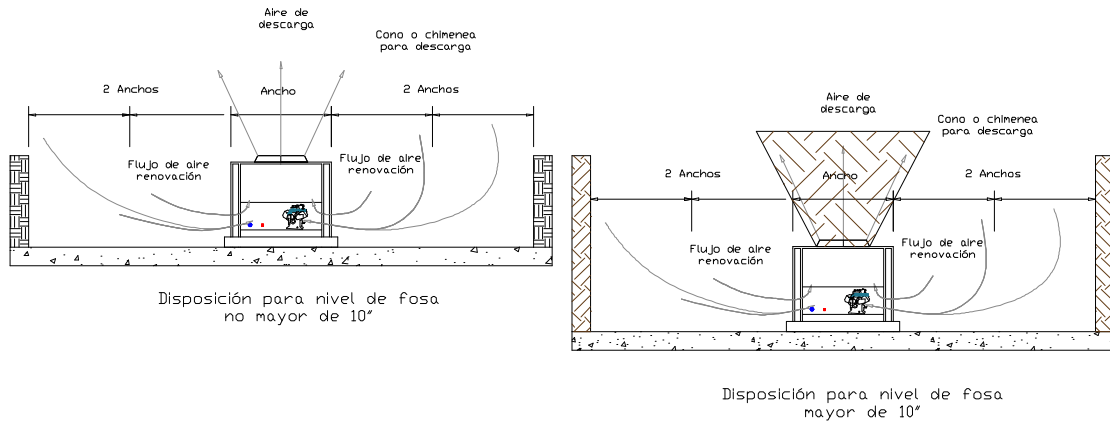
Figura 124 Esquema en la instalación de varias unidades condensadoras de igual o diferente capacidad frigorífica



10.2.3 Montaje de una unidad dentro de fosa

Para este caso, la parte superior de una unidad condensadora, debe de estar a nivel de la fosa o a un máximo de 10', la distancia alrededor de la unidad se debe de incrementar a un mínimo de 2 anchos del equipo a instalar, si la fosa es mas profunda de 10', entonces podemos instalar un cono para la expulsión del aire caliente de descarga de dicha unidad condensadora, para garantizar de esta forma una circulación de aire fresco a los serpentines del condensador, en la figura 125 vemos ambos casos.

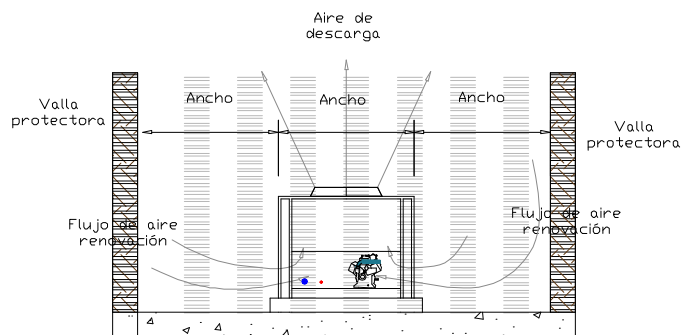
Figura 125 Diferentes situaciones que se nos puede presentar en el momento de instalar una unidad condensadora dentro de una fosa.



Montaje de condensador dentro de una valla decorativa

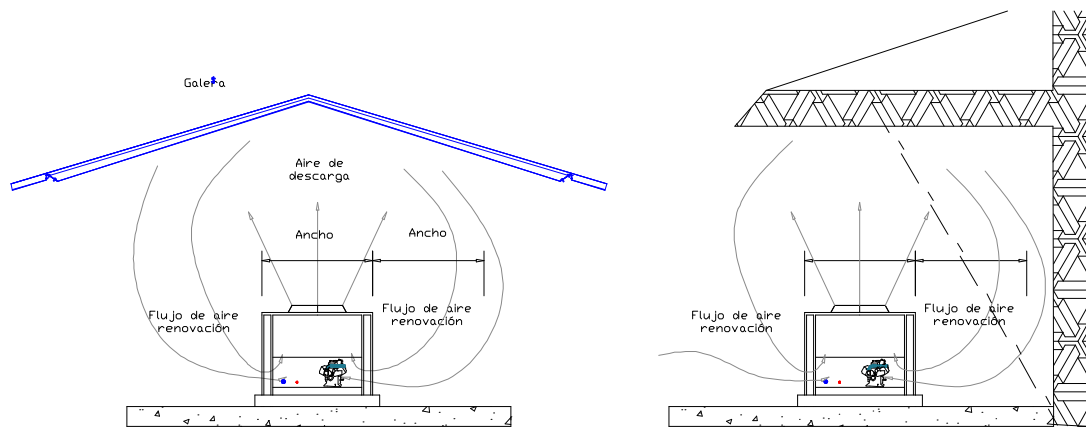
En algunos inmuebles, donde se trata de que las personas no autorizadas tengan acceso a estos equipos, estos condensadores son protegidos por medio de vallas, misma que proporciona la seguridad de que personas ajenas resulten dañadas y en consecuencia los equipos sufran de algún tipo de avería no programada, por tal razón estas vallas tienen un diseño que permite circular aire al condensador con un 50% a 80% de área libre, para este tipo de instalación, se estima como mínimo una anchura del equipo al perímetro de la valla protectora como se visualiza en la figura 126.

Figura 126 Esquema de la disposición de instalación de una unidad condensadora rodeada de una valla protectora



Sea para el caso que se nos presente, se debe de tener en cuenta de que no se tenga ningún tipo de obstrucción a la descarga del aire caliente del condensador, puesto que esto puede hacer que este aire caliente recicle de nuevo al condensador, causando ahogo en nuestra unidad condensadora, esto quiere decir, que la unidad pierde enormemente su eficiencia en la transferencia de calor al ambiente.

Figura 127 Tipos de problemas que se presentan, cuando los condensadores son instalados debajo de una galera o techo de baja altitud



En la figura 127, podemos ver un tipo de techo para cubrir los condensadores de las condiciones del clima para este tipo de equipos no es indispensable ponerlas bajo techo, ya que como podemos observar la recirculación del aire no es beneficiosa. En algunos lugares que tratan de proteger sus equipos por galeras, no esta mal la idea, ya que de esta forma los equipos no se calientan por la radiación directa del sol, pero para ello se requiere que estas galeras tengan un diseño y altura considerable, lo cual incurre a elevados costos de construcción.

Estas unidades condensadoras, vienen diseñadas para trabajar en intemperie, por lo que no requiere de una galera para su protección. Pero si nuestro objetivo es de hacerlas mas eficientes por la sombra que estas les proporcionan, si es cierto que con una sombra el equipo es mas eficiente en la transferencia de calor y ahorro energético en su funcionamiento, para esto podemos incluir en el diseño de la infraestructura del

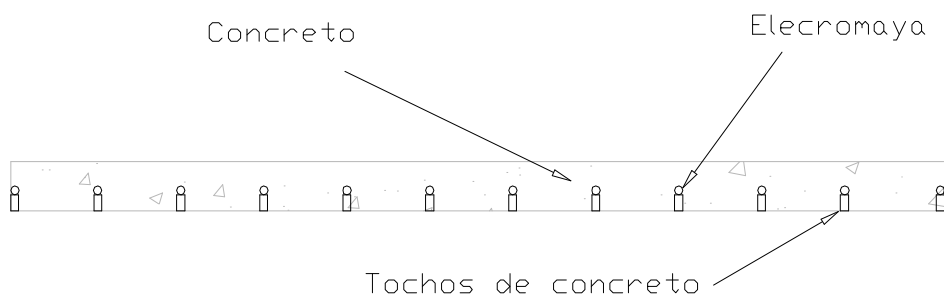
inmueble la ubicación de los equipos de refrigeración al norte de la misma mas cercano del recinto, en donde se aprovechara la altura de la galera que cubre los cuartos fríos, obteniendo de esta forma un aire mas fresco y los equipos no quedan expuestos por mucho tiempo a la radiación directa del sol.

10.3 Montaje de las unidades condensadoras

Dando un adecuado diseño en la infraestructura del inmueble, debemos de pedir que los patios en donde se instalaran los equipos de refrigeración, se le construyan una cimentación adecuada para soportar el peso y la vibración generada por los compresores reciprocantes que estos equipos tienen instalados.

Dicha cimentación puede ser, de un piso de 4ö a 6ö de concreto armado con una electromalla de 1/4ö, la cual se ubique a 1/3 de abajo hacia arriba de la tierra, a modo de evitar que este llegue a fracturarse por la vibración, por la erosión ó por mala compactación del terreno.

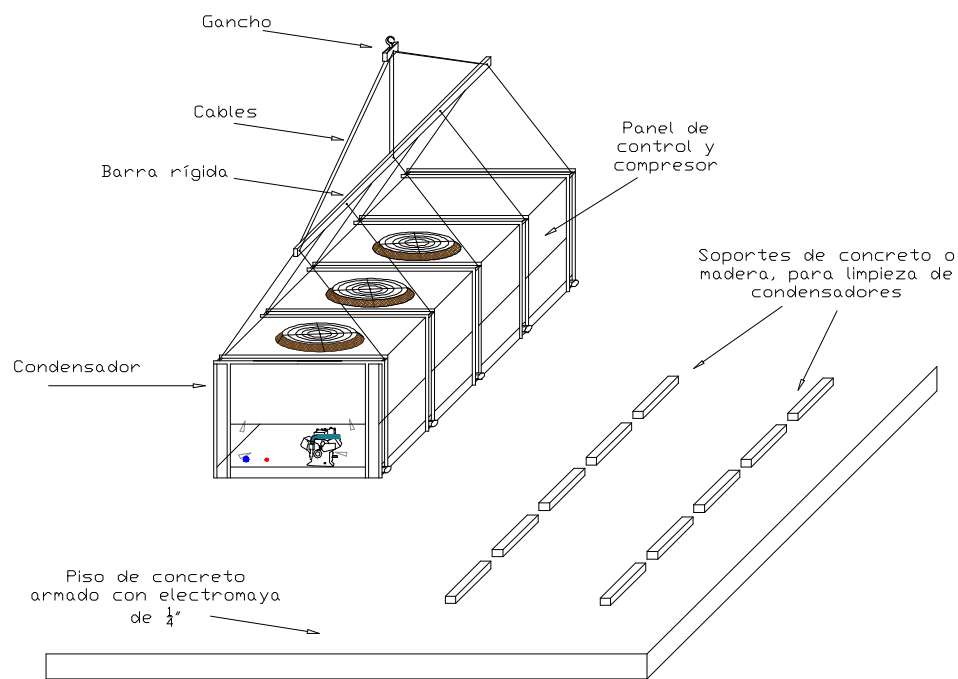
Figura 128 Ubicación de la electromalla, para la fundición del piso donde se montarán los equipos de refrigeración



Teniendo un piso adecuado como la mostrada en la figura 128, procedemos al montaje de las unidades condensadoras, por medio de una grúa que levante su peso y la ubique en la posición precisa de anclaje, estos equipos traen perforaciones en su

estructura, acoplando perfiles de acero que nos ayudan a su movilización, las cuales están dispuestas para cargar el peso de la unidad condensadora, de una forma uniforme sin causar ningún tipo de deformación a la estructura, lo cual es indispensable para que los serpentines no sufran ningún tipo de esfuerzo, ya que estos están a lo largo de la unidad condensadora. Razón por la cual es necesario el alquiler de una grúa de pluma, para la movilización y ubicación de las unidades condensadoras del vehículo de transporte a su posición final de anclaje como se visualiza en la figura 129.

Figura 129 Esquema que representa la forma indicada para el montaje de las unidades condensadoras por medio de una grúa de pluma



Los tochos de madera tratada o de concreto, deben de anclarse o fundirse, conservando el mismo nivel para el montaje final de la unidad condensadora, aparentemente no es necesario, puesto que los condensadores ya traen su propia estructura, la cual es lisa y no permite que se puedan limpiar el área del piso debajo de la unidad, la cual es objeto de acumulación de tierra y otro tipo de residuos, como hojas de

árboles cercanos, papeles y otros. Con estos soportes adicionales, podemos hacer uso de una hidrolavadora para remover con agua y evacuar todo tipo de residuos del área en mención, evitando apagar la maquinaria y que los residuos sean absorbidos hacia los serpentines del condensador, de esta forma disminuimos una caída en la eficiencia del equipo que aíslan los serpentines por incrustaciones que evita la circulación del flujo de aire fresco del ambiente sofocando el condensador.

Aún por el peso considerable de estos equipos, es recomendable su anclaje adecuado, para su inmovilización, ya que pueden deslizarse del lugar a causa de la vibración emitida por el compresor, y no así, la tubería de succión y líquido, que pueden quebrarse por fatiga y torsión.

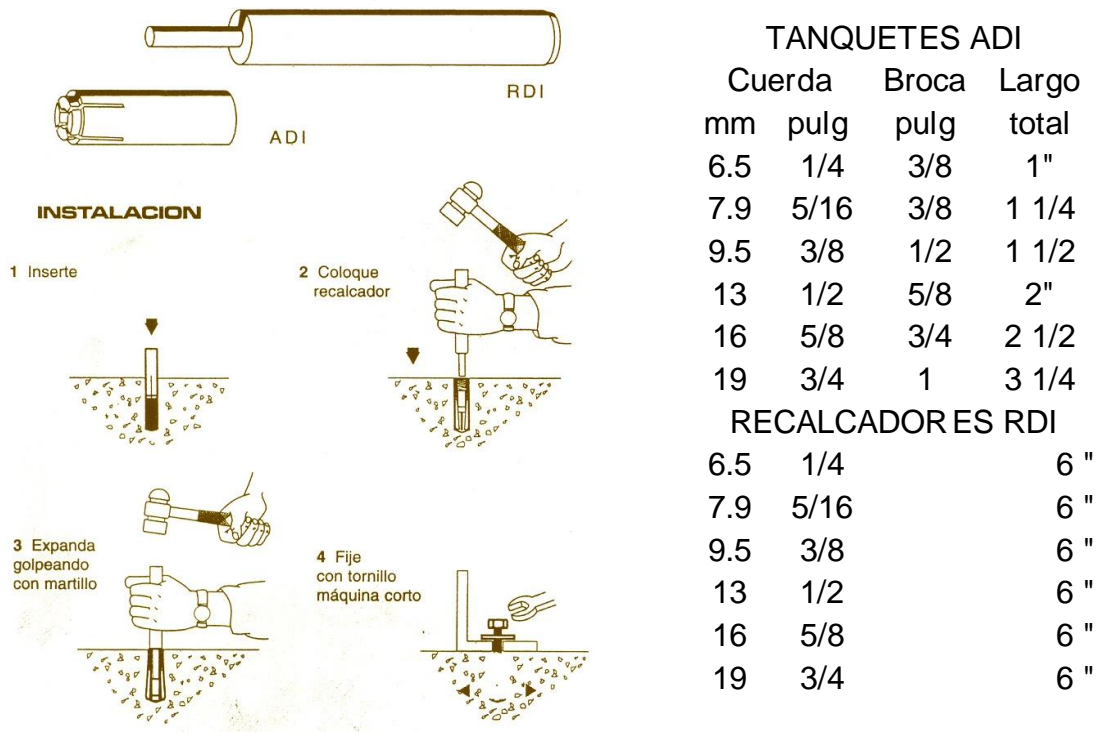
10.4 Anclajes

Para la fijación de las unidades condensadoras, tenemos varios tipos de anclajes tipo Hilti, tales como los tanquetes ADI, Barrenanclas tipo C, Anclas Arpon y otros.

10.4.1 Tanquetes ADI

Este tipo de anclaje consiste en un cono de expansión interna ADI, para su instalación se requiere de una broca de concreto y rotamartillos estándar a una profundidad determinada, luego se inserta el tanquete ADI en la perforación, utilizando un recalador RDI (figura 130), para garantizar la expansión correcta por medio de golpes de un martillo, este es un anclaje que requiere de poca perforación así como de tornillos cortos.

Figura 130 Esquema de instalación de anclajes tipo tanquetes ADI, medidas de tanquetes y recaladores RDI en pulgadas.



Fuente: Anclo, MATERIALES PARA INSTALACIONES. Feb.2003. Pág.5

10.4.2 Barrenanclas Tipo C

Es un sistema de anclaje de tornillos cortos, al igual que el anterior, este es un anclaje por socavado que no daña al concreto y proporciona alta resistencia a vibraciones e impactos.

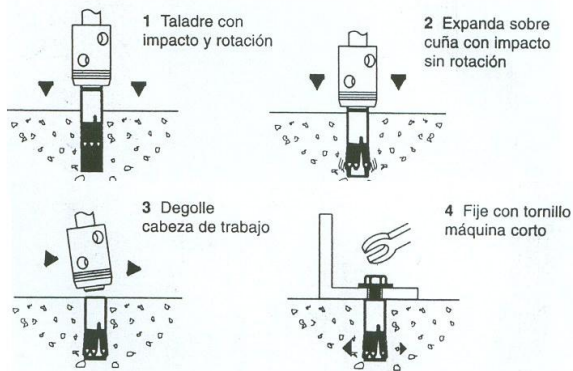
Las Barrenanclas tipo C (figura 131), requiere de cierta herramienta para su instalación, como el dado acoplador, separador y el eyector de cabezas desechables, por lo que no requiere de brocas.

Figura 131 Esquema de instalación de Barrenanclas tipo C y tabla de medidas para este tipo de anclaje

BARRENANCLAS TIPO C



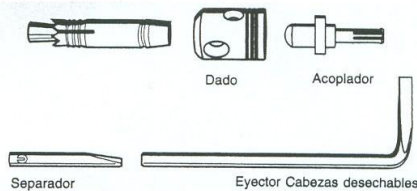
INSTALACIÓN



BARRENANCLAS TIPO C

Cuerda	Largo	Diámetro	Largo
mm	pulg	Cuerda	Total
6.5	1/4	3/8	1 1/2
7.9	5/16	3/8	1 3/4
9.5	3/8	1/2	2
13	1/2	5/8	2 3/4
16	5/8	3/4	3
19	3/4	1	3 7/8
22	7/8	1 3/7	4 1/8

Dimensiones en pulgadas



Fuente: Anclo, MATERIALES PARA INSTALACIONES. Feb.2003. Pág.5

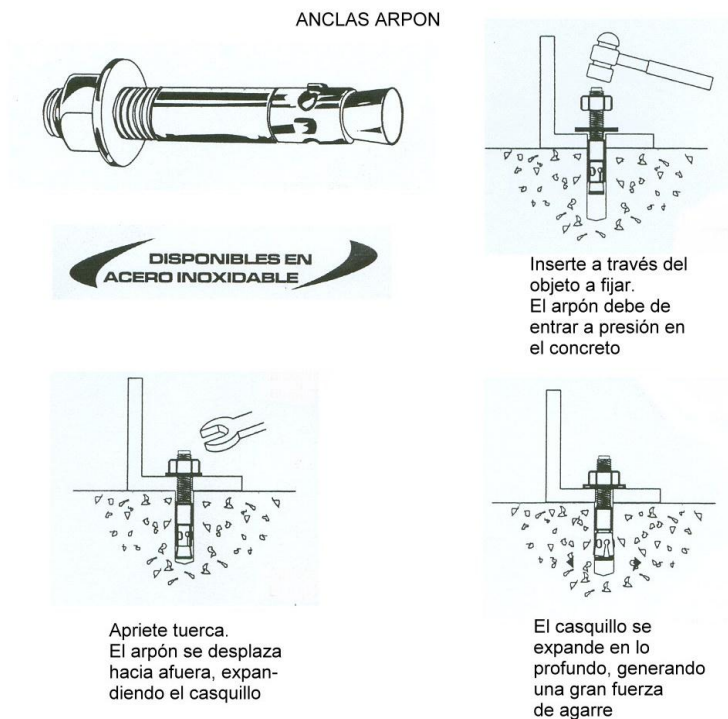
10.4.3 Anclas Arpón

Este tipo de anclaje, los hay de acero al carbón para interiores y de acero inoxidable para exteriores. La cuerda es del mismo diámetro de la broca, que permite una instalación pasante sin mover la unidad condensadora a fijar, escogiendo un arpón de 1.5 mm menor del diámetro del agujero de la estructura del condensador, para tener una perforación limpia.

Este tipo de anclaje figura 132, obtiene una gran expansión en lo profundo de la perforación, generando una mayor fuerza de agarre, cuyas aletas del arpón, evitan la rotación durante la expansión.

Se recomienda el uso de rotomartillos con la broca indicada, ya que la precisión de la perforación es muy importante para el correcto funcionamiento de este anclaje. En lo personal, es el mejor sistema de anclaje para este tipo de maquinaria, que solo requiere de un rotomartillo y sus brocas sds de uso pesado.

Figura 132 Esquema de instalación de anclajes tipo Arpón



Fuente: Anclo, MATERIALES PARA INSTALACIONES. Feb.2003. Pág.6

10.5 Herrajes

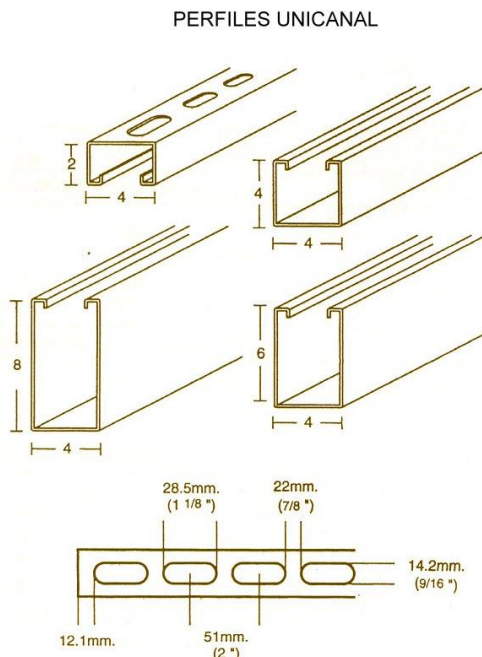
En refrigeración, tenemos la necesidad de utilizar barrillas roscadas, perfiles unicanal para el anclaje de tubos de cobre, conduit y otros, así como también charolas, para el acondicionamiento de conductores.

10.5.1 Perfiles Industriales

Son los más utilizados en aplicaciones industriales y estructurales, por su mayor capacidad de carga, los cuales se pueden utilizar para fabricar soportes colgantes o fijar a muros los soportes de tuberías con sus respectivas abrazaderas, este tipo de perfil se conoce como unicanal, el cual puede ser liso o perforado. Estos perfiles están fabricados con acero al carbono 1006, el cual nos da ciertas propiedades de ductilidad, con acabados galvanizado electrolítico de 0.0005ö bajo norma ASTM B633, también con lamina pregalvanizada en caliente de 0.00075ö ASTM A525 y el galvanizado por inmersión en caliente de 0.0026ö ASTM A123.

Estos perfiles unicanal, vienen en tramos de 3.05 metros normalmente, pero también se pueden pedir en tramos de 4 y 6 metros en acero pregalvanizado en caliente, en la figura 133, podemos ver algunas de las variedades de este tipo de perfil unicanal.

Figura 133 Diferentes dimensiones de perfiles unicanal y especificación de las perforaciones de este perfil, usado también para instalaciones eléctricas



PERFILES UNICANAL

Dimensiones A * B Carga de diseño Kg. Peso Kg/ mt

SOLIDOS

4 * 2 cm	270	2.01
4 * 4 cm	750	2.83
4 * 6 cm	1460	3.68
4 * 8 cm	2340	4.54

PERFORADOS

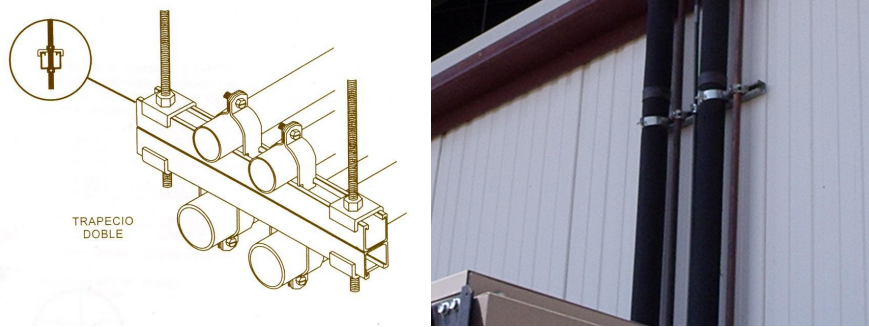
4 * 2 cm	230	1.93
4 * 4 cm	638	2.75
4 * 6 cm	1241	3.6
4 * 8 cm	1989	4.46

Fuente: Anclor, MATERIALES PARA INSTALACIONES. Feb.2003. Pág.24

10.5.2 Barras roscadas

Muy utilizadas para el soporte de perfiles, los cuales ayudan a la fijación de otros elementos como charolas y tubos, usando barras hasta de 9/16", mismas que permite las perforaciones de estos perfiles figura 134.

Figura 134 Utilización de barrilla roscada para soporte y anclaje de tuberías

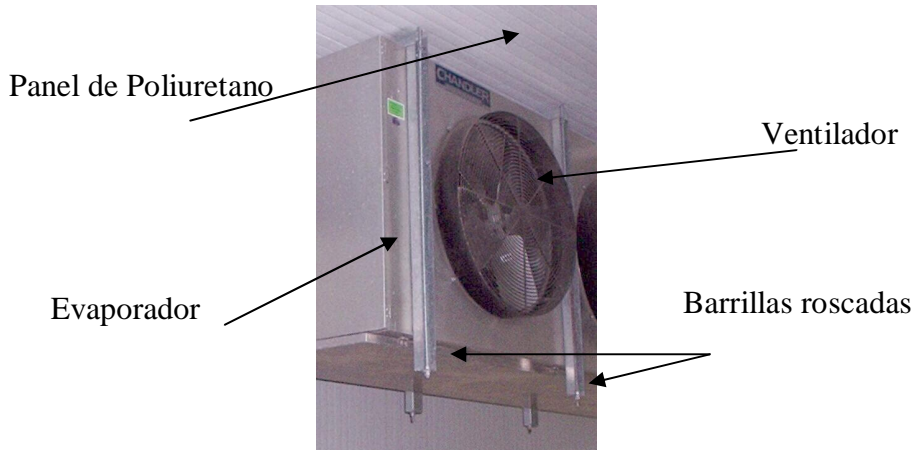


Fuente: Anclo, MATERIALES PARA INSTALACIONES. Feb.2003. Pág.4

Estas barras roscadas, también las podemos usar para suspender equipo pesado, para ello se recomienda hacer un estudio de cargas con su correspondiente factor de seguridad, con el fin de determinar la carga de cada una de ellas y con ello seleccionar el diámetro adecuado para su instalación, de esta forma podemos ver las cargas máximas que estas pueden soportar.

En la figura 135, podemos visualizar una de muchas aplicaciones para este tipo de barrillas roscadas, como es el caso de la suspensión de los evaporadores que van dentro del recinto, en donde se utilizan tramos de 3.05 metros, según sean nuestras necesidades.

Figura 135 Suspensión de evaporadores en una cámara frigorífica por medio de barrillas roscadas



Estos evaporadores traen ocho rieles para su soporte, lo cual quiere decir que podemos compartir su peso en ocho barras roscadas, con lo que podemos disponer de barras de un diámetro pequeño, que resista la carga a la que será sometida con su factor de seguridad que deseamos y la sugerida por el fabricante.

10.6 Montaje de evaporadores

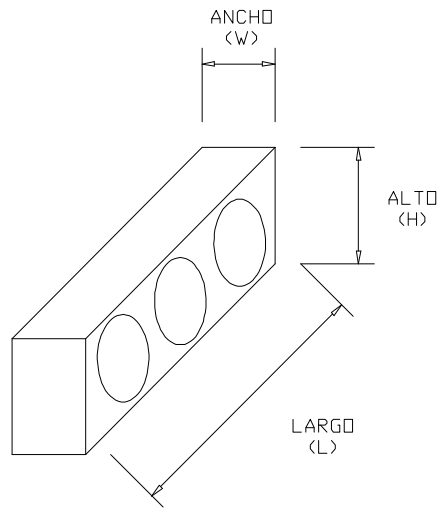
Al igual que los condensadores, debemos de tener presente, la mejor ubicación, la cual depende de ciertos factores como:

- (1) Que el tiro del aire pueda cubrir en el interior del recinto,
- (2) Nunca ubicar los evaporadores sobre puertas,
- (3) Conocer ubicación de racks y disposición del producto dentro del recinto,
- (4) Localización de los condensadores, para un tendido de tuberías y
- (5) Localización de red de drenajes para estimar tubería de drenaje.

Las distancias en que se ubican los evaporadores dentro de un recinto, se determinan por medio de sus dimensiones, las cuales se pueden considerar como

distancias mínimas o recomendadas que el fabricante especifica. A continuación se muestra las diferentes dimensiones que se consideran de un evaporador para su correcta instalación dentro de un recinto determinado.(figura 136).

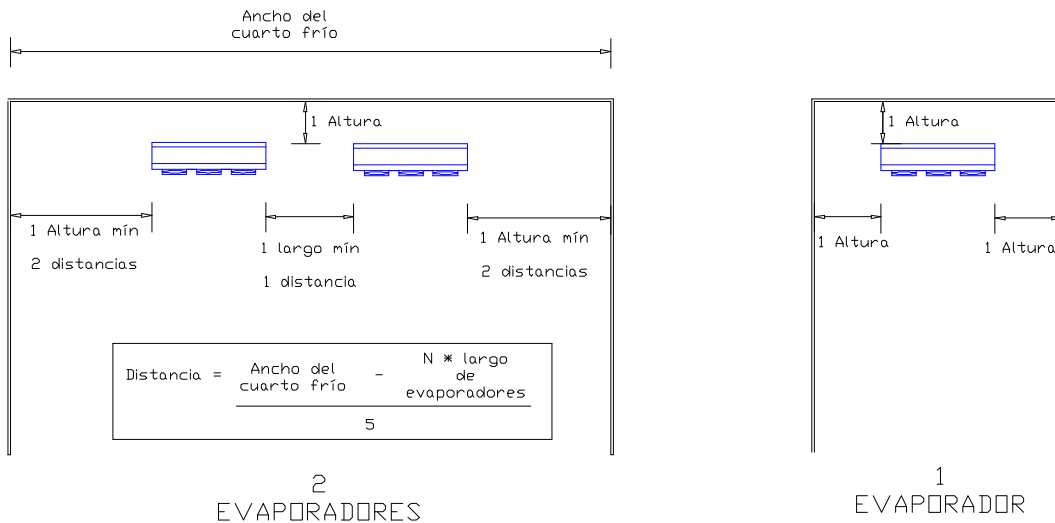
Figura 136 Dimensiones de una unidad evaporadora



Con base a las dimensiones de una unidad evaporadora, que por lo general son las mismas para todas las unidades que se instalarán dentro de la misma cámara frigorífica, se determinan las distancias mínimas que se deben de guardar para evaporadores intermedios de mediana o de gran capacidad de BTUH, cuya ubicación depende de las dimensiones del recinto y del número de evaporadores que se seleccionaron.

En la figura 137, se hace una disposición de un evaporador que se instalará dentro de una cámara frigorífica pequeña, como también una disposición de dos evaporadores para una cámara frigorífica de mayor dimensión, los cuales están instalados en el lado del recinto donde no se tienen puertas.

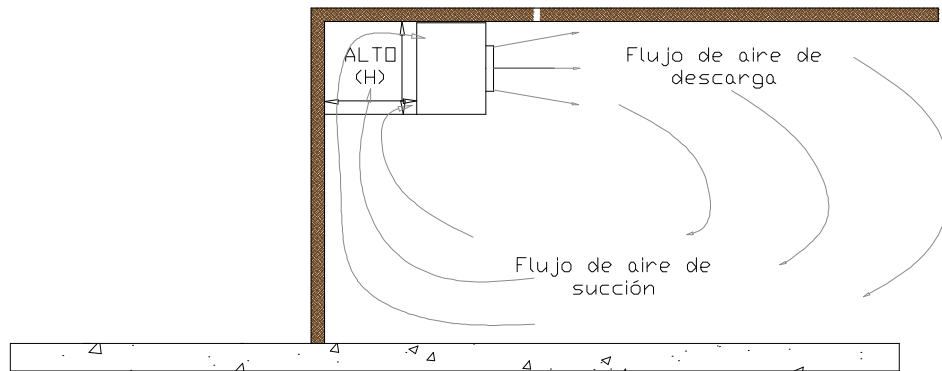
Figura 137 Distancias mínimas recomendadas para instalación de evaporadores dentro de una cámara frigorífica



Si el recinto es muy pequeño, se debe de seleccionar evaporadores mas pequeños, los cuales son proporcionales a la capacidad del cuarto frío, mediante un buen cálculo de cargas, se seleccionará el equipo indicado, con lo que podemos compensar las distancias entre ellos, pero no así, la distancia del lado de succión del evaporador y el panel del cuarto frío, la cual no puede ser menor de una altura como los expuestos en la figura 137, ya que esta distancia garantiza un flujo de aire uniforme por toda el área de las aletas y serpentines de dicho evaporador, evitando perdidas en la succión y un mejor CFM de aire frío hacia el recinto con un mayor tiro.

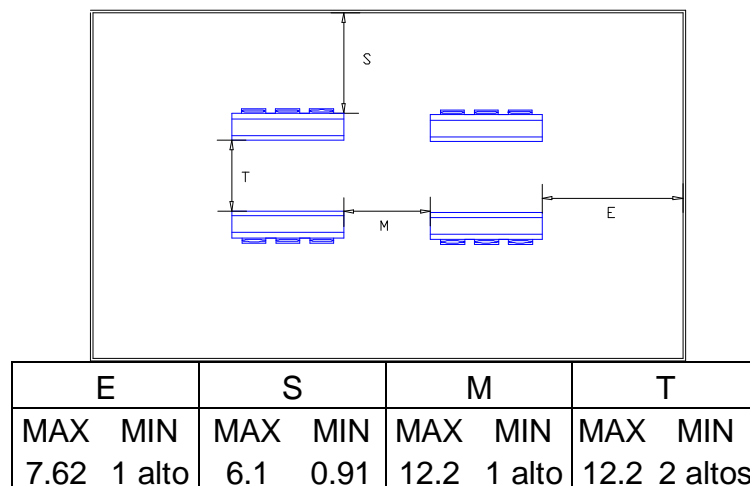
En la figura 138, se presenta un esquema de la corriente de aire que se maneja en los evaporadores, cuando se conserva la distancia de una altura entre el panel y el panel del evaporador, podemos observar, que de esta forma se obtiene un flujo laminar, el cual permite mantener la eficiencia de los evaporadores en la transferencia del calor latente del producto.

Figura 138: Esquema representativo del flujo de aire de un evaporador, en donde se tiene una mejor succión y tiro de aire del evaporador



Para evaporadores localizados en el centro del cuarto frío, se disponen de distancias mínimas y máximas recomendadas, las cuales quedan a criterio del diseñador, puesto que esta disposición se toma cuando los cuartos fríos son muy grandes en su volumen de refrigeración y al tamaño de los evaporadores a utilizar, cuyos factores que se deben de tomar en cuenta son los CFM de flujo de aire, el tiro del los mismo y los BTUH que cada uno debe remover, en la figura 139, se visualiza la disposición de los evaporadores para el caso expuesto en el presente parágrafo.

Figura 139 Distancias recomendadas para la instalación de unidades evaporadoras dentro de un recinto de dimensiones considerables, dimensiones en metros

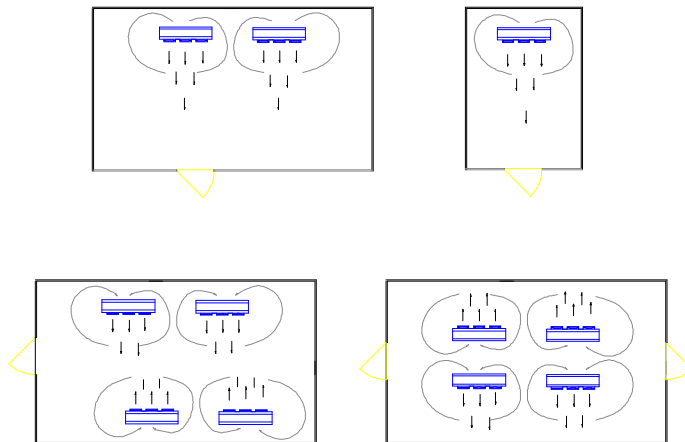


El soporte de los evaporadores, se recomienda realizarla con varillas roscadas, cuyo diámetro de estas debe soportar el peso que se distribuye por cada una de ellas, buscando el diámetro adecuado en relación al peso del evaporador.

Debe de tenerse el cuidado de soportar el evaporador a un mismo nivel, para no tener problemas en el manejo del condensado de agua que se condensa en los serpentines del evaporador, el cual fluye por la bandeja hacia el drenaje.

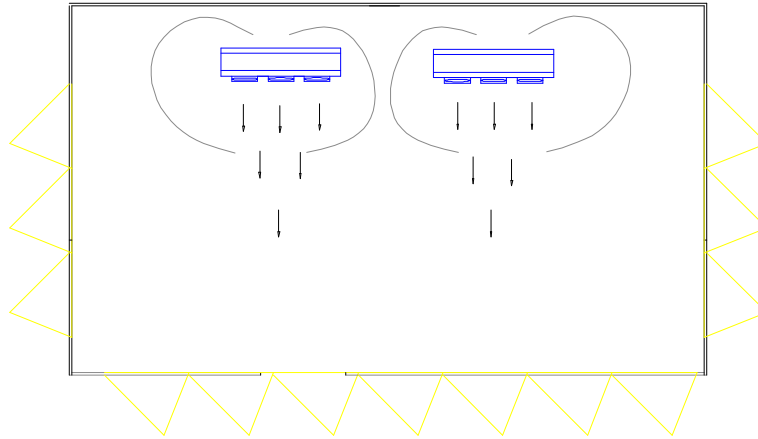
En la figura 140, se muestran la ubicación de los evaporadores, algunas de estas disposiciones que se expusieron en el capítulo de evaporadores. A continuación se dan otros esquemas que nos puede servir para la ubicación de evaporadores, sin olvidar los cinco factores expuestos que se tienen que tomar en consideración.

Figura 140 Disposición de evaporadores para varios tipos de recintos



En la figura 140, se presentan la disposición de un cierto número de evaporadores, que según las dimensiones del recinto se pueden ubicar tal como se muestra en dicha figura. Para las cámaras enfriadoras o de congelación que tienen en el frente y lados puertas de vidrio, podemos apreciar la disposición de los evaporadores como se ven en la figura 141.

Figura 141 Disposición de evaporadores en cámaras de refrigeración con puertas en los costados



Donde el aire es dirigido hacia el frente con una corriente de aire dirigida hacia arriba, para que al pasar en el área de las puertas el aire tenga un flujo vertical de arriba hacia abajo, formando una cortina que evite la entrada de calor al recinto.

10.7 Drenajes para evaporadores

Muchos fabricantes recomiendan usar tubería de cobre o de acero en la línea de drenaje procedentes de los evaporadores, las cuales por ser de metal deben de aislarse para evitar ganancias de calor, puesto que se tiene un estimado de ganancia de calor al recinto de 20 watts por pie lineal de tubería a 0°F y de 30 watts por pie lineal en cuartos con temperaturas de 62°F.

Para una buena instalación del drenaje, debemos de inspeccionar de que el evaporador este instalado a un mismo nivel, para que la bandeja del evaporador pueda conducir el agua de condensado hacia el drenaje en función, el cual junto con la bandeja no de la facilidad de poder hacer una limpieza con agua y jabón.

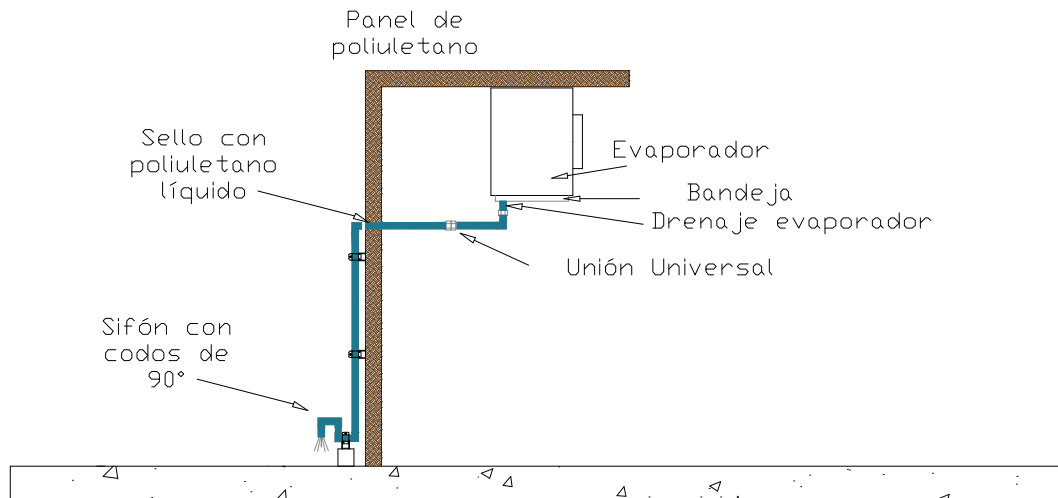
Otra opción, es el utilizar una tubería de PVC del diámetro que corresponda, puesto que esta tubería no es conductora de temperatura, es económica y la ganancia de calor del exterior sería insignificante, ahorrándonos el tener que aislar dicha tubería. Por el tipo de conexión de la bandeja del evaporador, tenemos que usar tubería de PVC para agua potable, en la cual es conveniente poner una junta universal para poder desconectar y conectar la tubería con el propósito de abatir la bandeja para su limpieza, ya que con el tiempo, siempre se juntan sedimentos de lodos que se impregnan tanto en la bandeja como en el interior de la tubería llegando a esta última taparla. Luego de la unión universal, procedemos a conducir la tubería fuera del recinto y conectarla a la red de drenaje de condensado que formen otras unidades evaporadoras si las hubiera, en caso contrario al final de esta tubería se debe de formar un sifón antes de descargar el agua de condensado a la red de drenaje local o a la intemperie.

El sifón tiene una razón de ser, el cual consiste en que las unidades evaporadoras no succionen aire caliente del exterior del recinto, haciendo esto que se incrementen las ganancias de calor al mismo, si bien es cierto, es necesario un porcentaje de aire de renovación, tanto para disipar gases que los productos a refrigerar puedan generar como para regular la humedad del recinto, pero esta cantidad de renovación de aire ya está estimado en el abrir y cerrar las puertas del mismo, por esta razón debemos de evitar la entrada de calor por la tubería de drenaje.

No hay que pensar que el sifón va a quitarle la eficiencia a la evacuación de condensado de los evaporadores, para ello se recomienda la instalación del sifón en el exterior del recinto y donde se marque una diferencia de altitud considerable, ya que el agua que entra en el sifón hace que en igual proporción por el otro lado, que con ello estamos garantizando un hermetismo en la entrada de aire al evaporador y el retorno del condensado a la bandeja del mismo, para que no sea posible que este se llene y rebalse adentro del recinto.

En industrias grandes, es conveniente el acumulado de condensado antes de descargarlo a la red de drenajes, el cual se recolecta en un recipiente plástico para su utilización, ya que este condensado es una agua desmineralizada que se puede utilizar para el mantenimiento de baterías de ácido-plomo que se utilizan en los vehículos, pallet truck y montacargas eléctricos, lo cual nos da un beneficio extra al utilizar el agua de condensado de los evaporadores.

Figura 142 Disposición de una línea de drenaje, la cual está construida por tubería de PVC de agua potable y accesorios, para un evaporador



En la figura 142, vemos que la unión universal no es indispensable en una instalación nueva, pero en su primer mantenimiento se debe de cortar la tubería para la limpieza interna del evaporador como de su bandeja.

11 INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REFRIGERACIÓN

En este capítulo se detalla cada elemento que compone un sistema de refrigeración, los cuales pueden o no venir montados de fábrica en dichas unidades, que según la aplicación, tiempo de servicio o falla de alguno de estos elementos, podemos tener la necesidad de hacer un nuevo montaje o el reemplazo de uno ya defectuoso. El propósito de este capítulo es de dar una descripción de cada elemento, recomendaciones en su selección y la forma más adecuada de su instalación, aún de aquellos elementos que se han mencionado en capítulos anteriores.

11.1 Válvula de expansión, nozzle (restringidor de orificio) y distribuidor

Son elementos instalados en los evaporadores, existe una gran gama de válvulas de expansión, como el caso del restringidor de área fija, el cual es utilizado en refrigeradores domésticos, que consiste en un orificio calibrado para el paso de un flujo determinado de refrigerante a una presión específica, efecto que se logra por medio de un tubo capilar o de el obturador de orificio usado en sistemas pequeños, donde se permite una carga moderadamente constante, lo cual nos da una presión continua de condensado en el refrigerante, haciéndonos ver que no se puede regular el flujo de refrigerante en respuesta a un cambio considerable de operación.

En el caso de las válvulas de expansión automática (VEA), la cual viene equipada para hacer variaciones de flujo de refrigerante ocasionada por una carga moderadamente constante, manteniendo de esta forma una presión constante en el evaporador, esto quiere decir que si la carga se incrementa, la VEA reduce el flujo de refrigerante, para que la presión no suba en el evaporador, lo cual nos hace ver que no nos da un buen resultado, puesto que la VEA, sensa la presión del evaporador, hace que esta alimente

muy poco al mismo en condiciones de alta carga y lo alimenta demasiado en baja carga, lo cual repercute en el buen funcionamiento del compresor por el refrigerante líquido.

La válvula de expansión termostática (VET), es la mas adecuada, cuando se trata de una aplicación de expansión directa, ya que está regula el flujo del refrigerante por temperatura y presión, a diferencia de la VEA que lo hace por medio de la presión del evaporador, lo cual hace posible que la VET, mantenga constante el recalentamiento del evaporador y protege al compresor del refrigerante líquido.

La VET incrementa el flujo de refrigerante, cuando detecta un incremento en el recalentamiento para llevar el refrigerante al valor reestablecido por la VET, si el refrigerante sale como vapor húmedo o con un valor muy bajo de recalentamiento, la VET disminuye el flujo de refrigerante, con el propósito de optimizar toda la superficie del evaporador, esto es en respuesta a la disminución de carga de calor BTUH que el evaporador esta manejando en determinado momento. Con la VET, no se requiere una carga crítica de refrigerante en comparación con otros dispositivos de expansión.

Por último, tenemos una válvula de expansión eléctrica (VEE), la cual es usada para aplicaciones más complejas de sistemas de control, puesto que es controlada por un circuito electrónico, que hace que la VEE controle algún otro factor adicional al recalentamiento, como también la temperatura de descarga del aire del evaporador o la temperatura del agua en el caso de un enfriador, que son monitoreadas por el controlador de la VEE, que hace que abra o cierre el flujo de refrigerante en función de dichas variables que se desea monitorear.

La VET es el tipo de válvula más utilizada en aplicaciones de cámaras frigoríficas para el mantenimiento de frutas y vegetales, cuenta con un bulbo sensor conectado a la VET, por medio de un tubo capilar, este cuenta con una carga de refrigerante, el cual debe de ser el mismo que utilizará el sistema frigorífico, que hace posible un senso de la

condición del refrigerante del sistema, el cual aumenta su presión cuando este refrigerante hierve al sentir un recalentamiento en la salida del evaporador, transmitiendo esta presión al diafragma de la VET, a este bulbo se le conoce como elemento termostático, dicho elemento es desmontable, por lo que puede ser reemplazado en caso de falla.

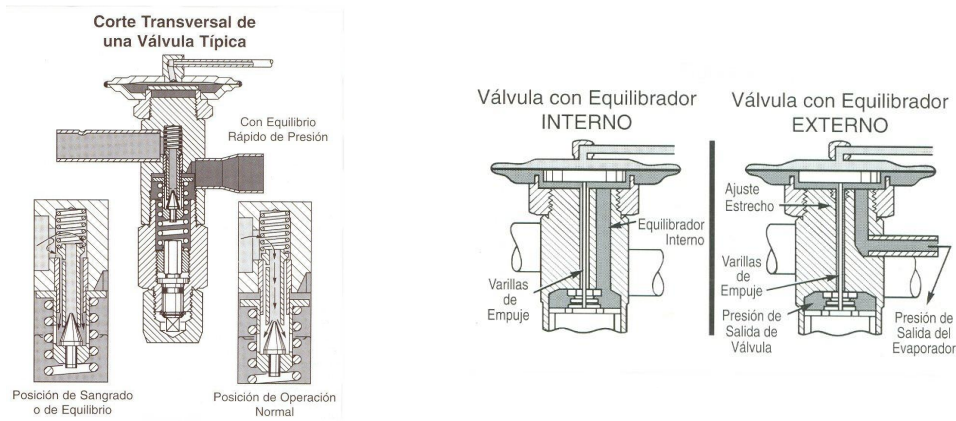
El diafragma, es un componente que convierte una presión en un movimiento que es transmitido al conjunto eje y portaje, por medio de la varilla de empuje que ejerce una fuerza para abrir o cerrar la VET, venciendo la fuerza del resorte calibrado para el grado de recalentamiento requerido.

En algunos modelos de las VET influye una tercer fuerza, la cual es producida por la presión del equilibrador externo a la salida del evaporador, que actúa en la misma dirección de la fuerza ejercida por el resorte de graduación del recalentamiento.

El bulbo trae una carga líquida del mismo refrigerante utilizado en el sistema de refrigeración, conocido también como carga universal, en la cual siempre permanece una cantidad de refrigerante líquido a cualquier temperatura, dicha carga puede ser carga líquida, líquida-cruzada, gaseosa o gaseosa-cruzada, que son objeto a una migración de carga que provoca pérdida de control de la VET, la cual se conoce como presión máxima de operación (PMO).

La carga de absorción es efectuada por un gas no condensable (no refrigerante), el cual dentro del bulbo se encuentra un material absorbente, haciendo que el gas sea expulsado conforme la temperatura aumente, incrementando de esta forma la presión en el bulbo y el diafragma de la VET. La presión de esta disminuye al disminuir la temperatura, ya que el material del bulbo absorbe el gas, este tipo de carga no provee una PMO, o sea que este gas no migrará. En la figura 143, podemos visualizar el corte de una VET normal y las otras VET con equilibrador interno y externo.

Figura 143 Esquema de una válvula de expansión termostática, también con equilibrador interno y externo



Fuente: Sporlan Valve Company. **BULLETIN 10-9 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICAS. Pág. 5,13**

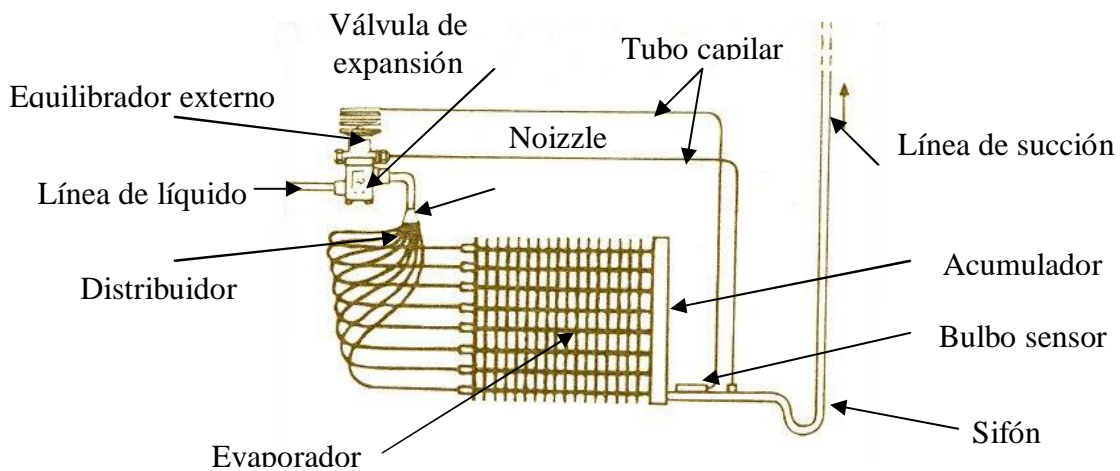
Según la aplicación de refrigeración, debemos de contar con catálogos de cada uno de los componentes, para una comparación de calidad, precio y diseño de las mismas, con ello podemos hacer una selección más adecuada, para ello se debe de contar con algunos otros factores como los que pueden ser:

- (1) El tipo de refrigerante a utilizar,
- (2) Capacidad del evaporador BTUH,
- (3) Presión de evaporación,
- (4) Presión de condensación,
- (5) Subenfriamiento,
- (6) Caída de presión a través de la válvula de expansión y
- (7) Igualación de presión interna o externa.

Las válvulas de expansión vienen equipadas por un orificio que regula la distribución de refrigerante en aquellos evaporadores que cuentan con varios serpentines conectados en paralelo, los cuales son alimentados por el mismo distribuidor.

Para que la VET pueda trabajar mas eficiente, se requiere que el bulbo sensor sea instalado en un tramo recto sin ningún tipo de unión, lo mas cercano a la salida del evaporador con un mínimo de 30 cms, para garantizar un flujo de refrigerante constante dentro de la tubería y a la vez con una separación del sifón de succión, con el objeto de que el nivel de líquido no baje demasiado, de esta forma estamos ubicando una posición los mas equilibrada al paso de dicho refrigerante por la tubería de salida del evaporador.

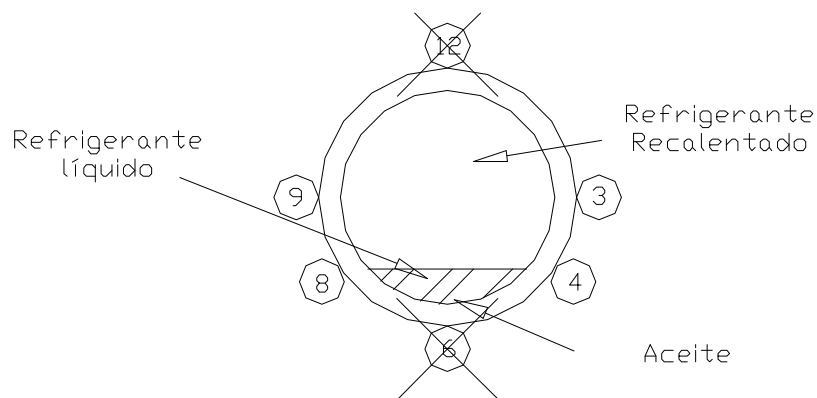
Figura 144 Ubicación de los diferentes elementos que controlan el evaporador



Además de la ubicación anterior de la figura 144, el bulbo se debe de instalar en ciertas posiciones de la periferia de dicha tubería, las cuales se pueden definir a favor de las agujas del reloj viendo la tubería del evaporador hacia el compresor, donde las posiciones recomendadas son la de las 4:00 y 8:00 en punto, en esta posiciones vamos a sentir un cierto grado de recalentamiento y la temperatura del refrigerante, para que la VET lo pueda mantener, las posiciones de las 3:00 y 9:00, son también aceptables, pero aquí manejamos un mayor flujo de refrigerante líquido el cual no es muy conveniente pues no se tiene un senso del recalentamiento del refrigerante. En las posiciones de arriba de estas, solo pasa refrigerante en estado gaseoso y el bulbo no puede sentir la temperatura del refrigerante, las posiciones intermedias de las 4:00 a las 8:00, tampoco son recomendables, puesto que como se recordara el refrigerante arrastra las partículas

de aceite, el cual se encuentra en estado líquido en estas posiciones, dando un aislamiento a la transmisión de temperatura entre el refrigerante y el bulbo, por lo que podemos visualizar las posiciones mas adecuadas para la instalación del bulbo son como se muestra en la figura 145.

Figura 145 Posiciones del bulbo de la VET, a las 4:00 y 8:00 en punto son las mas recomendadas



Al igual que el bulbo, los evaporadores vienen equipados con unas fichas con un orificio calibrado el cual esta destinado para el tipo de refrigerante que se utilice en el sistema, cuyas condiciones usuales es de 80°F en temperatura de líquido y un máximo de temperatura diferencial de 15°F.

El diámetro del orificio de estas fichas (Nozzle) viene calibrada para el tipo de refrigerante y la capacidad de Tr (Toneladas de refrigeración) del evaporador, así como su temperatura de succión, dicha ficha se conoce también como distribuidor nozzle, viene proporcionada por el fabricante del evaporador, de carecer de este elemento, contactar a un distribuidor autorizado para su adquisición en base a la capacidad de nuestra unidad evaporadora y del refrigerante utilizado.

El nozzle, va instalado en el interior del distribuidor, cuyo propósito es de homogenizar la distribución del refrigerante a cada uno de los circuitos que el distribuidor maneje.

El distribuidor, es otro elemento que viene instalado de fábrica, listo para la colocación de su distribuidor Nozzle, el cual tiene a su cargo la distribución del refrigerante en los circuitos que componen el evaporador, dándole una buena eficiencia a toda el área del evaporador en la transferencia de calor latente del producto a enfriar.

INSTALACIÓN

En lo particular, es recomendable que todos los accesorios en refrigeración sean para soldar, tal como las VET de Sporlan tipo O, S, EBS, EBF, EG, SBF Y F, puesto que son las que dan menos problemas con fugas de refrigerante, por su sencillez y que no tienen roscas en su conexión las cuales por desgaste son objeto a producir fugas.

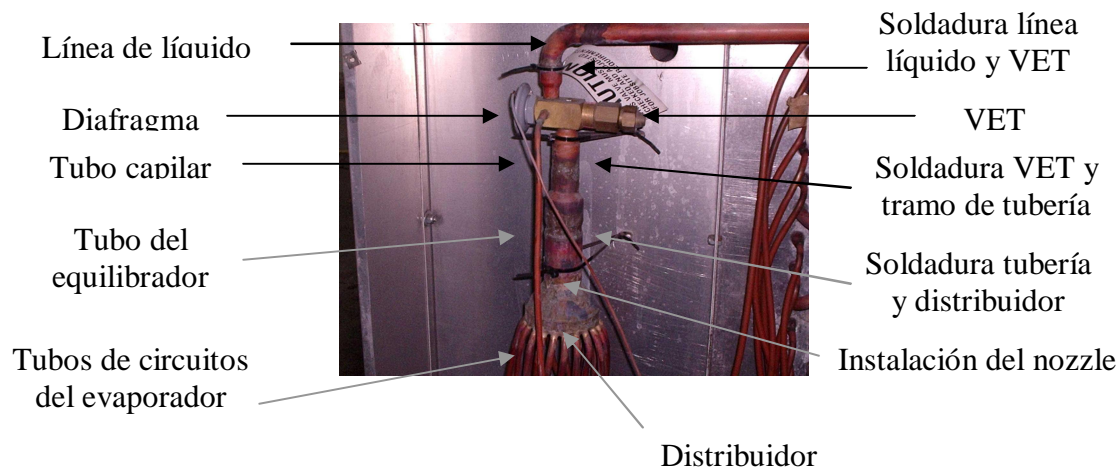
Para la instalación de una VET de soldar, podemos desmontar el diafragma de su cuerpo o bien cubrirla con una buena cantidad de wiper impregnado de agua, para que el calor de la soldadura no dañe ningún tipo de elemento interno de la misma.

La VET es soldada en su entrada de la línea de líquido y la salida es soldada a un tramo de tubería o bien directamente al distribuidor, lo mas recomendable es dejar un pequeño tramo de tubería, puesto que la soldadura del distribuidor que es mas pesada requiere de mas calor y el mismo puede transmitirse a la VET.

Luego de soldado el tramo de tubería a la salida de la VET, se procede a la instalación de distribuidor nozzle, dentro del distribuidor con su gancho de anclaje en el interior del mismo. Hecho esto, se procede a soldar el distribuidor con el tramo de tubería que viene de la VET, es recomendable poner wiper mojado con agua en la VET y

el distribuidor, para que no absorban mucho calor que deteriore los elementos de la VET y las pequeñas soldaduras de los tubos del distribuidor. Tomando en cuenta estas consideraciones, obtenemos un buen trabajo como se puede ver en la figura 146.

Figura 146: Instalación de una VET y accesorios



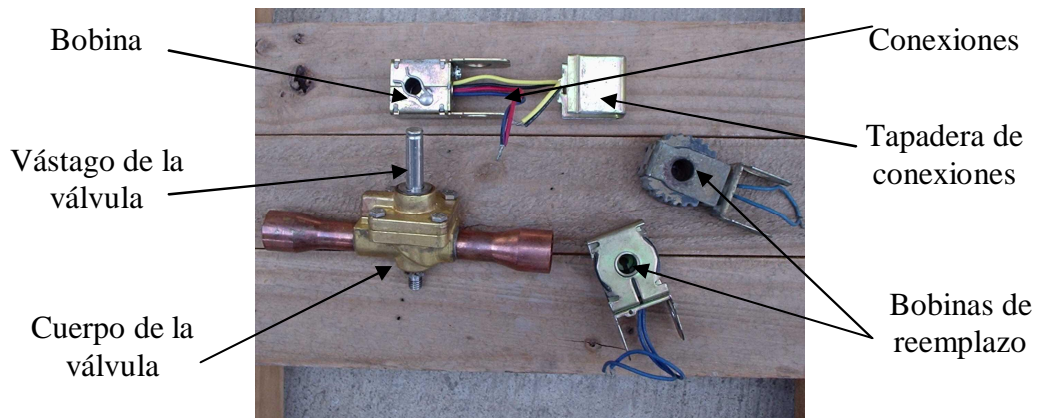
11.2 Válvula de solenoide

Las válvulas de solenoide, las hay de rosca y de soldar, las cuales son las más recomendables, para evitar fugas de refrigerante, estas válvulas de solenoide, vienen instaladas de fábrica a la salida de la unidad condensadora, la cual es recomendable su instalación de otra unidad en los casos de tubería de líquido de considerable longitud cerca de la VET del evaporador, de unos 10 a 12 diámetros de la tubería de líquido, de esta forma evitamos el golpe de ariete en la VET en el momento en que la válvula de solenoide abra, es muy importante fijarse en la dirección del flujo de refrigerante para su instalación, la cual se determina por una flecha forjada en el cuerpo de la misma.

Las válvulas de solenoide, según su aplicación, puede ser normalmente abierto NO o normalmente cerrada NC, con bobinas para AC de una tensión y frecuencia determinada, como también las hay de DC. Estas válvulas de solenoide (figura 147),

son de bobina reemplazable, por tal razón se recomienda que esta este en la parte superior para su fácil acceso a la hora de tenerla que reemplazar.

Figura 147 Partes de una válvula de solenoide



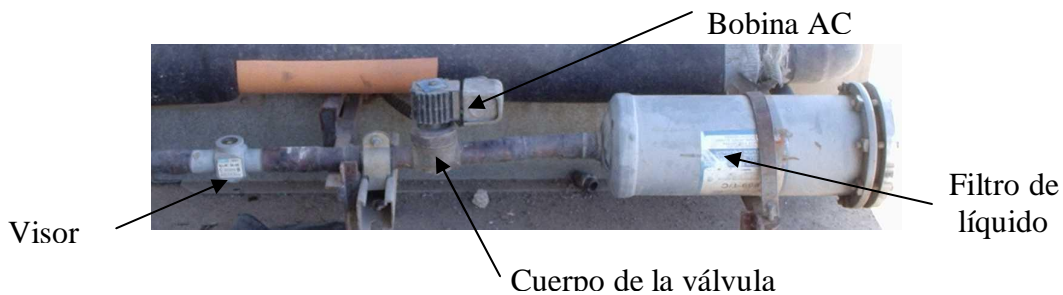
INSTALACIÓN

Debemos de conservar como mínimo unos 10 diámetros de tubería entre la válvula de solenoide y algún otro elemento, con el objeto de que no sufra daño severo por el calor de la soldadura, para su instalación se recomienda desmontar el vástago y bobina del cuerpo de la válvula, para evitar daños en las empaquetaduras producidas por el calor de la soldadura, aún así, se recomienda envolver con wipe mojado el cuerpo de la misma, para evitar cualquier tipo de deformación en los acabados internos de dicha válvula.

Luego de soldar el cuerpo de la válvula en dirección de la flecha de flujo, procedemos a armar la válvula de solenoide, montando su vástago y poniéndole su tapadera, para luego montar su respectiva bobina y efectuar su conexión eléctrica correspondiente con su confinamiento adecuado, la cual debe de formar una curvatura hacia abajo para evitar el flujo de agua de invierno hacia la bobina.

Regularmente las bobinas traen 2, 3 ó 4 conductores, en donde los colores amarillo y verde son los conductores para tierra física, los conductores rojo y azul, son para la conexión de una fase y neutro o un positivo y un negativo en el caso de bobinas DC. En la figura 148, podemos ver una válvula de solenoide ya instalada.

Figura 148 Instalación de una válvula de solenoide



11.3 Visores o indicador de humedad y líquido

Estos indicadores de humedad y líquido vienen diseñados para uno o varios refrigerantes, en donde el color verde oscuro, nos indica que nuestro sistema está seco o sea libre de humedad, si en nuestro sistema hay humedad, el punto de la mira se pone de un color amarillo brillante o de color lila para otros modelos, los cuales detectan millonésimas de humedad para cada refrigerante.

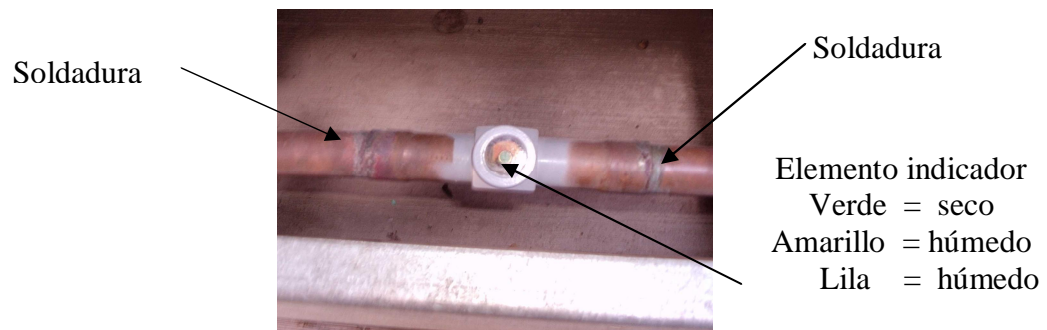
Cuando apreciamos burbujas dentro del visor, es señal de una baja carga de refrigerante o de una restricción al paso del refrigerante que se puede dar más que todo en el filtro de líquido el cual puede estar saturado y se tiene que reemplazar, para determinar esto se hace un chequeo de las presiones del sistema.

Debemos de tener el cuidado de seleccionar un visor, cuyo cuerpo sea igual al diámetro de la tubería de la línea de líquido, con el propósito de evitar al mínimo caídas significantes de presión en la misma.

INSTALACIÓN

Debemos de envolver el visor en wiper mojado con agua, para evitar que el calor de la soldadura pueda dañar las propiedades del papel que indica la concentración de humedad en el sistema, este tipo de accesorio no tienen una posición fija en su instalación, pero si una dirección de flujo, lo recomendable es colocarlo en una posición horizontal con una pequeña inclinación para tener una mejor visibilidad del punto indicador de humedad como se observa en la figura 149.

Figura 149 Instalación de un visor detector de humedad



11.4 Filtros secadores

Son de una construcción sólida, en forma de una piedra porosa moldeada, compactado en forma de cartucho, conteniendo una mezcla de materiales altamente deshidratantes, característica propia para un prolongado funcionamiento de un sistema de refrigeración, por la retención de humedad que evita la formación de ácidos, retención de polvos que evitan la formación de ácido y barnices que vienen a degradar el aceite del sistema, los cuales son enemigos que pueden llegar a destruir los diferentes elementos que componen un equipo de refrigeración como los que se mencionan a continuación.

11.4.1 Humedad

El agua es un elemento activo en la humedad H_2O , presente en el ambiente, el cual puede ser absorbido por los aceites Polyol Ester (POE), que al exponerse por mucho tiempo a la atmósfera, estos absorben humedad, misma que puede producir hielo en la VET y también es factor importante en la formación de ácidos que corren los elementos, dando origen a la formación de lodos producto de la corrosión, por tal razón debemos de tener un filtro secador tanto en la línea de líquido como de succión, para tener nuestro equipo seguro y a salvo, manteniendo un nivel de humedad tan bajo como sea posible.

11.4.2 Polvo

El polvo, óxido, lodos, fusión y partículas de metal, son frecuentemente formadas en estos sistemas de refrigeración, las cuales pueden rallar la superficie de los cilindros, cojinetes, tuberías y las VET.

Por tal razón, se debe de elegir un filtro que tenga la capacidad de retener todo tipo de partículas en su núcleo, para evitar que sigan contaminando el sistema.

11.4.3 Ácidos

Los ácidos son producto de reacciones químicas, entre los refrigerantes y la humedad, o bien reacciones de diferentes refrigerantes cuando son sometidos a alta temperatura, originando ácidos como el ácido Clorhídrico, Fluorhídrico y varios ácidos orgánicos que reaccionan con el papel aislante del motor, la reacción por humedad da como resultado la formación de ácido Hidroclorhídrico y hidrofúorhídrico causado por la hidrólisis del agua.

11.4.4 Barro y barnices

A este tipo de contaminación hay que poner mucha atención, ya que esto se forma cuando en un sistema se tiene una alta temperatura de descarga, que hará que el aceite se descomponga, dando lugar a barniz, barros y ácidos orgánicos, este ya es un tipo de contaminante crítico, lo cual nos hace ver que algo está funcionando mal en nuestro equipo, manteniendo el refrigerante sobrecalentado, causado por un condensador obstruido, falla de ventiladores u otros factores.

Cuando llegamos a la producción de este tipo de contaminante, es señal de que los filtros actuales ya no trabajan adecuadamente, ya que están completamente saturados y los mismos pueden llegar a desboronarse, teniendo otro nuevo inconveniente en nuestro sistema, ya que estos filtros son elaborados de materiales duros en forma de una piedra que puede terminar de dañar nuestro equipo, para la determinación de las condiciones de estos filtros, nos podemos ayudar al observar el comportamiento del visor junto al filtro, en donde podemos ver la humedad y por medio del burbujeo revisamos la presión de alta, si esta baja, es que el sistema tiene una baja carga de refrigerante y si esta está correcta, entonces es señal de que el filtro ya cumplió con su función y se debe de parar el equipo para su reemplazo.

Los equipos nuevos traen sus filtros sellados de fábrica, los cuales deben de ser cambiados dentro de las primeras 24 a 48 horas, para que estos recojan todo tipo de impurezas que puedan quedar de los trabajos de instalación de tuberías y accesorios, como también aquella humedad que el sistema puede absorber por alguna fuga o erosión de alguna mala soldadura, este trabajo es un poco largo, puesto que se tiene que desmontar los filtros sellados y soldar de nuevo los nuevos filtros como los de la figura 150.

Figura 150 Filtros sellados de líquido y de succión montados de fábrica

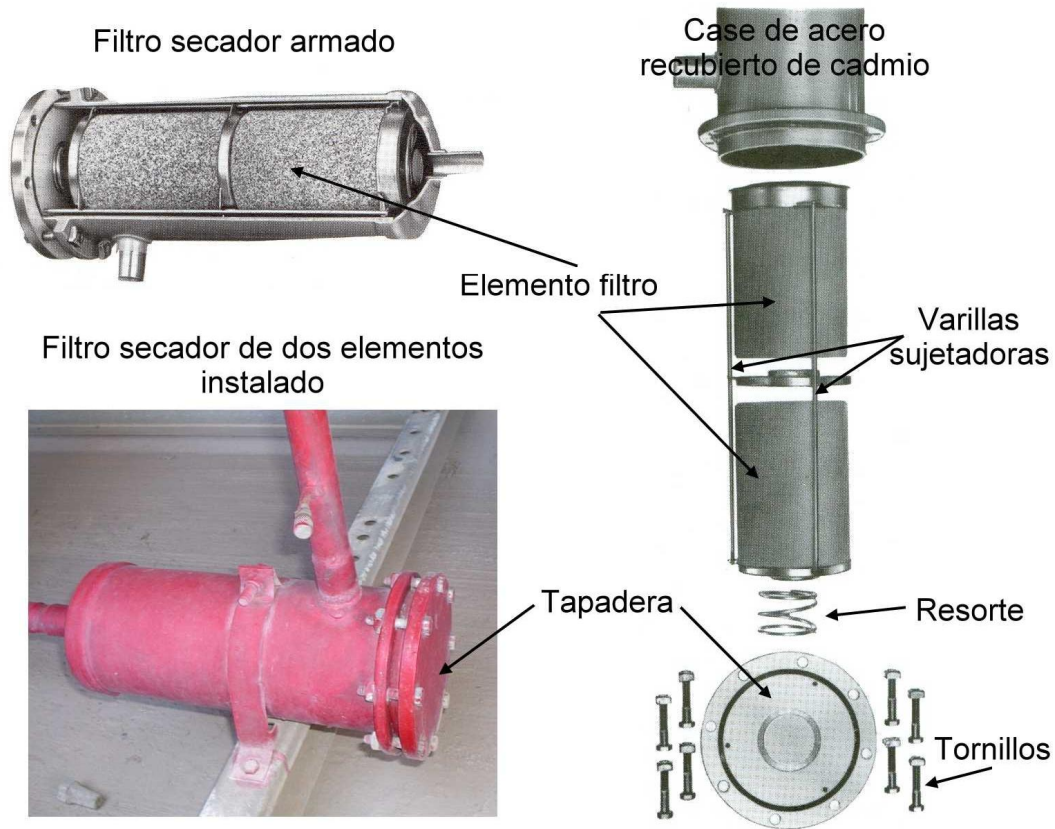


Por tal razón, es recomendable cambiar el sistema de filtros, de los modelos sellados a los de cartuchos reemplazables, cuyos cartuchos tienen las mismas características de filtrado que de un modelo sellado.

Una característica adicional a este tipo de filtros de cartucho, es de una muy baja caída de presión, pues se pueden tener portafiltros de 2 elementos para dicho fin. La carcasa de estos portafiltros de cartucho, son construidos de acero recubierto de cadmio en el interior, con un exterior pintado de una capa de pintura anticorrosiva sobre el cadmio.

Estos porta cartuchos son utilizados tanto en la línea de líquido como de succión, con lo único que debemos de tener cuidado es de seleccionar cada uno con fitting de cobre del diámetro de la tubería que corresponda, el cual viene equipado con sus accesorios para la fijación de los cartuchos filtrantes como se ve en la figura 151.

Figura 151 Partes e instalación de un filtro secador de dos elementos reemplazables de cartucho



Luego de su selección el cual esta con base al tamaño del equipo, procedemos a su instalación. Los elementos filtrantes son empacados en envases individuales de metal, los cuales están herméticamente sellados, libre de polvos y de humedad, lo que hace posible que sus elementos deshidratantes estén activos.

Como ejemplo, el cartucho RPE-48-BD de empaque morado, es un cartucho exclusivamente para la línea de succión, especial para obtener la mas baja caída de presión, este cartucho puede ser instalado después de una prolongada limpieza del sistema. Otro cartucho de la figura 152, es el VS 48D, de empaque azul, el cual es usado para remover suciedad excesiva y a la vez remueve ácidos, diseñado para trabajar

con refrigerantes CFC, HFC, y CFC, los cuales pueden ser instalados en línea de succión y líquido. El cartucho VS48H de empaque azul, es un filtro con una alta capacidad de secado, para remover humedad y ácidos, el cartucho VS48F empaque verde, es igual al primero, el cual es usado solo para filtrado en la línea de succión. El cartucho AT-4864 de empaque rojo, es usado como filtro y secador para cualquier tipo de refrigerante.

Figura 152 Diferentes tipos de filtros secadores de elemento cartucho



Los cartuchos de marca Sporlan de la serie RCW son diseñados especialmente para uso de aceites POE, con una alta capacidad de absorción de agua en su núcleo. También hay cartuchos que traen un elemento filtrante que es utilizado para limpiar un equipo que a sido objeto de falla de su motor, el cual recoge dichos residuos del motor que quedan regados por el sistema, tal como lo es el cartucho RC-10098-HH. Los filtros con núcleos HH, tienen una mezcla especial de desecantes de carbono, eliminando ceras y los contaminantes producidos por un compresor quemado.

Con esto se demuestra, que existe un elemento filtrante tipo cartucho o sellado para cada aplicación, la cual se elige por la condición física en que opera nuestro sistema de refrigeración, para lo cual se recomienda consultar un manual de filtros de su proveedor, el cual nos ayudará a seleccionar los elementos filtrantes mas adecuados para nuestros equipos, teniendo el cuidado que estos sean compatibles a las cubiertas de nuestros portafiltros.

INSTALACIÓN

Para las unidades nuevas es recomendable el cambio de filtro a las primeras 24 ó 48 horas de operación, con lo cual se procede a recoger el refrigerante del sistema cerrando las válvulas de servicio de la línea de líquido y posteriormente la de succión, recuperamos el refrigerante, después cortamos la tubería donde se encuentran los filtros sellados los cuales contienen las impurezas ocasionadas por la instalación del equipo y tubería.

Después, es recomendable sustituirlos por los portafiltros de cartuchos, para mayor facilidad en cambios futuros de elementos filtrantes, los cuales deben de tener los fitting de cobre al diámetro de la tubería utilizada en el sistema para no producir caídas de presión.

Para la soldadura de estos portafiltros, se recomienda sacar los elementos internos, para que no sufran deformación por el calor de la soldadura, tratando de hacer una soldadura lo mas rápida y limpia posible, evitando con ello el recalentamiento del material en una segunda oportunidad producida por una mala practica de dicha soldadura, cuya instalación debe de procurar un lugar donde sea accesible poder hacer en el futuro un cambio de estos elementos filtrantes.

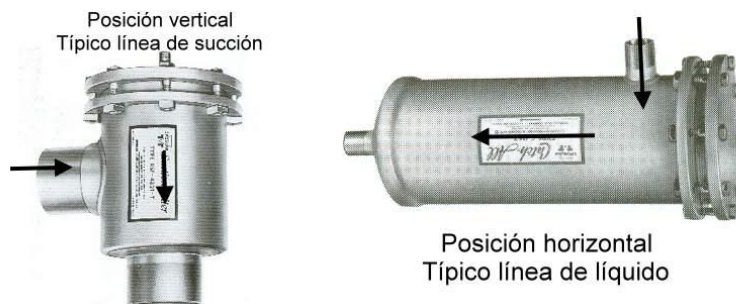
Por lo general, los portafiltros de cartucho vienen para uno a cuatro elementos en líneas de líquido y para líneas de succión los hay de uno a dos elementos, ambos con fitting de cobre del mismo diámetro de la tubería instalada. En la figura 153 vemos los diferentes portafiltros para la línea de líquido y uno para la línea de succión.

Figura 153 Montaje de portafiltros de cartucho, uno de dos elementos para la línea de líquido y otro de un elemento para la línea de succión



Como podemos observar, los portafiltros de cartuchos reemplazables, nos dan un cambio de dirección de 90° a la tubería, prestándose para poder variar un poco el diseño de fábrica de la tubería en la unidad condensadora, en donde si está se coloca en posición horizontal, se debe de alimentar el portafiltros de arriba lo que es ideal para la línea de líquido y el filtro de succión es recomendable su instalación en posición vertical, cuya alimentación debe venir también de arriba, para de esta forma la evacuación de refrigerante no sea dificultosa y con ello se evita cualquier tipo de caída de presión, que es causante en una baja significativa en la capacidad del sistema, como se muestra en la figura 154.

Figura 154 Posiciones recomendables para la instalación de los portafiltros



Fuente: Sporlan Valve Company. **BULLETIN 40-10 LIQUID LINE AND SUCTION LINE FILTER-DRIERS. Pág. 23**

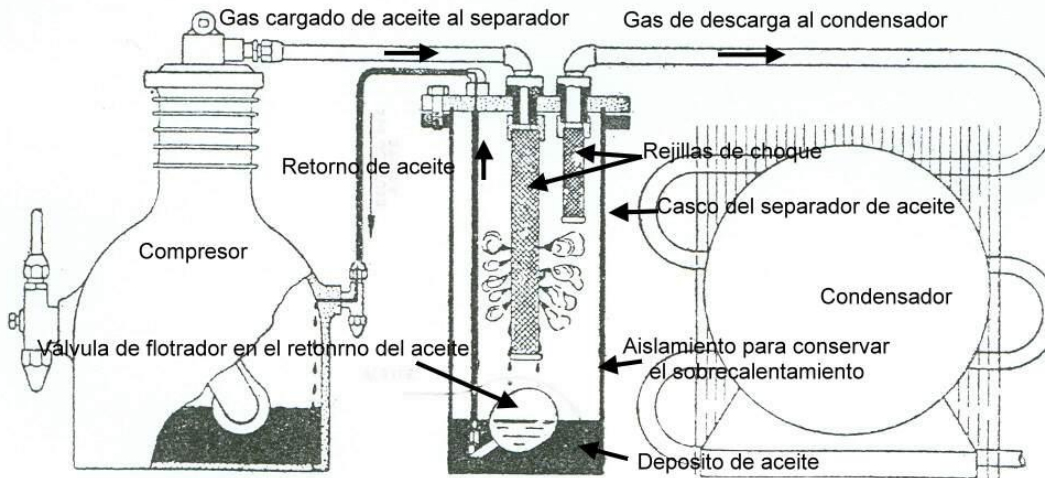
Después de instalados los portafiltros ya armados, se procede a efectuar un vacío en la tubería expuesta por esta instalación como también en el cambio de elementos filtrantes, para poder abrir las válvulas de servicio y poner a funcionar el compresor sin haber desconectado su resistencia de calentamiento para su pronta operación. Si las condiciones no son propias se procede a esperar 24 horas con la resistencia conectada, para evitar que el compresor pueda tomar refrigerante líquido en su cámara, lo cual puede ocasionar serias averías al mismo.

11.5 Separador de aceite

En el proceso de compresión del refrigerante, el compresor comprime una cantidad de aceite, el cual circula con el refrigerante, dicho aceite tiende a adherirse a las paredes de los tubos del condensador, formando una capa aislante que reduce la capacidad de transferencia de calor del condensador.

En el proceso de compresión del refrigerante no se puede evitar la circulación de este aceite, cuya función es de lubricar el compresor, para ello se recurre a la instalación de separadores de aceite, en donde el gas caliente y el aceite que entran a este elemento, se separan mediante una reducción de velocidad, mas el efecto de la gravedad que desvía el aceite a unas rejillas que hacen que el aceite se precipite al fondo del separador, en donde se incrementa un nivel de aceite, haciendo elevar la válvula de flotación que abre el paso del aceite de regreso al carter a través de una sonda y por la diferencia de presión que hay entre la línea de gas caliente y la del compresor o bien conduce el aceite a un acumulador que es el que se encarga de cargarlo de nuevo al carter de los ño compresores de dicha unidad condensadora, por medio de una válvula de solenoide comandada por un sensor, y por los reguladores de nivel de aceite. En la figura 155, se muestra la ubicación de un separador de aceite.

Figura 155 Esquema de partes e instalación de un separador de aceite



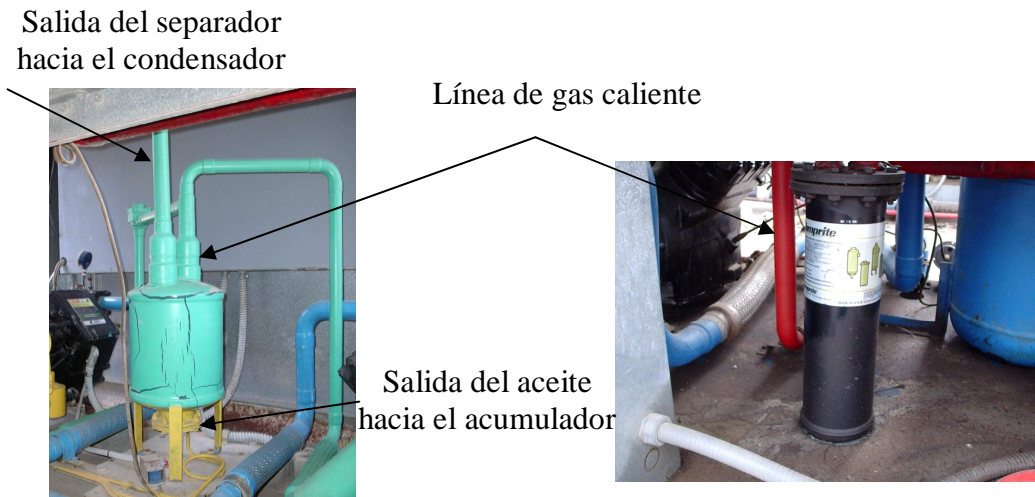
Fuente: Pita, Edward G. **PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN. Pág 271**

INSTALACIÓN

Normalmente, el fabricante de los condensadores ya tienen un espacio reservado para cada elemento, mismos que pueden venir montados de fábrica siempre y cuando uno lo pida equipado con dicho separador, ya que por la aplicación a la que se usará la unidad condensadora, esta no venga equipada con el separador de aceite y vemos la necesidad de instalar uno, elegimos uno que garantice la disminución de velocidad del refrigerante para el flujo que corre en el sistema, sobre todo para aquellos sistemas que trabajan con compresores en tándem de dos o mas compresores.

Debemos de soportar el recipiente del separador de aceite a la estructura de la unidad condensadora, haciendo la conexión de la tubería sonda por donde evacua el aceite del separador, luego procedemos a medir la tubería que se requiere para el transporte del refrigerante del compresor al separador y de este al condensador, para realizar su correspondientes soldaduras en las uniones de la tubería. En la figura 156, vemos dos tipos de separadores de aceite, en donde se ve una unidad para el flujo de refrigerante de dos compresores y otro para el flujo de un solo compresor.

Figura 156 Separador de aceite para una unidad de dos compresores el cual es sellado, a la derecha se muestra un separador desmontable para el flujo de refrigerante de un compresor



11.6 Recipiente acumulador y control del nivel de aceite

Son otros elementos que sirven para el control de nivel de aceite, en este recipiente se almacena el aceite que es extraído del separador de aceite y conducido a la parte superior del mismo, donde se visualiza un máximo y mínimo nivel por medio de sus dos visores ubicados en una forma simétrica del cilindro, con una capacidad de un litro entre extremos y visores, con capacidad de cuatro litros entre visores. Este elemento va instalado en forma vertical con su válvula de retención diferencial de aceite, que se utiliza para liberar la sobrepresión del interior del mismo, conduciéndola a la línea de succión, de esta forma se asegura la circulación de aceite hacia el control de nivel de aceite y de aquí hacia el carter del compresor.

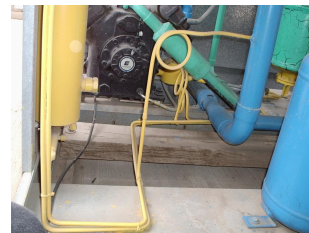
Este tipo de equipos son requeridos para unidades condensadoras con mas de un compresor, para que el retorno del aceite sea lo mas eficiente, conservando el nivel que

se establece en todos los compresores del sistema, para garantizar un funcionamiento con las mismas caídas de presión en la línea de succión de dichos compresores.

Figura 157 Acumulador de aceite, conexión del recipiente hacia la línea de succión y el recipiente controlador de nivel de aceite.



Visores indicadores de nivel de aceite



Conexión del recipiente de aceite hacia la línea de succión



Conector de arriba viene del recipiente de aceite, el de abajo va para alimentar otros compresores

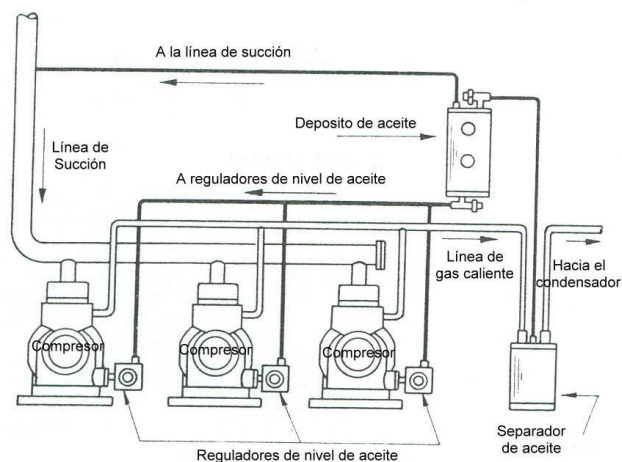
El accesorio que maneja la lubricación del sistema es el control de nivel de aceite de la figura 157, cuyo propósito es de regular el fluido de aceite hacia el carter del compresor, para mantener un mínimo nivel de aceite, mediante especificaciones del fabricante del compresor. El control de nivel de aceite es regulable entre 1/2 visor y 1/4 visor a cualquier diferencial de presión de 5 a 30 psi con el modelo OL-1C y de 30 a 90 psi con el modelo OL-2C de Sporlan, el cual tiene un flotador, que es el que controla el nivel de aceite que al bajar, abre una válvula de aguja que permite que el aceite fluya hacia el carter del compresor, donde dicho nivel de aceite va disminuyendo de nuevo

con el bombeo de los cilindros el cual salpica y mezcla con el refrigerante en el momento de su compresión, donde es retenido nuevamente por el separador de aceite nuevamente, haciendo que este sea reciclado hacia el compresor por medio del recipiente de aceite y el control de nivel de aceite anteriormente expuestos.

INSTALACIÓN

En este tipo de accesorios, se utiliza tubería flexible, con conectores roscables, que vienen del separador de aceite, hacia la parte superior del recibidor, misma que debe de instalarse en posición vertical, de aquí, sale otra tubería hacia la línea de succión, la cual se utiliza para aliviar la sobrepresión del recibidor, la cual es graduada por la válvula de retención diferencial de aceite. De la parte inferior, sale otra línea para el primer control de nivel de aceite a su parte superior con un retorno que alimenta a otro control de nivel de aceite, juntos mantendrán un mismo nivel de aceite de los compresores del sistema. En la figura 158, vemos un esquema de la distribución de las líneas de lubricación para un sistema de varios compresores.

Figura 158 Esquema de un sistema múltiple de reguladores individuales de aceite, con su separador de aceite y depósito acumulador de aceite para un sistema de refrigeración de tres compresores en paralelo



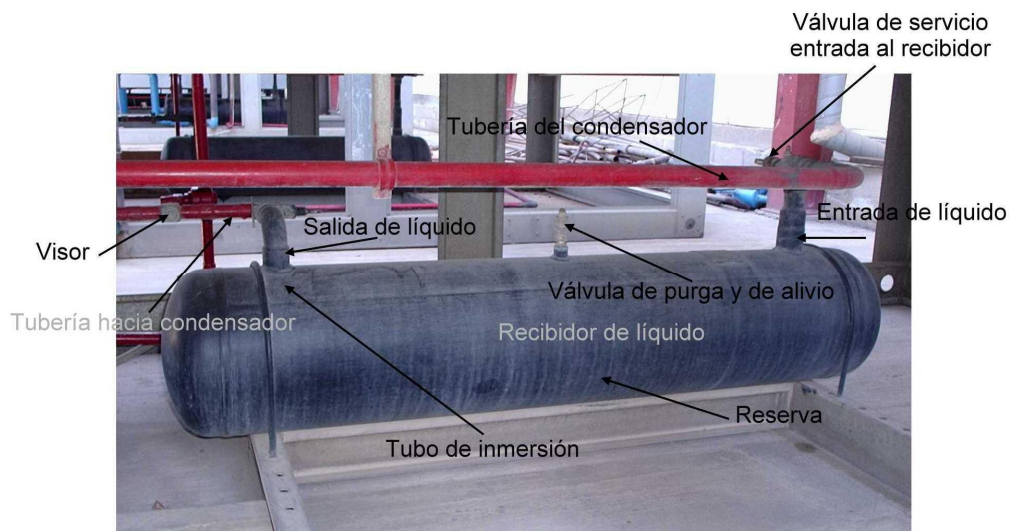
Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRACTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMATICA. Pág 236**

11.7 Recibidores o depósito de refrigerante líquido

Este elemento consiste de un tanque construido de chapa de acero en forma de un cilindro, el cual va ubicado en la parte inferior de la unidad condensadora con una posición horizontal, aunque no se descarta la posibilidad de su instalación vertical para otros diseños.

Su función es recibir el refrigerante ya condensado del condensador, el cual ya tiene su presión y temperatura de condensado, listo para ser utilizado en los evaporadores que maneja dicha unidad condensadora. Estos recibidores se utilizan para almacenar la carga total del refrigerante cuando el sistema no esta trabajando, ya sea por motivo de mantenimiento o de parada forzada que nos obliga a recoger el refrigerante de las tuberías, cerrando la válvula de gas caliente del compresor cuando la presión de succión ha bajado y el compresor se haya apagado, quedando la mayoría de refrigerante entre el condensador y recibidor, quedándonos la tarea de recuperar el refrigerante que quede en las tuberías para poder realizar los trabajos de mantenimiento o simplemente dejar las tuberías libre de presión, para evitar que el compresor pueda inundarse con el refrigerante líquido que se pueda condensar.

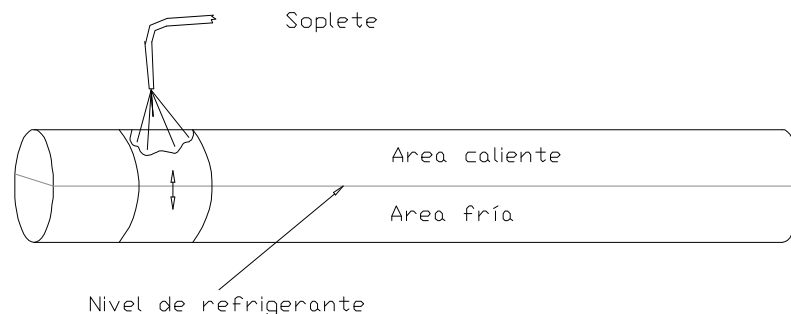
Figura 159 Partes del recibidor de refrigerante líquido



Estos recibidores de líquido como el de la figura 159 deben de tener la capacidad para dar cabida a volúmenes adicionales ocasionados por fluctuaciones en la carga, para evitar retorno de líquido al condensador. Por tal razón, el recibidor debe de calcularse para que la carga normal de refrigerante este alrededor de una tercera parte de su capacidad, en donde una diferencia de carga de unas pocas libras no afecte la presión de trabajo de alta y el tubo de inmersión este alrededor de unos tres centímetros abajo del nivel de refrigerante cuando esté en operación, teniendo el volumen remanente de refrigerante, en calidad de reserva de líquido.

Para poder ver las dimensiones de refrigerante líquido almacenado en el recibidor, se puede hacer por medio de unas válvulas de nivel, que se hayan colocadas a la misma altura del tubo de sonda, que al abrirlas, sale el refrigerante líquido, lo cual nos indica que la carga es correcta en un cierto porcentaje, práctica no muy adecuada, puesto que estaríamos liberando el refrigerante al ambiente, el cual si esté es familia de los HCFC, estamos afectando a la capa de ozono. Lo mejor para determinar el nivel de refrigerante es calentar el recibidor con un soplete de arriba hacia abajo en una porción del tanque hasta que esté se caliente, en donde podemos apreciar por medio del tacto, una diferencia de temperatura de caliente a frío, lo que nos indica el nivel del refrigerante líquido, de esta forma podemos definir si nuestro recibidor esta o no bien dimensionado para la carga de refrigerante que necesita el equipo de refrigeración, dicho esquema se visualiza en la figura 160.

Figura 160 Esquema para averiguar el nivel de refrigerante líquido del recibidor



En unidades condensadoras grandes, que manejan más capacidad de carga BTUH, utilizan un número de compresores dentro de la misma unidad, la cual puede tener circuitos independientes, como en el caso de la figura 161, en donde podemos ver que estas unidades tienen todos sus accesorios independientes en que forman una sola unidad condensadora y evaporativa como en el caso de hidrocooler o chiller de gran tamaño.

Figura 161 Cuatro recibidores de líquido de una unidad condensadora de cuatro compresores de 40 hp



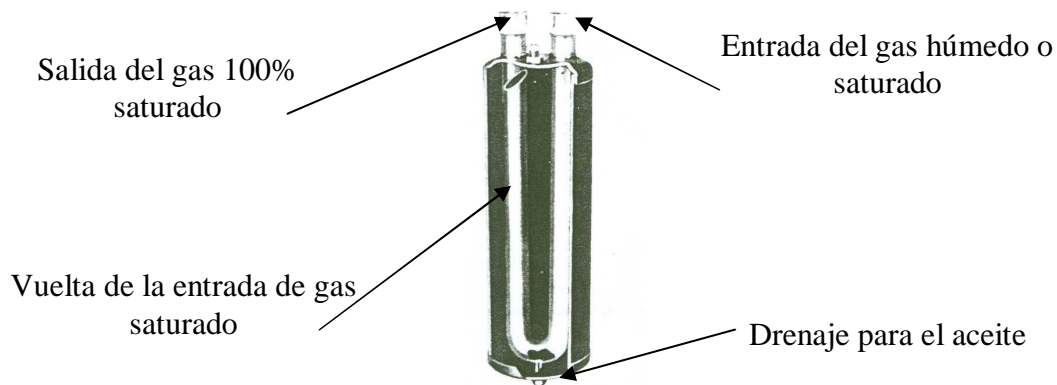
INTALACIÓN

Los recibidores en la mayoría de los casos, para unidades frigoríficas de cierta capacidad de carga BTUH, ya vienen instalados de fábrica, donde dicho recipiente corresponde a la capacidad de carga de refrigerante necesario para la operación de dicha unidad condensadora, este elemento es muy difícil que falle, por una sobrepresión puede que se dispare su fusible de seguridad que se tendría que reemplazar y no es necesario el desmontaje del recipiente, a no ser que este sea muy viejo y halla sido atacado por la corrosión y se pretenda reparar, pintar o revisar detalladamente, entonces tendríamos que desmontarlo para su reparación o reemplazo por otro de iguales dimensiones ya que la estructura del condensador trae el anclaje para dicho recipiente.

11.8 Acumulador de succión

Es un dispositivo que se utiliza para aquellos sistemas de refrigeración que por su aplicación son inherentes en la succión de refrigerante líquido hacia el compresor, por tal razón estos acumuladores de succión son instalados lo mas cerca del compresor para atrapar todo aquel refrigerante en estado líquido que no pudo hervir en el evaporador ni en la tubería que conduce hacia el compresor. Es en el acumulador de succión, donde el refrigerante se termina de hervir y pasa a la alimentación del compresor en estado gaseoso en una forma segura y controlada, arrastrando con él, partículas de aceite al carter del compresor en forma de brisa que el refrigerante trae de los evaporadores y del alivio del recibidor de aceite, en la figura 162, tenemos un esquema de las partes de este elemento.

Figura 162 Acumulador de succión



Fuente: Pita, Edward G. **PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Pág. 273**

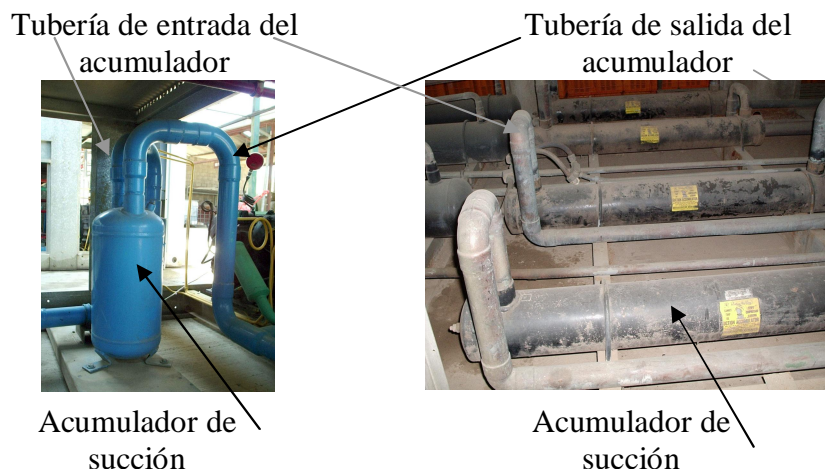
Por tal razón, es recomendable que se pida o instale un acumulador de succión en nuestras unidades condensadoras, ya que en cualquier aplicación se puede producir una cantidad de refrigerante líquido que puede desbordar las válvulas de los platos del compresor y en casos extremos puede hacer que las bielas y pistones se quiebren por el choque que se origina en comprimir un líquido, este efecto es mas probable en aquellos sistemas que utilizan bomba de calor en los tiempos de deshielo, en donde el

condensador sigue alimentando refrigerante líquido al evaporador, este es descargado súbitamente a la línea de succión, de esta forma el acumulador de succión puede aliviar el problema de este sistema, como el de gas caliente, el cual usa el refrigerante a presión elevada (líquido), para la descongelación del serpentín del evaporador, dando oportunidad de que una parte de este refrigerante líquido se vaya directa a la línea de succión.

INSTALACIÓN

Este es un dispositivo que debemos de incluir en la adquisición del equipo condensador, puesto que es en cierta forma la garantía del buen funcionamiento del compresor, lo que le da la característica de un equipo de protección para la unidad condensadora. Este dispositivo va atornillado a la estructura del condensador en un lugar predestinado para este tipo de dispositivo, quedándonos pendiente la medición y ubicación de la tubería que viene del filtro de succión al acumulador y de este hacia el compresor, para luego realizar las soldaduras en las uniones de tubería y accesorios correspondientes. En la figura 163, podemos visualizar la instalación de dos diferentes tipos de acumulador de refrigerante, los cuales se encuentran montados en la estructura de dichas unidades condensadoras.

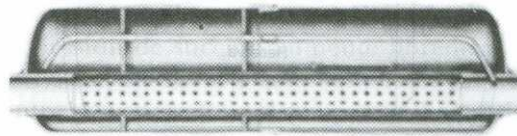
Figura 163 Instalación de dos acumuladores de refrigerante



11.9 Silenciadores de descarga

Este es otro dispositivo que se debe de incluir en la adquisición de una unidad nueva de condensación, ya que este tiene la finalidad de reducir el ruido producido por las pulsaciones del compresor en la línea de gas caliente, por medio de una serie de placas perforadas que desvían y amortiguan el ruido, como se muestra en la figura 164.

Figura 164 Silenciador de descarga



Fuente: Pita, Edward G. **PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Pág. 271**
INSTALACIÓN

Este silenciador de descarga debe de instalarse en una posición vertical, preferiblemente de flujo descendente o en una posición horizontal cuando no se tenga la disponibilidad anterior, esto es con el objeto de que el silenciador de descarga no atrape aceite, para que este no pueda obstruirse, provocando incrementos de presión en la descarga del compresor. En la figura 165, se muestra la instalación de un silenciador de descarga cuya descarga del compresor se encuentra arriba del silenciador y con un ligero ángulo con respecto la vertical, ya que en este caso, no se pudo obtener una instalación 100% vertical.

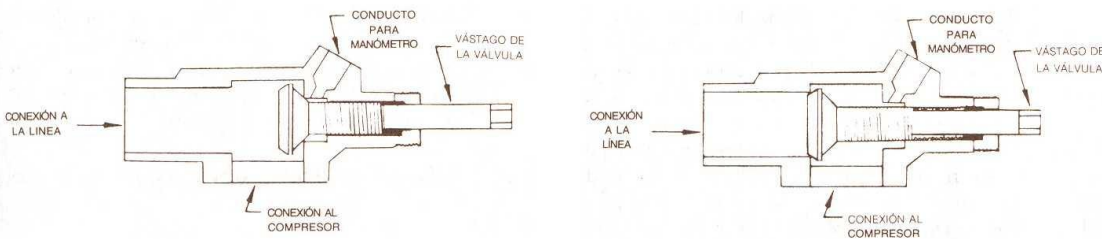
Figura 165 Instalación de un silenciador de descarga



11.10 Válvulas de paso y servicio de refrigerante

Estas son válvulas que se utilizan para aislar partes del equipo de refrigeración que se desea realizar un servicio o alguna reparación. Las válvulas de servicio, se utilizan para el cierre manual de refrigerante en las conexiones de succión y descarga del compresor tal como se puede ver en la figura 166.

Figura 166: Válvulas de servicio del compresor, la válvula de la izquierda está en posición abierta en donde pasa el flujo de refrigerante. A la derecha, la válvula esta en posición cerrada en donde se puede sensar la presión del compresor cortando el flujo de refrigerante.



Fuente: Pita, Edward G. **PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Pág. 277**

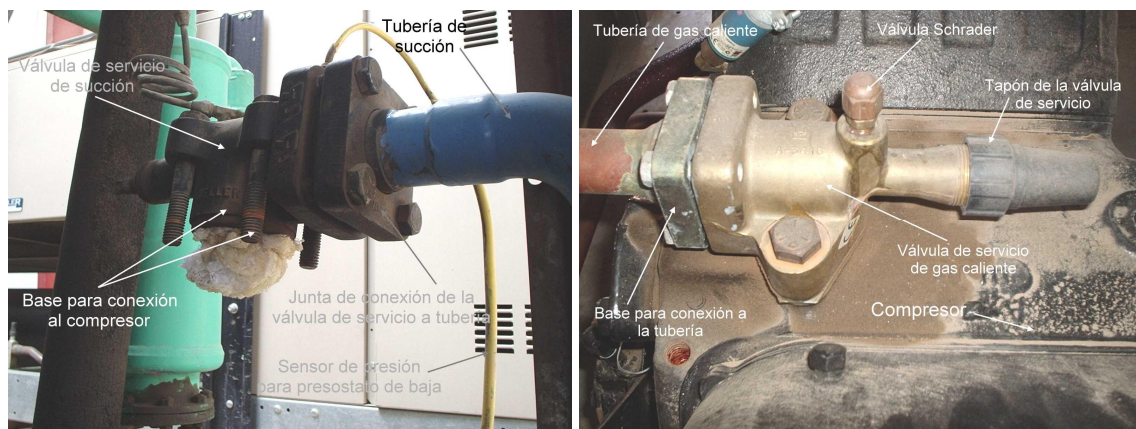
Estas válvulas son del tipo de asiento posterior, con un orificio en dicho asiento, el cual se utiliza para conectar manómetros fijos o del juego de manómetros, que se usa para sensar las presiones en la succión y descarga del compresor, sin que se tenga ningún tipo de fuga de refrigerante, para esto la válvula tendrá que estar cerrada o en posición intermedia, ya que al abrirla completamente el vástago cerrara este orificio.

Las válvulas de paso son muy similares a las válvulas de servicio, la diferencia es que estas son utilizadas para cerrar una línea de refrigerante, estas válvulas también las hay con o sin orificio con conector schrader que se utiliza para sensar la presión por medio de un juego de manómetros que traen la rosca SAE o NPT para este tipo de válvula schrader, la cual es muy similar a las válvulas que utilizan los tubos de vehículos.

INSTALACIÓN

Las válvulas de servicio traen su cuerpo diseñado para su montaje al compresor y a la tubería correspondiente, por medio de bridas. Estas válvulas son utilizadas cuando queremos cerrar la succión y descarga del compresor, por la necesidad de la parada del equipo o bien para desmontar el mismo para su reparación, dejando la carga de refrigerante en el sistema y el refrigerante que este dentro del compresor, se puede recuperar por medio de sus válvulas schrader del compresor. En la figura 167 se muestra el montaje de las válvulas de servicio de succión como la de gas caliente de un compresor.

Figura 167 Montaje de válvulas de servicio de succión y de gas caliente



Tanto las válvulas de servicio como las de paso de refrigerante, tienen una válvula schrader que se usa para sensor la presión en diferentes puntos de nuestro sistema. Las válvulas de paso, por lo regular las hay mas en la línea de gas caliente y de líquido, algunos sistemas también cuentan con una válvula de paso en la línea de succión, en la figura 168, podemos ver dos versiones de una válvula de paso, las cuales son instaladas en la línea de líquido.

Figura 168 Montaje de dos válvulas de paso, la primera sobre el recibidor de líquido y la segunda la que abre el paso del condensador al evaporador



11.11 Elementos Anti-vibración

Son elementos que todo equipo debe de tener, sobre todo para aquellas unidades que funcionan con compresores recíprocos causantes de fuentes de ruido y vibración, anteriormente se mencionó el silenciador de descarga, pero este no absorbe la vibración, solo minimiza el ruido, dicha vibración puede llevar a la fatiga al resto de la tubería rígida instalada, que de romperse tendríamos pérdida parcial o total de la carga de refrigerante, perjudicándonos con la caída de todo el sistema, pérdidas económicas y de oportunidad, mas la contaminación del medio ambiente por la pérdida del refrigerante que por lo regular son los HCFC que van directamente a destruir la capa de ozono del planeta.

INSTALACIÓN

Estos elementos absorben la vibración, los cuales van instalados en las tuberías de succión y de gas caliente lo mas cercano posible del compresor, estos elementos se pueden poner en posición horizontal o vertical, ya que es un elemento flexible con una maya protectora que le da la característica de su flexibilidad y resistencia a la alta

presión que pueden tener, sobre todo el del lado de la línea de gas caliente, son elementos soldables, los cuales una vez instalado no requiere de removerlos hasta su reemplazo programado por horas de servicio estipuladas por el fabricante, en la figura 169, se muestra la instalación de elementos antivibración para la línea de succión y de gas caliente.

Figura 169 Instalación de elementos antivibración dentro de la unidad condensadora



11.12 Presostatos

11.12.1 Presostato de baja presión

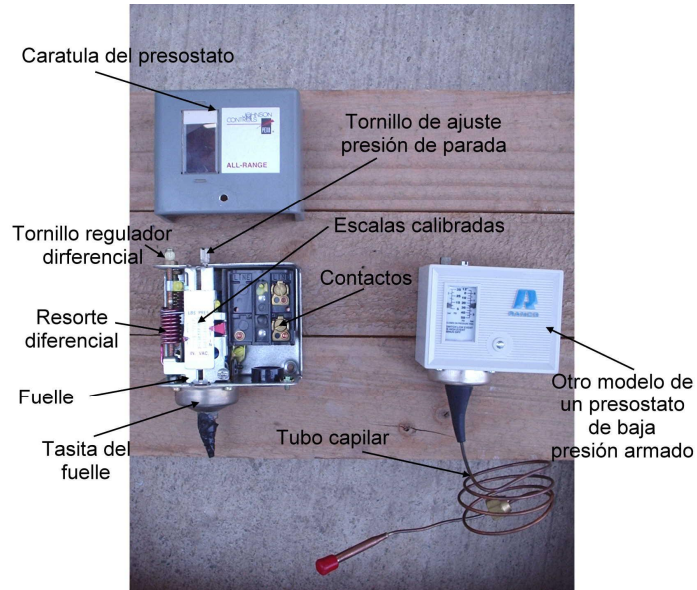
Es uno de los elementos que hace trabajar la unidad condensadora de una forma automática, por medio del accionamiento de mecanismos que hacen la parada y puesta en marcha del motor del compresor en base a los cambios de presión que se dan en el lado de baja presión del sistema, en donde el fuelle metálico, esta conectado por medio de un tubo de cobre a la línea de succión, que hace accionar los mecanismos cuando la presión excede de cierto valor calibrado en la línea de succión, indicando la presencia de refrigerante que va subiendo la temperatura, en donde el presostato de baja hace cerrar un interruptor que pone en marcha el motor, con forme vaya disminuyendo la presión de

refrigerante en la succión, baja la presión del fuelle en donde entra a trabajar otro mecanismo diferencial que hará que se abra el interruptor con el fin de desconectar el motor del compresor.

Dichas presiones se gradúan por medio de unos tornillos, el tornillo derecho de la parte superior, consigue elevar el punto de parada al apretarse. El tornillo de la esquina, es el que maneja el diferencial de presión, el cual puede dejarse a unas 20 libras arriba de la anterior, o sea que podemos tener una presión de arranque de unas 40 libras en un sistema donde la temperatura de evaporación sea de 25°F, lo que nos da una presión de 60 a 66 libras en la línea de succión, haciendo que el compresor trabaje normalmente sin peligro que esté pueda comprimir refrigerante líquido por un retardo a su marcha que pueda dar margen a que dicha presión se exceda arriba de ese valor.

En tiempos de deshielos, donde la máquina cierra la válvula de solenoide, cerrando el paso de refrigerante, cuyo sistema continuará trabajando hasta que el refrigerante que quede en la línea de líquido termine de pasar por la VET y el evaporador, donde el compresor en marcha, recoge este refrigerante hasta que la presión de este baje muy por debajo de las 60 libras que hay en operación normal del sistema, al terminarse esté, el compresor sigue recogiendo el refrigerante hasta que se sense una presión de parada graduada, de no tenerla bien graduada, el compresor seguirá recogiendo refrigerante haciendo un vacío en el sistema, lo cual también daña al compresor, es aquí donde el presostato apagará el compresor en una presión de unas 20 libras, presión que nos garantiza una puesta en marcha sin peligro a la acumulación de refrigerante líquido en el momento del arranque cuando la presión suba al valor establecido en el presostato, condición adecuada cuando la unidad se vuelve habilitar. En la figura 170, se presentan las partes de un presostato de baja presión, utilizado en refrigeración.

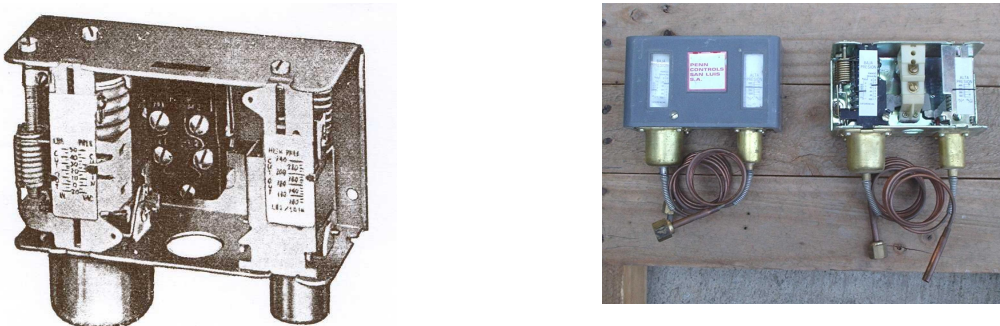
Figura 170 Partes de un presostato de baja presión



11.12.2 Presostato de alta y baja presión

Este es un presostato usado en ciertas aplicaciones, donde se requiera sensar la parte de alta presión, cuyo principio es el mismo de los presostatos de baja presión, haciendo de esta manera dos presostatos en una misma unidad (figura 171), conocido como controlador de doble presión por algunos, o simplemente como presostato de alta y baja presión, del cual tenemos dos sensores separados, los cuales por lo regular controlan a un interruptor.

Figura 171 Presostatos de baja y alta presión en una sola unidad

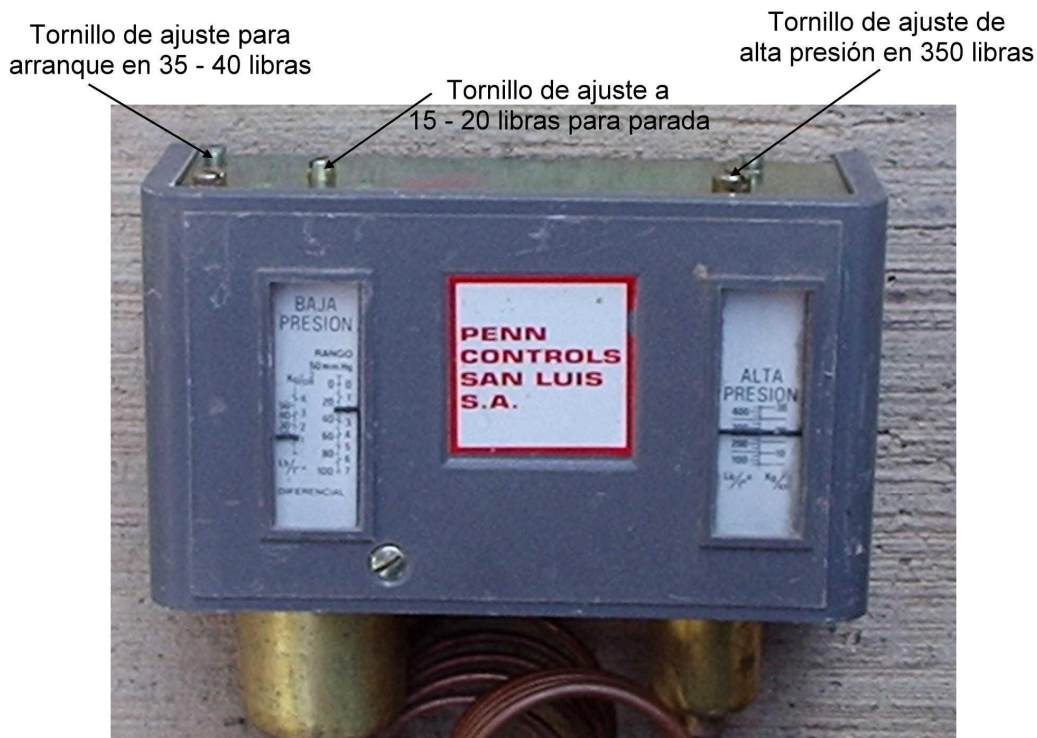


INSTALACIÓN

Para cualquiera de los dos tipos de presostatos de presión, se recomienda que estos se instalen a un nivel mayor al del compresor, por la razón que en este hay aceite el cual puede acumularse en la tubería de los presostatos, a tal grado que estos pueden llenar la tacita del fuelle, lo cual nos producirá una falla en el accionamiento del mismo.

Tomando esta recomendación, evitamos que la tacita del fuelle llegue a inundarse de aceite, el cual de ser embolsado dentro de la tubería, este tenga mas facilidad de retornar al sistema, en la figura 172, se puede ver las calibración de presiones que se deben de estipular de acuerdo a las presiones que nuestro sistema opere, ya que las mismas varían en función a la aplicación y al refrigerante utilizado en el sistema.

Figura 172 Calibración de presiones para una unidad que trabaja con una temperatura de evaporación de 25°F con R-22



11.13 Presostato diferencial de aceite

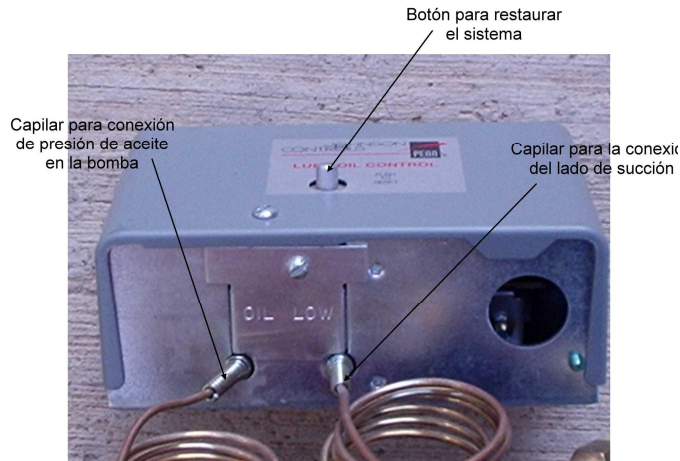
Este es el que controla el sistema de lubricación forzada del compresor por el accionamiento mecánico de una bomba, la cual surte presión a diferentes partes del compresor, muy similar al sistema de lubricación de un motor de combustión interna, con la diferencia que en un sistema de refrigeración, el nivel de aceite baja por efecto de compresión con el refrigerante, haciendo que la presión del mismo caiga y el compresor siga trabajando sin lubricación.

El presostato diferencial de aceite, es un interruptor eléctrico comandado por la presión de la descarga de la bomba de aceite, con un relé temporizador integrado, el cual corta la corriente al dispositivo de protección del motor en 60 segundos si la presión de la bomba no es superior a la presión de aspiración, la cual es la medida base de este presostato. Una pérdida momentánea de presión de aceite no detiene al compresor, pero los contactos de interruptor de presión diferencial se cierran, el circuito de retardo del calentador se energiza y el compresor se detiene en el tiempo requerido, para restablecerlo se debe de pulsar el botón de reinicio que es el que restablece el sistema de una forma manual.

INSTALACIÓN

Estos presostatos de diferencial de aceite, pueden ir montados en la aleta que trae el compresor, donde sus conectores de fabrica traen suficiente longitud de tubos capilares para su conexión, a pesar que es un dispositivo mecánico, este se degrada por la temperatura del compresor y vibración, recomendando su instalación en el gabinete de control, en donde algunos modelos de condensadores traen un apartado para el montaje de estos dispositivos, o se le puede ubicar en un lugar que se preste para dicho fin con un fácil acceso a la lectura, en la figura 173, vemos las partes de un presostato diferencial de aceite.

Figura 173 Parte principales de un presostato diferencial de aceite



11.13.1 Presostato de diferencial de aceite electrónico

Son presostatos de diferencial de aceite electrónicos, que tiene como función el sensado de presión de aceite de un sistema de refrigeración conocido como Sentronic, este equipo, tiene la misma función de los presostatos de diferencial de aceite convencionales. Por su tecnología avanzada, es un equipo que tiene a reducir un costo en el mantenimiento, pues garantiza la lubricación del compresor de una forma más eficiente, diseñado para trabajar con compresores semi-herméticos convencionales o los compresores discus, estos presostatos electrónicos, traen un diseño de acople rápido en las unidades condensadoras, ya que el mismo es igual al de los presostatos convencionales, el cual cuenta con sus conexiones totalmente compatible, e incluso se puede actualizar nuestro equipo con el cambio de este tipo de presostatos de una forma muy fácil.

Los presostatos Sentronic y equivalentes son mas fiables, pues sus lecturas son mas rápidas y de una forma mas constante, lo que hace de este tipo de equipos, una herramienta de diagnostico de alta precisión y eficiente.

INSTALACIÓN

Al igual que los presostatos convencionales, viene diseñado para su montaje directamente sobre la bomba de aceite, en donde pueden medir la diferencia de presión entre la bomba de aceite y la conexión externa de la línea de succión, enviando una señal constante al modulo de la unidad electrónica, que controla la operación del compresor por medio de un relé que se activa después de que este dispositivo sense una caída de presión de aceite en la bomba, por medio de un circuito de retardo de dos minutos, para poder abrir el circuito que apague el compresor. Es recomendable la instalación de este presostato electrónico en el panel de control de la unidad condensadora u otro lugar remoto donde se tenga facilidad de inspección como en la figura 174, ya que el calor puede degradar rápidamente este tipo de presostato por sus componentes electrónicos que se envejecerán de una forma prematura, además éste no requiere de tubo capilar para su conexión.

Figura 174 Conexión de la sonda del presostato electrónico Sentronic y montaje en el panel de control de la unidad condensadora



Sonda del Sentronic

11.14 Termostato

Es un dispositivo de control de temperatura, que según su aplicación hay un termostato adecuado para la gran gama en refrigeración y aire acondicionado, de los

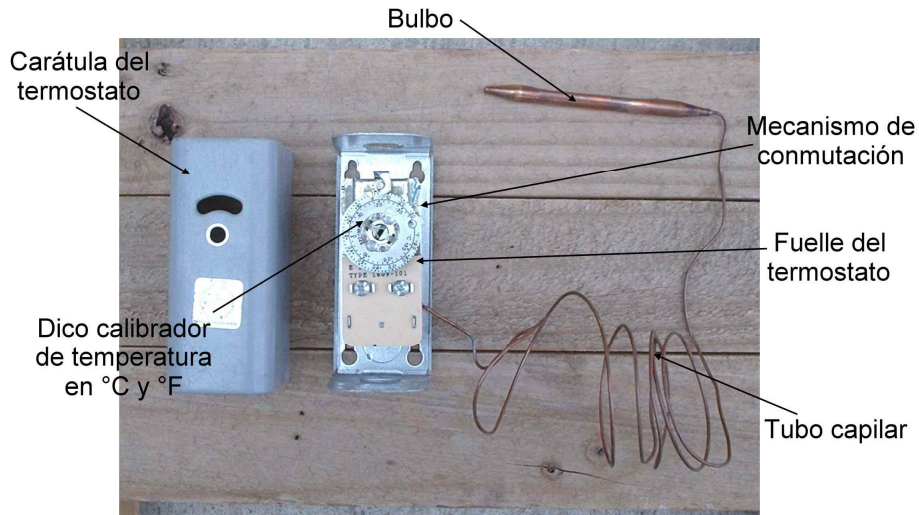
cuales podemos ver uno para aplicaciones de mantenimiento de frutas y vegetales (figura 175), cuyo elemento control de bulbo remoto, se presta para una aplicación muy amplia, sobre todo para la refrigeración comercial o industrial y en algunas aplicaciones de aire acondicionado.

Figura 175 Termostato de bulbo remoto



Este termostato de control de temperatura, tiene el mismo principio del bulbo de la VET, el cual es el elemento sensor de la temperatura interior de la cámara refrigerada, buscando un lugar dentro de la cámara, donde corresponda la temperatura media, el bulbo del termostato, esta cargado de refrigerante a pesar que no hay conexión física entre el termostato y el sistema de refrigeración, sensa la temperatura del recinto, produciéndose una presión que mueve el fuelle del termostato, el cual a su vez mueve los mecanismos de conmutación por medio del cual abre un circuito cuando este llega a una temperatura graduada en el termostato. En la figura 176, podemos observar las partes de un termostato del tipo mecánico.

Figura 176 Partes de un termostato



Al igual que los presostatos, contamos también con termostatos electrónicos, los cuales tienen una respuesta mas rápida en lecturas de temperatura, mismas que son desplegadas en pantalla, en dicha pantalla se visualiza la temperatura actual como la programada, este tipo de dispositivo, trabaja en combinación con los deshielos de los evaporadores, el cual maneja una diferencia de temperatura para mantener un mejor promedio de la misma, para que cuando se da el deshielo, el termostato deja que baje mas la temperatura en un rango suficiente para que no suba mucho la temperatura en el momento en que este abra su contacto para apagar el motor del compresor cuando la válvula de solenoide cierra el paso de refrigerante, quedando solo los ventiladores del evaporador trabajando para descongelar los serpentines del mismo.

Con este tipo de termostato, podemos prescindir del uso del reloj sincrónico, ya que el mismo maneja los tiempos de deshielos así como el tiempo cuando el equipo a llevado a la temperatura programada a dicho recinto, el cual apagara el compresor por un tiempo módico a modo que no se den arranque frecuentes y pueda mantener como promedio la temperatura programada a modo de no desgastar los compresores por los arranques, ayudando a prolongar la vida útil de nuestro compresor y un ahorro

energético por el número menor de arranques del compresor. En la figura 177 vemos un termostato electrónico.

Figura 177 Termostato electrónico



INSTALACIÓN

Este tipo de dispositivo, puede ser ubicado en un lugar dentro del recinto o bien dentro de la unidad condensadora, donde su elemento sensor se instala en un lugar donde se puede obtener una temperatura promedio del recinto al igual que los termostatos convencionales, cuya posición puede ser vertical o horizontal para cualquiera de los dos tipos de termostatos teniendo el cuidado de que el bulbo sensor no toque ninguna superficie del panel que forma el recinto.

Los termostatos electrónicos, pueden ser montados dentro del panel de control del condensador o en algún otro lugar donde creamos necesario la visualización de temperatura de una área específica de nuestros cuarto fríos, ya que dicha información nos puede indicar el buen funcionamiento del sistema en general, en la figura 178 se muestra un termostato electrónico montado dentro del panel de control del condensador.

Figura 178 **Instalación de un termostato electrónico dentro de una unidad condensadora**

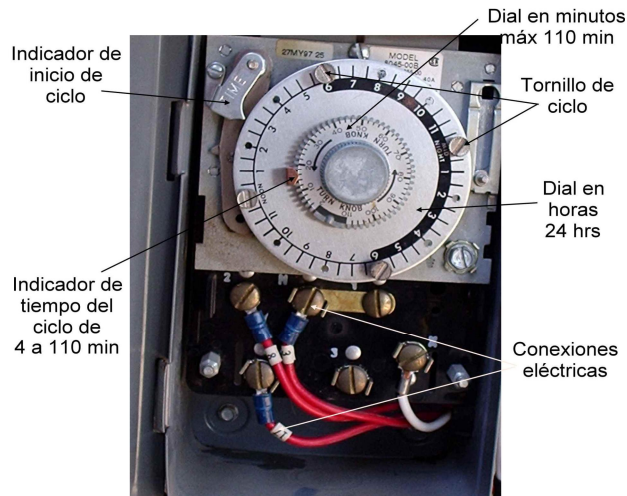


11.15 **Reloj sincrónico (descongelación automática)**

El reloj sincrónico, no es más que un temporizador que se utiliza para la desconexión en los tiempos previstos de deshielos para apagar el compresor, este equipo es más utilizado en aquellas instalaciones de aire forzado para temperaturas altas y medias. Con este equipo se puede controlar el encendido y apagado del compresor, ventiladores de evaporadores, resistencias calefactoras en base a un tiempo que se gradúa en la periferia del control de descongelación por medio de unos tornillos que se enroscan en el dial del reloj, un control de descongelación empieza cuando uno de estos tornillos llega a la flecha indicadora, es aquí en donde empieza a transcurrir el tiempo programado, al pasar este tiempo, el reloj sincrónico restablece el sistema desconectando las resistencias calefactoras si las hubiere, para luego abrir el paso de refrigerante por medio de la válvula de solenoide que se había cerrado al empezar el ciclo, el cual hará que la presión de succión empiece a subir hasta que se active el presostato de baja del compresor, el cual hará que este arranque, volviendo a las condiciones normales de operación del sistema, hasta que se vuelva a dar otro ciclo de deshielo o que el recinto llegue a sus condiciones máximas, en donde el termostato saque al compresor de

operación nuevamente por medio de la válvula de solenoide que cortará el flujo de refrigerante a los evaporadores.

Figura 179 Partes de un reloj sincrónico



En la figura 179, podemos ver el detalle de un reloj sincrónico en donde la parte eléctrica de sus conexiones, corresponden a la simbología de los diagramas eléctricos del capítulo de instalación eléctrica.

INSTALACIÓN

El reloj sincrónico del controlador de deshielo, debe estar en el gabinete del condensador, pues es el lugar mas apropiado para determinar las horas de deshielos de las diferentes unidades que se tengan en las instalaciones, lo cual nos ayuda a programar la hora de deshielos de cualquier equipo nuevo, con el objeto de que no se tengan muchas unidades en parada al mismo tiempo, ya que esto significa que los compresores pueden ponerse en marcha al mismo tiempo, efecto no muy conveniente por la baja de potencial que se tiene en el fluido eléctrico que puede afectar a otros equipos instalados en la industria, dicho arranque de un número de compresores a la vez, ocasiona un alto consumo de potencia cuya empresa suministradora de energía eléctrica la cobra como si

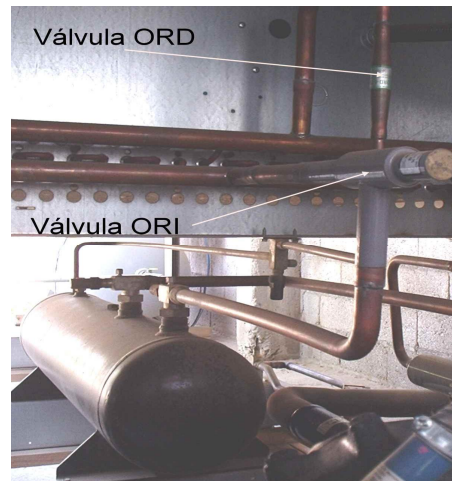
fuera la potencia nominal de la empresa por mes, además este tipo de arranque en conjunto son objeto de un incremento en la potencia reactiva, lo cual provoca un factor de potencia muy bajo que implica en un consumo mayor de potencia y una multa por ser generadores de potencia reactiva por el distribuidor de la energía eléctrica.

Para ello, se requiere de un equipo o persona que pueda restaurar las unidades en una forma progresiva, ya sea de uno en uno o de dos en dos, este dependerá del tamaño de la industria, con el propósito de evitar los inconvenientes antes descritos. Dicha reconexión, puede ser de forma automática con relees, timer de retardo que energizarán los contactores para el arranque de los demás equipos o de asignar a una persona para la reconexión manual de cada uno de ellos en el caso de un corte momentáneo de energía eléctrica, para que este sea una secuencia determinada y no tener un descontrol de las diferentes unidades, conservando los tiempos estipulados entre ellas manteniendo sus diferencias de tiempo aunque la hora de sus ciclos se corra un poco, logrando que exista entre ellas sus tiempos de deshielos con sus rangos de tiempo establecidos, con esto cuidamos nuestros equipo por bajas de potencial, menor consumo de potencia eléctrica y evitamos un arranque simultaneo de todas las unidades instaladas en la industria.

11.16 Válvulas para control de condensación

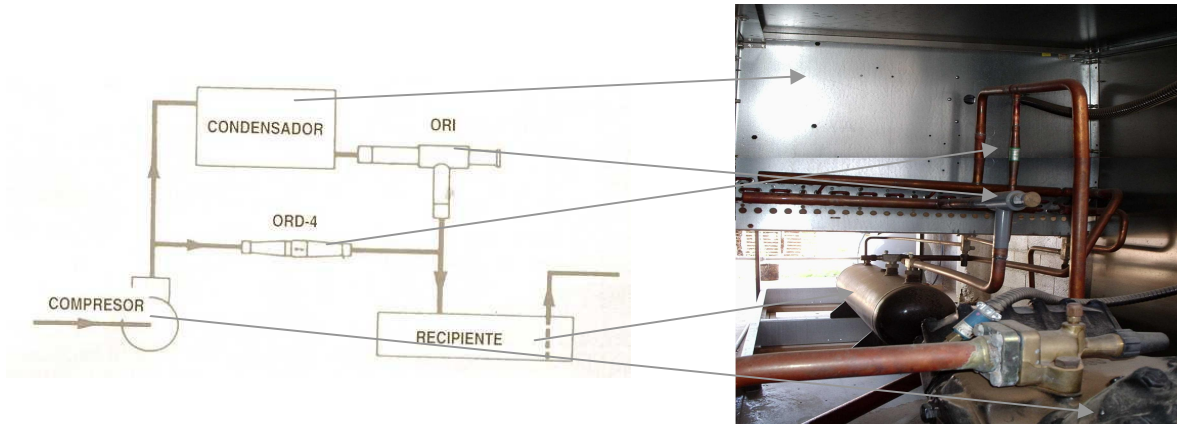
Estas válvulas son utilizadas en equipos que están instalados en climas fríos, ya que restringen el paso del refrigerante del condensador hacia el receptor cuando este no tiene la temperatura y presión determinada para la aplicación de refrigeración requerida, para ello se puede utilizar las válvulas ORI y ORD que hacen la misma función de la OROA y la LAC de la marca Sporlan, haciendo de conocimiento que existen otros fabricantes que tienen los equivalentes de esta válvulas reguladoras de presión de condensado, cuyo principio de construcción y funcionamiento se describe a continuación.

Figura 180 Montaje de las válvulas ORI y ORD en una unidad condensadora



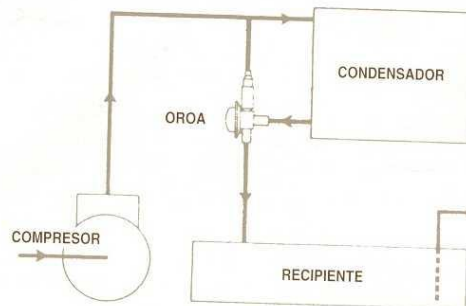
En la figura 180 se ve la instalación de las válvulas ORI y ORD, cuya combinación de estas dos válvulas, hacen regular la presión del condensador, en donde la ORI responde únicamente a las variaciones de presión de entrada, la cual abre el paso cuando dicha presión se incrementa, mientras que la válvula ORD se abre mediante una elevación de la presión diferencial. Ambas restringen el paso de refrigerante, mientras la ORI regula el paso de refrigerantes que sale del condensador reteniéndolo hasta que aumente su presión, con el objeto de mantener dicha presión de condensado en el recibidor, si la ORI no deja pasar refrigerante, esta retiene el mismo hasta que se eleve la presión y temperatura del mismo, para que el recibidor cuente con las características de condensado del refrigerante, de no ser de esta forma, es allí donde la ORD como una limitadora de presión, permite pasar gas caliente al recibidor de una forma directa, el cual ayudara a restaurar la presión y temperatura del refrigerante almacenado en el recibidor por medio de su presión diferencial de unas 20 psi ya calibradas de fábrica, en la figura 181, vemos el esquema de instalación de estas válvulas.

Figura 181 Esquema de la instalación de las válvulas ORI y ORD



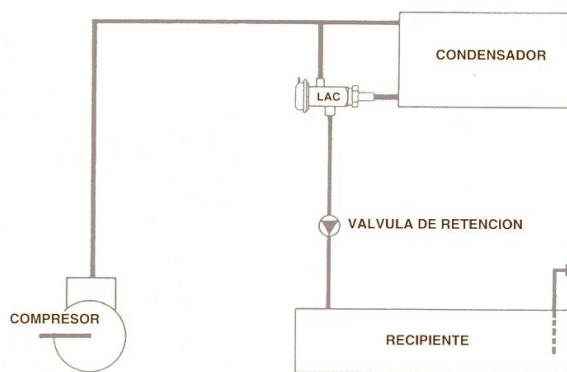
La válvula OROA, es dos en una que contiene la ORI y ORD, en períodos de baja temperatura ambiente, la presión de condensación desciende por el frío, donde la OROA y ORI, reducen el caudal de líquido procedente del condensador, haciendo que este permanezca en el condensador para aumentar su presión, de esta forma la superficie activa del condensador hace que se eleve la presión de condensación, haciendo que se supere la presión diferencial de la OROA para que ésta abra el paso de gas caliente del compresor, el cual servirá para calentar el líquido frío que pasa por la ORI y OROA, para que el refrigerante llegue caliente al recibidor con la presión de condensado requerida, con ello aseguramos el debido funcionamiento de la VET, las válvulas ORI, ORD Y OROA modulan la presión del refrigerante en el recibidor de una forma automática e independiente, en la figura 182, podemos ver un esquema de la instalación de la válvula OROA.

Figura 182 Esquema de instalación de una válvula OROA



La válvula LAC es otra válvula utilizada para controlar la presión de condensado en ambientes de baja temperatura, la cual es una válvula de tres vías, cuya presión que ejerce sobre el cabezal se opone a la de la descarga que pasa a través de las varillas de la parte inferior del diafragma, cuando disminuye la temperatura exterior, disminuye la presión de condensación, así como la de descarga, la cual abre la derivación de descarga, al mezclar el gas de descarga con el líquido, aumentando la presión en la salida del condensador, reduciendo a la vez el caudal inyectando líquido en el condensador en contracorriente.

Figura 183 Esquema de instalación de una válvula LAC



Al inundarse el condensador, se reduce la superficie de intercambio de calor, lo que provoca un aumento de presión en el condensador, la válvula LAC mantiene de esta forma casi constante la presión del receptor para un funcionamiento normal del sistema, en la figura 183 vemos un esquema de la instalación de una válvula de este tipo.

INSTALACIÓN

Las válvulas ORI, OROA y LAC están diseñadas para aplicarlas en tubería de líquido y de gas caliente, pero que está última, no este muy cerca de la descarga del compresor, ya que debido a las pulsaciones por el efecto recíprocante del compresor, se acorta la vida útil de estas válvulas. La válvula ORD se coloca en la tubería de desvío

de gas caliente alrededor del condensador, las cuales en el momento de su instalación por medio de soldadura, se le debe de dar un tratamiento similar al de las válvulas de expansión, para proteger las partes internas que se pueden deteriorar por el calor de la soldadura.

11.17 Monitor de fases

Es un dispositivo electrónico, basado en un microprocesador que sensa el voltaje de las fases del fluido eléctrico de un sistema trifásico, programado para detectar cualquier anomalía en la condición de potencia de las tres líneas tal como puede ser un bajo voltaje o ausencia de una de las fases. Cuando una condición perjudicial es detectada, el monitor de fases desenergiza un relé, dando la orden de apagar el compresor si la falla es prolongada, el cual desactiva dicha orden después de un retardo determinado, éste relé es reactivado después que las condiciones de líneas regresan a niveles aceptables en otro tiempo determinado para su reconexión, como este tipo de falla son instantáneas, pueda que el compresor no sea apagado por consecuencia de dicha falla en el sistema eléctrico.

El tiempo de retardo previene daño simultáneo al equipo por las fluctuaciones de potencia que se dan en el restablecimiento de las líneas de potencia.

El monitor de fases (figura 184) cuenta con un led bicolor, el cual nos indica que esta trabajando en condiciones normales cuando este está de color verde, sí el led se pone rojo, indica condiciones de falta de fase, restauración o caídas de voltaje en uno o todas las fases.

Figura 184 Monitor de fases



En condiciones iniciales de operación, sí el led se torna rojo fijo, esto nos indica que debemos de cambiar la secuencia. Cada línea principal debe ser chequeada por un propio voltaje y balance de líneas, antes de invertir una de las fases, así como el monitoreo de voltaje, para resguardar las condiciones del equipo en general, al tenerse el sistema conectado en forma adecuada el led se torna verde fijo.

12 PROCEDIMIENTOS PARA UN MANTENIMIENTO FORMAL

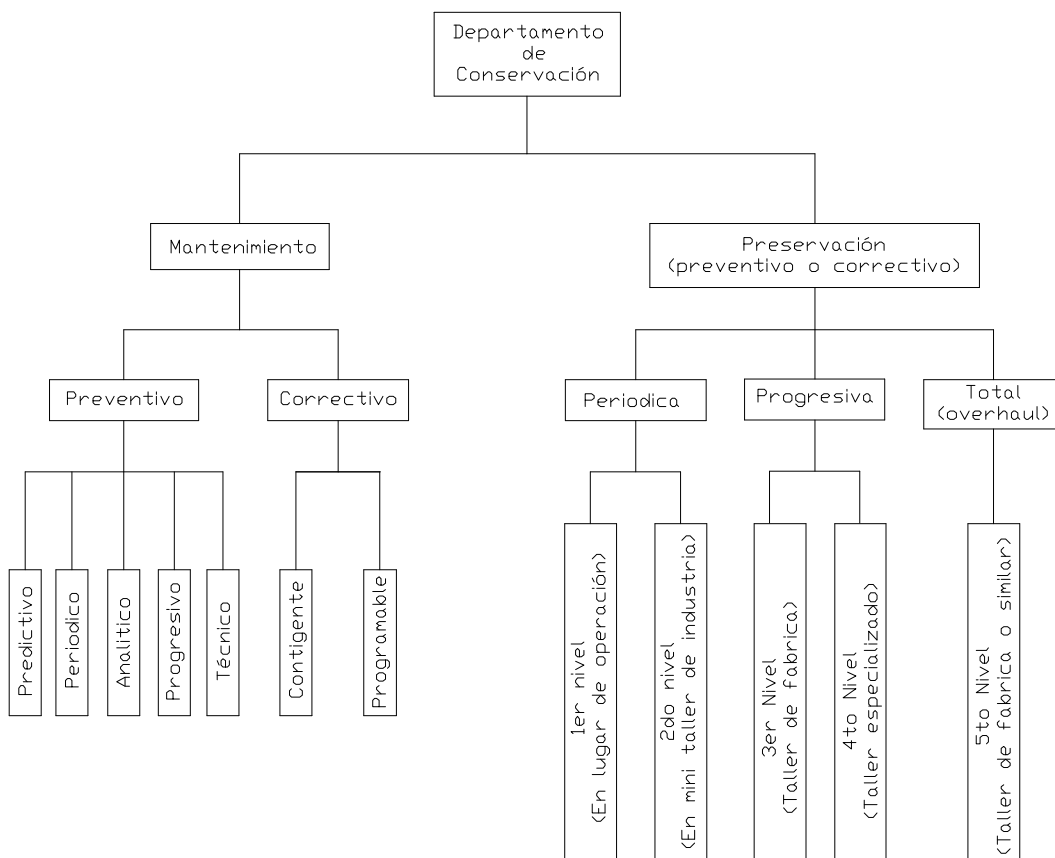
Para aquellas empresas que cuentan con varias unidades frigoríficas de ciertas capacidades de uso comercial y/o industrial, es conveniente la creación de un departamento de mantenimiento, especializado para garantizar el servicio que presta cada uno de los equipo, de sus instalaciones e infraestructura en general, donde dicho servicio se reflejará en la calidad de los productos, por medio del control de calidad y del consumidor final, quienes darán el visto bueno del mismo por medio de sus quejas y/o comentarios. Es aquí, donde podemos hacer que nuestros equipos prevalezcan por medio de un buen servicio de conservación, para que estos proporcionen una buena calidad de servicio a los diferentes procesos de la industria.

Para lograr esto, se debe de tener recursos como materiales, herramientas, aparatos de prueba, y el recurso humano capacitado para realizar trabajos de mantenimiento preventivo, correctivo según sea el peor de los casos, como también que conozcan las condiciones actuales de los equipos, de las instalaciones y de la infraestructura acorde a sus áreas de trabajo.

Para ello se requiere de la elaboración de programas, planos, manuales y talleres adecuados para brindar el servicio de mantenimiento en donde se pueda corregir cualquier contingencia y con ello poder rescatar dichos recursos. Al lograr esto, se puede decir, que es el momento de darle un seguimiento por medio de la conservación, donde la preservación se encargará de atender las necesidades de los recursos anteriormente mencionados, dejándole al mantenimiento, la parte de corregir el servicio de estos equipos en caso de falla.

En otras palabras, se puede decir que la conservación se divide en dos ramas, una de ellas es la de la preservación, que es la que se encarga de aquellos trabajos menores y el mantenimiento como se conoce en general, es la encargada de aquellos trabajos que se requieren para que los bienes recuperen su calidad de servicio, esta jerarquía la podemos ver un poco mas claro por medio del organigrama de la figura 185.

Figura 185 Organigrama de un departamento de conservación



Con el organigrama de la figura 185, vemos una estructura que nos ayuda a optimizar los recursos materiales para la preservación o mantenimiento de nuestros diferentes bienes por medio del departamento de conservación, en seguida se dan breves detalles del significado de cada uno de los conceptos mostrados en el organigrama anterior.

12.1 Preservación periódica

La preservación periódica, no es mas que dar servicios menores a los equipos, tales como puede ser la lubricación, limpieza y una serie de trabajos que hacen posible que la maquinaria regrese a sus condiciones iniciales de operación, esta se divide en:

- (1) La preservación periódica de primer Nivel: donde el usuario del recurso, tiene la responsabilidad de conocer a fondo el instructivo de operación, para dar al equipo un cuidado en las labores de la preservación asignada, como la limpieza, lubricación, ajustes menores y reparaciones menores.
- (2) La preservación periódica de segundo Nivel: este es el tipo de conservación que se le asigna a un técnico medio, el cual necesita un pequeño taller con la herramienta y aparatos de prueba necesarios, para proporcionar los primeros auxilios a los equipos, cuya intervención no requieren de mucho tiempo.

12.2 Preservación progresiva y total

Después de un tiempo prolongado de funcionamiento, los equipos deben ser revisados y reparados mas detenidamente, cuyos trabajos resultarían mas económicos, eficiente y rápidos si se realizarán en las instalaciones de la industria, pero para ello se requiere de un taller equipado con ciertas especialidades, las cuales se definen por la diversidad de equipos con que cuenta la industria, de lo contrario se requiere de la subcontratación de empresas que brindan dichos servicios especializados para la preservación de nuestro equipo, este tipo de preservación se divide en:

- (1) Preservación progresiva de tercer nivel: Esta consiste en las labores que se realizan en los talleres de la fábrica, quienes cuentan con el personal y equipo de

alta calidad y destreza, donde la mano de obra de un supervisor es más importante que el trabajo de análisis.

- (2) **Preservación progresiva de cuarto nivel:** Es la labor realizada en talleres especializados, que se dedican exclusivamente a la preservación de una actividad específica, que en nuestro caso puede ser de refrigeración y aire acondicionado, motores de combustión, motores eléctricos y otros.
- (3) **Preservación total o de quinto nivel:** Es cuando se tiene la necesidad de un trabajo de reparación grande, como puede ser de reconstrucción o modificación de un equipo, para lo cual se requiere de un taller especializado o el del fabricante, en donde se realizarán los trabajos de preservación en todas o en la mayor cantidad de partes de dicho equipo.

12.3 Mantenimiento

El mantenimiento pasa a ser una segunda rama de la conservación, en la cual se realizan los trabajos que son necesarios para proporcionar un servicio de calidad estipulada de nuestro equipo, por medio de los trabajos de estudio que tienen la tarea de buscar y reforzar aquellos eslabones más débiles de la cadena de servicios que forma la industria en donde actúa el mantenimiento preventivo y el correctivo.

12.3.1 Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que se desarrolla en los equipos de una empresa, con el fin de que la calidad de servicio continúe dentro de los límites establecidos, los cuales son programados a modo de dar el servicio a los equipos en un tiempo fuera de las horas de producción, en esta rama tenemos varias clasificaciones, entre las cuales tenemos:

- (1) **Mantenimiento preventivo predictivo:** Es un mantenimiento permanente de diagnóstico, que permite detectar con anticipación una posible falla, perdiendo de este modo la calidad de servicio de dicho equipo. Este tipo de control, se hace por medio de captadores y sensores, los cuales son instalados en lugares vitales, que se determinan por las especificaciones del fabricante y en base a la vida útil que el equipo puede proporcionar su servicio.
- (2) **Mantenimiento preventivo periódico:** Este es un mantenimiento de atención periódica, rutinaria, donde se aplica a los trabajos programados después de determinadas horas de servicio del equipo, para hacer pruebas y cambiar algunas partes por término de especificación de la vida útil del equipo o accesorios.
- (3) **Mantenimiento preventivo analítico:** Es un programa de visitas para inspeccionar, recopilar datos relativos al recurso y toma de lecturas resultantes, esto se basa en un análisis profundo de la información proporcionada por los captadores y sensores dispuestos en los sitios más convenientes y vitales de los recursos de la empresa.
- (4) **Mantenimiento preventivo progresivo:** Este tipo de mantenimiento consiste en atender un recurso en forma progresiva, buscando los tiempos ociosos para su atención, a modo de que el equipo no deje de proporcionar su servicio con una fiabilidad aceptable, hasta que esté sea recuperada totalmente.
- (5) **Mantenimiento preventivo técnico:** Este es una combinación de los criterios del mantenimiento periódico y progresivo, en donde el mantenimiento técnico atiende al recurso por partes, progresando los trabajos por fechas programadas y con la ayuda de el análisis recaudada por la información, que determina el grado de fiabilidad del dicho equipo, para poder diagnosticar el tiempo de falla del mismo,

en donde el mantenimiento técnico, trata de atender el recurso un poco antes de este tiempo estimado.

12.3.2 Mantenimiento correctivo

Son los trabajos que se desarrollan en los recursos físicos de la empresa, que son reparadas a consecuencia de una falla, afectando la calidad de servicio esperado, que incluso pueden llegar a afectar la productividad de la industria por el descuido que se le han dado a dichos equipos, entre los que podemos mencionar:

- (1) Mantenimiento correctivo contingente: Este se da cuando se realiza en forma inmediata por causa de una falla, obligándonos a actuar de forma emergente, para ello tenemos que estar preparados por medio de un plan que de solución a este tipo de contingencias, que nos ayude a recuperar la fiabilidad en el servicio del equipo y en el menor tiempo posible, aunque este trabajo sea de forma provisional para no afectar la producción.
- (2) Mantenimiento correctivo programable: En este tipo de mantenimiento se refieren a las actividades que se desarrollan en los equipos que nos proporcionan un servicio principal, los cuales por la experiencia adquirida y especificaciones del fabricante, se hace una programación para su atención.

12.4 Limpieza de panales de evaporadores

Cuando se halla terminado el período de trabajo de estos equipos, es conveniente apagar los sistemas, desmontar los motores de ventiladores y remover cualquier tipo de sólidos que puedan estar en los panales del evaporador, luego se procede a pasar por los panales un buen caudal de agua, para que este limpie las superficies del evaporador, tanto en la tubería como los serpentines y aletas, ya que estas son recaudadoras de

impregnación de lodos que aún en los cuartos fríos que son recintos que tienen una característica de un ambiente limpio, siempre se observa el desprendimiento de polvos y lodos que con el tiempo pueden aislar al evaporador haciendo que este se congele y evita el flujo de aire forzado de los mismos, haciendo que la unidad evaporativa baje enormemente su eficiencia en la transferencia de calor.

Figura 186 Evaporador en servicio de preservación

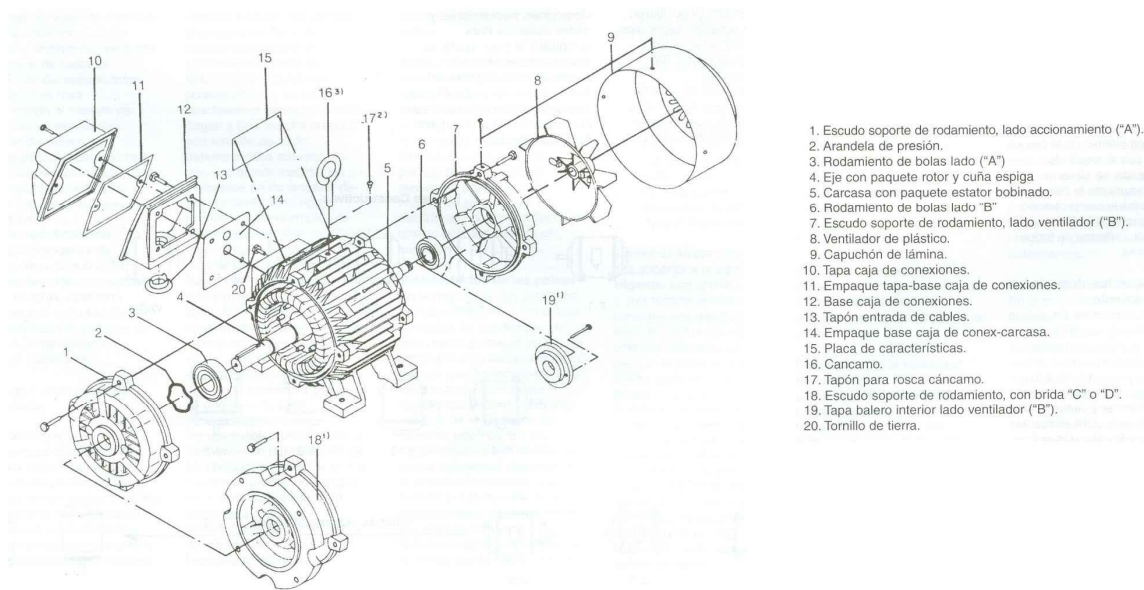


En la figura 186, podemos ver un evaporador al cual se le realizó una limpieza de los paneles, se está armando, a los motores se les practica un servicio de preservación, listos para otro periodo de trabajo continuo, quedando pendiente el montaje de sus aspas y arañas protectoras para poner en operación dicha unidad evaporadora. Para este servicio de preservación, no se recomienda usar agua a presión, porque esta tiende a doblar las aletas de los serpentines, obstruyendo el paso de aire cuando los evaporadores están en operación, haciendo que estos tengan una deficiencia en su calidad de servicio, mismo que no será por mal funcionamiento sino por pérdida de superficie que hace posible la transferencia de calor.

12.5 Mantenimiento a motores eléctricos

Cuando termina la temporada o las horas de servicio, se hace una programación de mantenimiento preventivo periódico, el cual consiste en desarmar los motores, para poder limpiar sus partes internas de impurezas, reforzando el aislamiento de los devanados del estator con un barniz dieléctrico o con epoxico RC, lijar los entrehierros del estator y rotor si se presenta una superficie con corrosión, al rotor se le inspeccionan los rodamientos los cuales se pueden limpiar y lubricar nuevamente o bien su reemplazo de estar estipulado en nuestro programa, con ello estamos guardando la calidad de servicio por otro periodo de tiempo de estos motores, remplazando algunas de sus partes y por ultimo procedemos al rearme mas una aplicación de pintura anticorrosivo para la preservación y estética del recurso (figura 187).

Figura 187 Partes de un motor eléctrico trifásico para su preservación



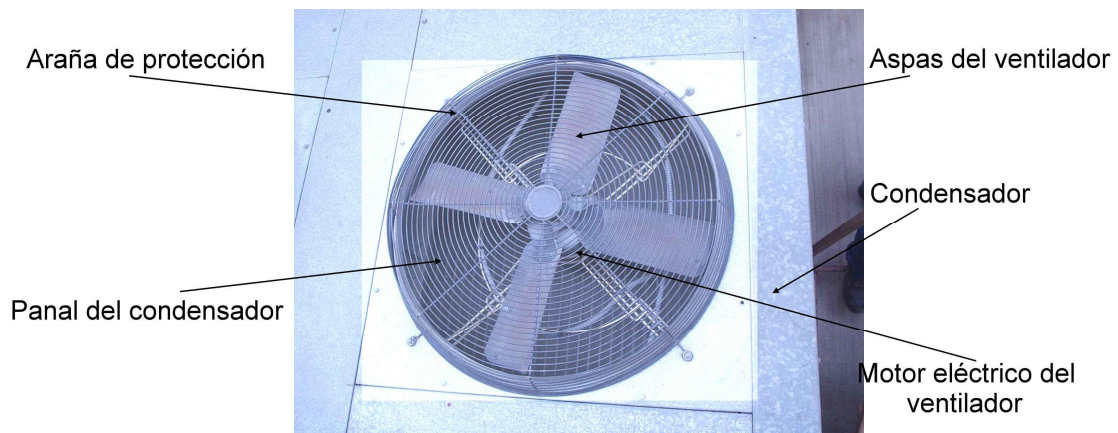
Fuente: Siemens, Catálogo General 2001. **MOTORES ELÉCTRICOS EN BAJA TENSIÓN.**

Pág. 44.

12.6 Limpieza y revisión de paneles de condensadores

Este trabajo es igual al tratamiento que se le da a los paneles del evaporador, el que consiste en desmontar arañas y ventiladores de la unidad condensadora, para luego proceder a pasar un caudal de agua con una manguera sin presión, para limpiar las superficies de los serpentines y aletas que forman los paneles de dicho condensador (figura 188).

Figura 188: Vista superior de una sección en una unidad condensadora de 6 ventiladores con una capacidad de 360,000 BTUH la cual cuenta con 2 compresores semi-herméticos de 25 hp cada uno.



Posteriormente se procede a inspeccionar los serpentines del condensador, ya que por la alta presión que se maneja, el refrigerante tiende a desgastar las superficies internas de la tubería, sobre todo en los accesorios que son los que cambian de dirección el flujo de refrigerante, esto quiere decir que los paneles tienen una vida promedio de alrededor de 4 a 5 años dándoles un buen servicio de preservación.

Para la reparación de estos condensadores, se tiene que sacar la unidad condensadora de operación, y mandarla a su servicio de mantenimiento correctivo a un

taller especializado en donde se comparará los costos entre reconstruir la actual unidad o de adquirir otra unidad nueva, a la que se le pueden instalar los mismos accesorios del antiguo equipo que puedan prestar una calidad de servicio requerido, decisión que se toma en cuenta en relación de los gastos de dicha reparación o en la adquisición de otra unidad nueva, con los accesorios necesarios para la recuperación de dicha unidad condensadora.

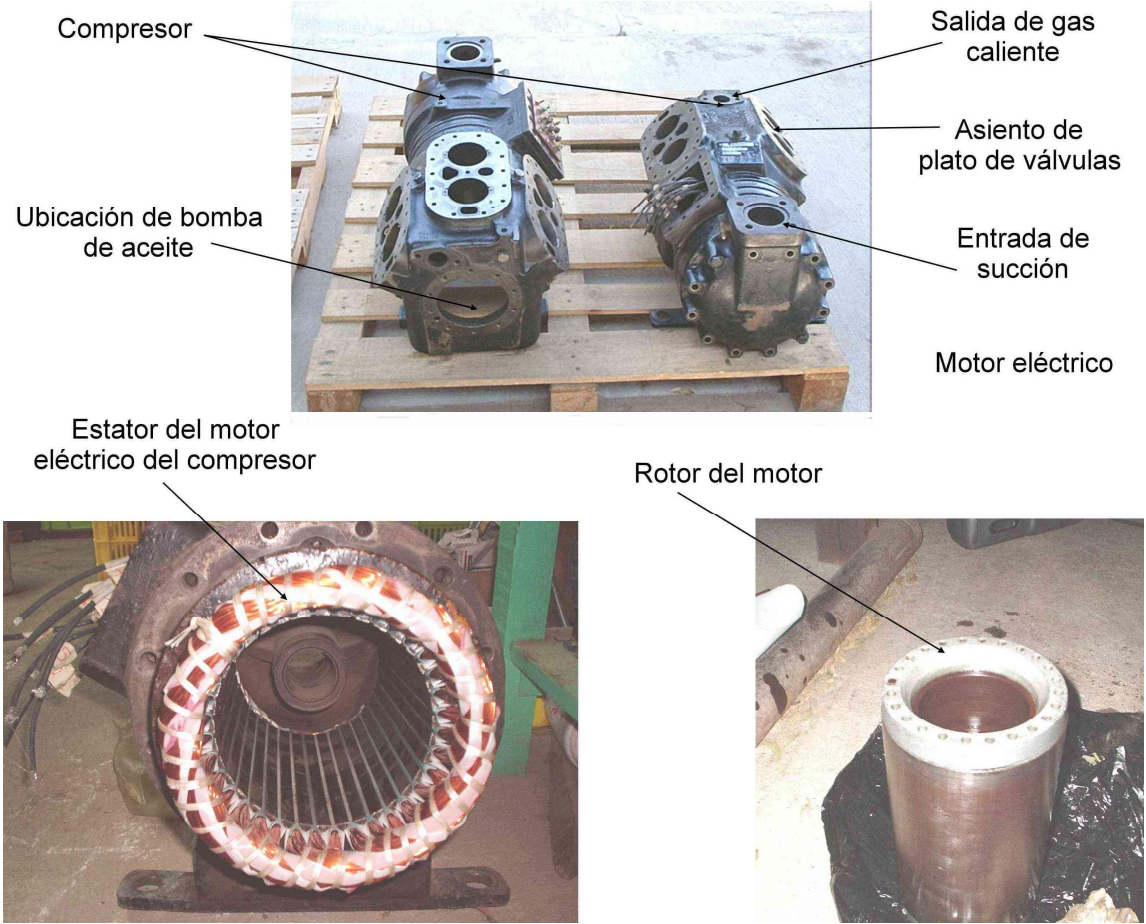
Por otra parte, el fabricante estipula una vida útil en horas de servicio y por la depreciación de este, es mas conveniente hacer su correspondiente reemplazo por una unidad nueva de igual capacidad, para no afectar las características de enfriamiento del recinto, el beneficio que se tiene, es que estaríamos a la vanguardia con los equipos que puedan tener nueva tecnología, haciendo posiblemente mas eficientes en producir lo mismo con menores costos de operación y con equipos mas fiables.

12.7 Mantenimiento de compresores

El compresor es parte de la unidad condensadora, como se vio en el capítulo uno de esta obra, son compresores semi-herméticos, los cuales son objeto de un mantenimiento preventivo predictivo y periódico, cuya condición física se puede diagnosticar por medio de pruebas de acidez de aceite del equipo y por los servicios de cambios de filtros de succión y líquido, también podemos determinar las condiciones dieléctricas de los devanados del motor eléctrico, como otras partes mecánicas del compresor, dándosele a éste un mantenimiento preventivo a modo de que el equipo cumpla con la vida útil del fabricante. Al cumplir con este periodo de tiempo, se incluye en un programa, la reconstrucción de dicho compresor que corresponde a un servicio de la conservación de preservación total, que resulta más económica que la adquisición de un compresor nuevo. Si al inspeccionar el equipo se ve que todavía presta una buena calidad de servicio, podemos hacer que dicha unidad trabaje una temporada mas para su overhaul o esperar su falla para ser reemplazada por la unidad en

stand by que se tenga disponible, con esto caemos en un mantenimiento de contingencia o programable según el caso que sé de, lo importante es de tener el conocimiento de que dicho compresor requiere prontamente una atención próxima o inmediata, para poner en aviso al personal correspondiente, y que ellos preparen el equipo, herramienta y repuestos en su intervención, para actuar en cualquier momento o al final de la temporada.

Figura 189 Partes de un compresor semihermético y de su motor eléctrico



Como se puede ver en la figura 189, el desarme de un compresor semihermético, es un trabajo que requiere de un tiempo prolongado, además de un equipo y herramienta especializada para su atención de preservación, ya que como mantenimiento solo podemos hacer el cambio de este por otra unidad de las mismas especificaciones técnicas o en caso de no tenerla no nos queda otra, que sacar temporalmente la unidad frigorífica, hasta que se logre reemplazar o recuperar el compresor caído, es aquí en donde se requiere de un departamento de conservación, para evitar este tipo de contingencias que provocan caídas en la calidad del producto, mas pérdidas en la producción, pues en si la conservación de los bienes de una industria, requiere de una administración completa en el manejo de costos, herramienta, recursos, y en el desarrollo constante del personal que labora en esta rama de la conservación, con lo que concluimos con una productividad en el mantenimiento industrial, dándole la atención que requiere a los equipos, cuyos operarios, son nuestro cliente, quienes nos sensan la fiabilidad de los diferentes equipos que se utilizan en diferentes dependencias, las cuales proporcionan una calidad de servicio que influye directamente en la calidad del producto que se produce.

12.8 Mantenimiento de refrigerantes

Algunas características de los refrigerantes afectan la operación o mantenimiento del sistema frigorífico, entre las cuales ponemos mencionar:

- (1) Estabilidad química: Un refrigerante debe ser químicamente estable, esto quiere decir de que no se descomponga dentro de la gama de temperaturas a que se ve expuesto en el sistema. La descomposición puede dar como resultado la producción de contaminantes, tales como ácidos, sedimentos o gases no condensables.

- (2) **Inactividad química:** Un refrigerante no debe reaccionar químicamente con ninguno de los materiales con los que pueda tener contacto en el sistema. Por ejemplo, el amoníaco reacciona con el cobre y lo disuelve, como los refrigerantes hidrocarburos disuelven al hule, es preciso utilizar otros materiales para las juntas y empaquetaduras. Los refrigerantes halocarburos son causa del deterioro de algunos plásticos, pero no de otros.
- (3) **Efecto en los lubricantes:** Un refrigerante no debe reducir la calidad lubricante del aceite utilizado en la refrigeración, ni física ni químicamente. La miscibilidad entre el refrigerante y el aceite es conveniente hasta el grado en que el aceite sea llevado a las partes sujetas a desgaste, pero no tanto que haga inefectiva la lubricación.
- (4) **Tendencia a las fugas:** Es conveniente que la tendencia a las fugas en el sistema sea mínima, desde el punto de vista del costo y a veces de seguridad. Por supuesto, las presiones altas ocasionan que aumenten las fugas. Por lo general, los refrigerantes que poseen pesos moleculares bajos, se escapan con mayor facilidad. El amoníaco, que tiene uno de los pesos moleculares más bajos, tiene una gran tendencia a desarrollar fugas.
- (5) **Facilidad para detectar fugas:** Es conveniente que las fugas del refrigerante se puedan detectar fácilmente, de manera que la pérdida del mismo sea mínima. Los métodos utilizados para la detección e fugas dependen de las propiedades del refrigerante, como se detalló en el capítulo de tuberías.

12.9 Carga de refrigerante

Para unidades ya en operación, que por razones de fugas no detectadas y que el sistema se conserva seco libre de humedad, se procede a cargar refrigerante al sistema a

modo que esta llegue a la presión de condensado requerida en el equipo, corroborando dicha carga en el visor de líquido en donde si se ven burbujas, son indicativo de la falta de refrigerante en el sistema, hasta que se minimicen o se extingan dichas burbujas del visor, indicándonos que el sistema cuenta con una carga adecuada de refrigerante.

En este tipo de unidades que cada cierto tiempo requieren de una carga adicional de refrigerante, es indicativo claro de que el sistema tiene fugas, las cuales deben de ser reparadas lo mas pronto posible, para evitar elevados costos por refrigerantes adicionales y por la destrucción de la capa de ozono que dichos refrigerantes CHClF producen, donde el personal de conservación debe de tener el conocimiento y conciencia para evitar las fugas de refrigerante, poniendo mas atención a la construcción de las tuberías de succión y sobre todo a las de líquido que son las mas propensas a fugas por la alta presión que se maneja.

12.10 Cambio de aceite y filtros secadores

Este se puede programar en base a una prueba de acidez de aceite, actividad que se toma como parte de un mantenimiento preventivo, el cual consiste en la mezcla de dos soluciones químicas que se le agrega a una onza de aceite del compresor, el cual al agitarlo, la mezcla cambia de tonalidad cuyo significado de este color es:

- (1) Color oro, indica que el aceite esta bueno
- (2) Color gris, indica que el aceite esta regular y
- (3) Color púrpura, indica que es necesario efectuar el cambio de aceite.

Para realizar el cambio de aceite, se procede a cerrar las válvulas de salida del acumulador de líquido y recoger el refrigerante que quede en las líneas de líquido y

succión con el mismo compresor, luego se procede a cerrar la válvula de servicio de gas caliente en el compresor.

Posteriormente, se utiliza una recuperadora de refrigerante para evacuar el refrigerante remanente en la tubería evitando entrada de humedad a la tubería, terminado esto, cerramos la válvula de servicio de succión del compresor y se abre el drenaje del mismo para la evacuación del aceite viejo al igual que el del control de nivel de aceite, dicho aceite debe ser medido para alistar su reemplazo o el que el fabricante especifique.

Enseguida cerramos el drenaje, observando que el sello de asbesto graficado del tapón del drenaje del compresor este en optimas condiciones o en su defecto buscar su reemplazo. Según las onzas de aceite que se necesitan para el llenado del sistema de control de nivel de aceite, debemos de agregas las onzas que se requieren como deposito en carter del compresor, el cual se carga al sistema mediante una bomba de pistón, llevando el nivel a 5/8 del visor del compresor, luego hacemos un vacío al compresor para poner en marcha el equipo nuevamente, abriendo las válvulas de servicio de gas caliente, de succión y la de salida del acumulador de líquido, para que el compresor arranque y que el aceite se valla distribuyendo en las partes vitales del compresor para su lubricación, con ello veremos que el nivel de aceite no exceda de 1/4 del visor de nivel de aceite en el compresor, el resto de aceite se aplica directamente al deposito del control de nivel de aceite, para que este pueda cumplir con la demanda de aceite que los compresores requieren para su operación, vigilando por un tiempo de que el sistema de control de nivel de aceite junto a la recuperadora de aceite, estén realizando su trabajo, dejando al cuidado del equipo al presostato de aceite de cada uno de los compresores en operación, los cuales apagaran dicho compresor al detectar una deficiencia de presión en la bomba de aceite.

Para el cambio de filtros, cuando son unidades nuevas, se recomienda el cambio a las primeras 24 a 48 horas de servicio del sistema, con el propósito de recoger todo tipo

de impurezas que se hallan producido durante la instalación de los equipos y de ser posible hacer el cambio del sistema de filtros sellados por los de porta cartuchos, los cuales se definieron en el capítulo anterior.

Para proceder al cambio de filtro, primero cerramos la válvula de salida de líquido del receptor de líquido, para recoger el refrigerante con el compresor, luego recuperar el refrigerante remanente de las tuberías y cerramos las válvulas de línea de líquido y succión, con ello ya podemos abrir los portafiltros de ambas líneas y reemplazar los filtros cartuchos correspondientes para cada una de las líneas, terminado esto cerramos las tapaderas de los portafiltros y aseguramos una buena hermeticidad en ellos.

Teniendo la certeza de haber hecho un buen trabajo , procedemos a hacer un vacío a la tubería expuesta la cual incluye a los portafiltros abiertos, observando que no se tenga una ganancia en la presión de vacío por un tiempo de 30 a 60 minutos como mínimo y revisamos la condición del visor de líquido, el cual nos indicará si la línea se encuentra libre de humedad, si la presión de vacío se mantiene, es indicativo de que los portafiltros fueron bien cerrados y procedemos a abrir la válvula de succión y después la válvula de líquido, para que el sistema empiece a trabajar normalmente, con ello estamos seguros que nuestro equipo cuenta con una fiabilidad de un periodo determinado con un servicio esperado de las unidades frigoríficas.

13 SEGURIDAD INDUSTRIAL EN ÁREAS REFRIGERADAS

A continuación se verá el manejo y cuidados que se deben de guardar, al utilizar diversos tipos de equipos e insumos en refrigeración, con el propósito de evitar al máximo cualquier tipo de accidente industrial.

Antes de hacer uso de cualquier tipo de equipo, se debe contar con un manual de operación del mismo, para obtener de él la información necesaria para su manejo, tanto en su operación como la que está requiere para la seguridad del operador y del cuidado de las instalaciones industriales.

La seguridad es una responsabilidad continua, tanto de los operadores como del encargado de conservación, que será el que inspecciona el equipo o parte de este, reemplazando todo equipo que ya no cumpla con sus requerimientos, con ello disminuimos los accidentes que se puedan dar en una industria, no solo con la adquisición de este tipo de equipo o accesorios de seguridad, sino también con una adecuada capacitación del personal, para que hagan un uso adecuado del equipo a utilizar.

13.1 Uso del equipo de oxiacetileno SOA

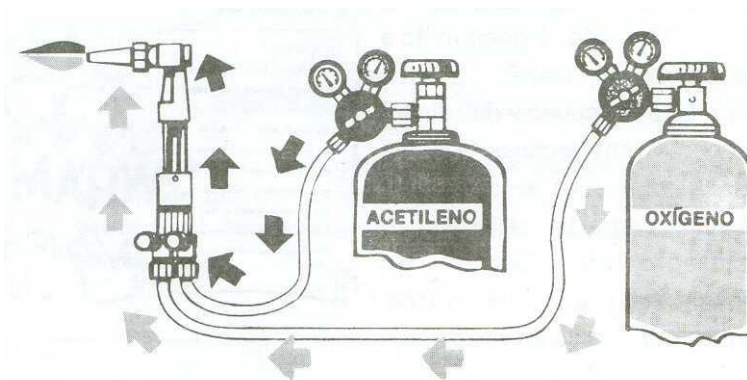
En refrigeración, el equipo que puede ser el protagonista de un accidente, es el equipo de soldadura oxiacetilénica, el cual consiste en un cilindro de oxígeno y uno de acetileno, lo que forma dos de los tres elementos del triángulo del fuego, cuyo elemento faltante sería el de la ignición, el cual se puede producir por la caída de una herramienta que produzca una chispa o algún otro material abrasivo que genere calor.

Figura 190 Elementos que conforman el triángulo del fuego



Estos tres elementos juntos forman el fuego (figura 190), por medio de un combustible, el oxígeno y la ignición. Dos de estos elementos no arderán, se requiere de los tres elementos para la combustión. De tenerse una fuga de oxígeno y acetileno, los cuales lleguen a mezclarse por no cerrar bien las válvulas del maneral, se corre el riesgo de un incendio, que puede producir lesiones por quemaduras de 3er grado, pues hay que tener presente de que estos gases llegan a alcanzar temperaturas de 3300 °C.

Figura 191 Uso correcto del equipo de oxiacetileno

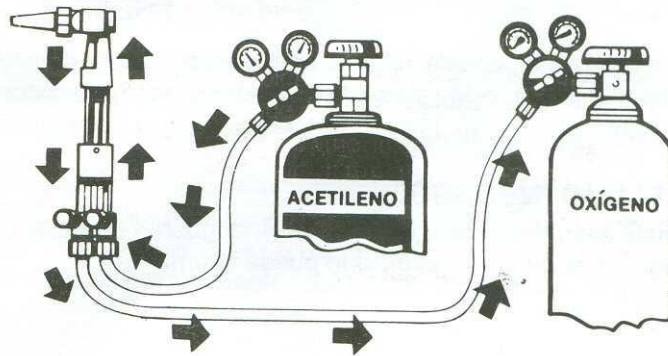


Fuente: HARRIS Accidentes industriales con sopletes, mangueras, reguladores. CAUSAS Y REMEDIOS Pág. 4.

El uso correcto de este equipo, consiste en el suministro del oxígeno y acetileno de una forma constante y separadas, los cuales viajan de sus respectivos cilindros a través de sus reguladores y mangueras, llegando al soplete el cual tiene un diseño especial para la mezcla de estos gases sin peligro de que uno de estos retorne en vía contraria gracias a las válvulas antiretorno como se observa en la figura 191, en donde ambos gases se mezclan al final del maneral para su uso en la soldadura.

El 90% de los accidentes industriales, ocurren por el equipo de oxiacetileno, en donde se origina un flujo inverso de uno de los gases en mención, provocando una mezcla de gas combustible con oxígeno que quedan encerradas dentro de las mangueras, reguladores y por ultimo en los cilindros. El flujo inverso puede darse cuando el cilindro de oxígeno en uso se vacía antes que el de acetileno y encontramos la válvula de oxígeno abierta en el maneral, entonces el acetileno fluye inversamente al regulador de oxígeno, que con el mas mínimo roce de alguna llave, puede darse una ignición, haciendo posible que el regulador explote como se ve en la figura 192.

Figura 192 Caso en el que se puede provocar una explosión por un flujo inverso

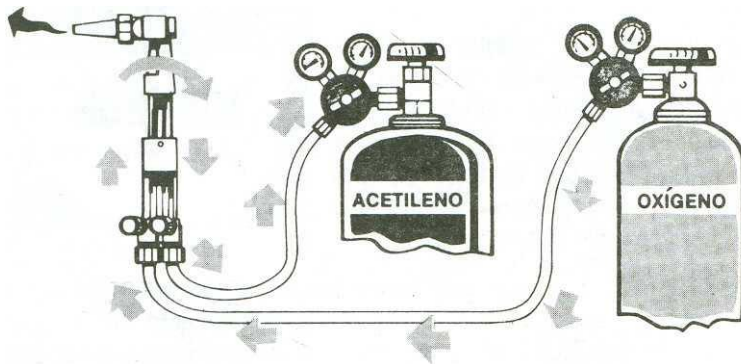


Fuente: HARRIS Accidentes industriales con sopletes, mangueras, reguladores. **CAUSAS Y REMEDIOS** Pág. 6.

Cuando el operador cierra ambas válvulas de los cilindros al terminar sus labores y luego abre las válvulas del maneral para dejar sin presión las mangueras, el acetileno por

ser el gas de mas baja presión se evacua primero, permitiendo que el oxígeno fluya inversamente hacia la manguera y regulador de acetileno, lista para la ignición que puede ocasionar la explosión del regulador como se observa en la figura 193.

Figura 193 Caso de que se puede dar la explosión del regulador al cierre de las válvulas



Fuente: HARRIS
Accidentes industriales con
sopletes, mangueras,
reguladores. **CAUSAS Y
REMEDIOS** Pág. 6.

Cuando el operador abre las válvulas del soplete y trata de encender los gases a la vez, lo cual es mala práctica, en esta situación fluye mas oxígeno del que puede pasar por la boquilla, haciendo que el oxígeno fluya por la línea de acetileno hasta que este llegue al regulador, cuando la flama llegase a encender, la misma puede retornar hacia el regulador del cilindro de acetileno haciendo que este explote con todo y cilindro, lo cual sin duda alguna, provocará una explosión en cadena de gran proporción (figura 194).

Figura 194 Caso en el que se puede provocar una incendio de grandes proporciones



Fuente: HARRIS
Accidentes industriales con
sopletes, mangueras,
reguladores. **CAUSAS Y
REMEDIOS** Pág. 6.

Lo recomendable es quitar los tapones de los cilindros de oxígeno y acetileno, colocar los manómetros reductores correspondientes a la presión de trabajo que puede ser de unas 5 psi, según sea el tipo de soldadura a efectuar, cuando se desea encender la flama, procedemos a abrir la válvula de aguja de acetileno del maneral y con la ayuda de un elemento de ignición, la flama encenderá por la presencia del oxígeno del ambiente cuya proporción es del 21%, luego se abre la válvula de oxígeno de una forma gradual a modo de obtener una llama neutra en la magnitud deseada de acuerdo a la boquilla a utilizar, con esto evitamos un consumo excesivo del oxígeno que nos pueda provocar un flujo inverso como el expuesto en el párrafo anterior.

Cuando se termine de utilizar este equipo, se procede a cerrar la válvula de acetileno y luego la del oxígeno, quedando el equipo listo para utilizarse nuevamente, en el caso de que se pretenda guardarse, debemos de cerrar las válvulas de los cilindros y abrir la válvula aguja de acetileno del maneral, cuando ya no hay flujo se cierra de nuevo, abriendo la válvula aguja de oxígeno del maneral, para que este barra con el acetileno remanente dentro del maneral y boquilla, hecho esto se cierra la válvula aguja de oxígeno del maneral y procedemos a guardar el equipo para otro día de trabajo, no es necesario desmontar mangueras y manómetros reductores de este equipo a no ser que este se vaya a transportar a otras instalaciones.

Del los manómetros reductores, se debe de tener mucho cuidado en la manipulación de los cilindros, ya que en el caso del oxígeno, se tiene el gas comprimido a una presión de 140 kg/cm^2 que vienen siendo unas 2000 psi, el cual sí se abre rápidamente, se incurre en un incremento de calor por la recompresión del oxígeno que puede llegar a alcanzar una temperatura de 1000°C , la cual es suficiente para la ignición por calor de presión, teniendo de esta forma dos elementos presentes pendiente del tercero que un combustible, el cual se puede obtener del mismo operador cuando este manipula el equipo con las manos impregnadas de grasa, aceite o equivalente, formando con ello el triángulo de fuego, lo que puede provocar con mucha seguridad una fuerte

explosión. Para evitar este tipo de accidentes, podemos considerar varias recomendaciones a modo de inculcar buenas costumbres para el buen manejo del equipo SOA.

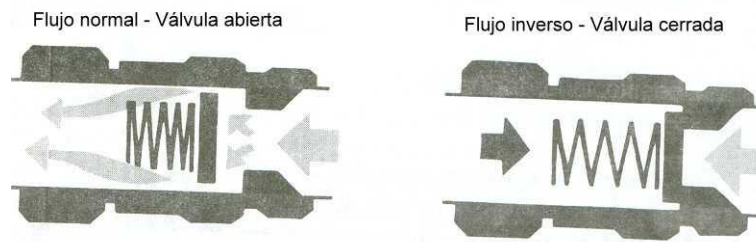
- (1) El cilindro de oxígeno nunca debe ser vaciado completamente, se debe considerar vacío cuando la presión sea de 3.5 kg/cm^2 aproximadamente, ya que el mismo ya no puede suministrar un gasto constante de oxígeno.
- (2) El operador debe siempre purgar independientemente las mangueras antes de encender el soplete, para evacuar cualquier mezcla de oxígeno y combustible que pueda estar presente.
- (3) El operador nunca debe de encender ambos gases a la vez, solo el equipo universal que cuenta con un diseño para evitar el flujo inverso a no ser que la boquilla este obstruida.
- (4) En caso de las boquillas obstruidas, hay que revisarlas antes de usarlas en el equipo, ya que si la boquilla del soplete está obstruida, el gas de más alta presión tiende a retornar hacia la línea de baja presión.

Todo tipo de accidente que se expuso anteriormente, es latente en todo equipo SOA que no cuente con válvulas retenedoras de gas o por desperfecto de las mismas.

Las válvulas retenedoras de gas van instaladas en los niples de entrada del maneral del soplete y en la salida de los manómetros reductores (reguladores), ambos tienen el trabajo de impedir el retorno de gas en sentido contrario a su instalación, haciendo posible una mayor vida de servicio de este equipo. Estas válvulas retenedoras, se abren al máximo con solamente cuatro onzas de presión, siendo sensibles al flujo inverso, que dado el caso las válvulas de retención se cierran instantáneamente con solamente 10

onzas de presión inversa (figura 195). Estas válvulas retenedoras, tienen un servicio confiable de 5 años, por lo que su instalación es independiente del maneral y regulador que pueden darnos un servicio mas prolongado.

Figura 195 Válvulas retenedoras de flujo inverso



A pesar que las válvulas retenedoras de gas son aprobadas por la UL (Underwriters Laboratory), hay que tener el cuidado de revisarlas cada 6 meses, ya que estas pueden acortar su vida de servicio por un uso descuidado, exceso de suciedad y por el abuso de su capacidad, cuyos operadores deben de trabajar sin que tengan aceite u otro combustible cercano al área de trabajo ya que esto representa un peligro de explosión.

13.2 Clasificación de refrigerantes en grupos de seguridad

Los refrigerantes mas utilizados en sistemas de refrigeración electro-automática, son el R-12, R-22 y R-502. En la actualidad existen una gran variedad de refrigerantes, los cuales son separados por tres grupos de seguridad que se da por el grado de toxicidad e inflamabilidad de cada uno de ellos, entre los cuales podemos citar:

- (1) Toxicidad: Término que indica cuándo un refrigerante resulta ser una toxina o un veneno para el ser humano. Muchos refrigerantes no son tóxicos, pero si son asfixiantes, razón por la cual se deben tomar medidas de seguridad en su operación y mantenimiento, puesto que el refrigerante sustituye el oxígeno del área de trabajo en caso de fugas, para lo que se requiere de un adecuado diseño en

la instalación de estos equipos, en lugares que llenen las expectativas del fabricante, entre ellas una buena ventilación tanto para el equipo como para los trabajadores.

- (2) **Inflamabilidad:** Esto se entiende al grado en que una sustancia puede quemarse con la combinación de oxígeno y una llama, cerrando de esta forma el triángulo de fuego, el cual hace posible un riesgo de incendio y en algunos refrigerantes según un porcentaje de estos del orden del 3.5 en volumen pueden ser explosivos.

El código de seguridad de la ANSI (American National Standards Institute), para refrigeración mecánica (Safety Code for Mechanical Refrigeration), clasifica los refrigerantes en tres grupos en lo que se refiere a la seguridad en su manejo en función de su toxicidad e inflamabilidad en:

- (1) **Grupo I:** Son los refrigerantes de alta seguridad, en donde se incluyen los halocarburos, los cuales no se les considera tóxicos ni inflamables, por lo que se recomiendan para sistemas de aire acondicionados de edificios, sin embargo también se requiere de una norma de ventilación.
- (2) **Grupo II:** Son los refrigerantes de media seguridad, en el cual podemos incluir el amoníaco, ya que este posee una toxicidad como característica dominante y también puede ser inflamable o explosivo a un cierto % de volumen, razón por la cual no pueden ser utilizados en sistemas de aire acondicionado, solo para uso industrial cuyo equipo debe ser instalado a la intemperie con una buena ventilación.
- (3) **Grupo III:** Son los refrigerantes de baja seguridad, puesto que generalmente estos son combustibles, lo cual les da la característica de ser los más peligrosos a

pesar de que generalmente no son tóxicos, algunos de ellos se permiten para usos industriales, pero bajo reglamentos especiales para su empleo.

Tabla L Clasificación de los refrigerantes en tres grupos de seguridad

Grupo	Denominación simbólica numérica	Nombre químico común	Fórmula química	Punto de ebullición °C
GRUPO I ALTA SEGURIDAD	R-11	Tricloromonofluorometano	CCL_3F	23.8
	R-12	Diclorodifluorometano	CCL_2F_2	-29.8
	R-13	Monoclorotrifluorometano	CClF_3	-81.5
	R-13B1	Monobromotrifluorometano	CBrF_3	-58
	R-21	Dicloromonofluorometano	CHCl_2F	8.92
	R-22	Monoclorodifluorometano	CHClF_2	-40.8
	R-113	Triclorotrifluoroetano	$\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$	47.7
	R-114	Diclorotetrafluoroetano	$\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$	3.5
	R-115	Monocloropentafluoroetano	C_2ClF_5	-38.7
	R-C318	Octafluorociclobutano	C_4F_8	-5.9
	R-500	R-12 (43.8%) mas R-152 (26.2%).	$\text{CCl}_2\text{F}_2/\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$	-28
	R-502	R-22 (48.8%) mas R-115 (51.2%).	$\text{CHClF}_2/\text{C}_2\text{ClF}_5$	-45.6
	R-744	Anhídrido carbónico	CO_2	-78.5
GRUPO II MEDIA SEGURIDAD	R-717	amoníaco	NH_3	-33.3
	R-30	Diclorometano (Cloruro de metileno)	CH_2Cl_2	40.1
	R-40	Cloruro de Metilo	CH_3Cl	-24
	R-611	Formato de Metilo	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	31.2
	R-764	Anhídrido Sulfuroso	SO_2	-10
	R-160	Cloruro de Etilo	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	12.5
	R-1130	Dicloroetileno	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$	48.5
GRUPO III BAJA SEGURIDAD	R-170	Etano	C_2H_6	-88.6
	R-290	Propano	C_3H_8	-42.8
	R-600	Butano	C_4H_{10}	0.5
	R-601	Isobutano	$(\text{CH}_3)_3\text{CH}$	-10.2
	R-1150	Etileno	C_2H_4	-103.7

Fuente: Creus, José Alarcón. **TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA. Pág. 38.**

Algunos de estos refrigerantes como los de la tabla L, vienen clasificados por la UL (Underwriters Laboratories), con una escala del 1 al 6 para fines de seguridad, en donde el grupo 6 es el mas seguro.

Otro de los factores que se deben de considerar en los refrigerantes, es que pueden causar sequedad, irritación de la piel, quemaduras en el caso de que un refrigerante tenga un punto de ebullición de 32 °F o menos y la muerte por una larga permanencia en los vapores de refrigerantes que causan trastornos cardiacos y asfixia.

13.3 Delimitación de áreas

13.3.1 Maquinaria de alto riesgo

Se considera una maquinaria de alto riesgo, la que puede atrapar parte o una extremidad de alguna persona pudiendo producir la separación de está. La señalización debe comprender varios niveles, en el suelo se delimitará la separación de operarios por medio de una franja amarilla alrededor de dicho equipo, las partes mecánicas que producen el riesgo, deben de contar con su respectiva pantalla protectora o protector, así mismo debe de contarse con las respectivas señales en lugares visibles para que el operador y los transeúntes miren la prevención de riesgos y uso de equipo de protección personal.

13.3.2 Maquinaria de mediano riesgo

El riesgo de atrapar parte de una extremidades es menor, pero este tipo de equipo produce desprendimiento de partículas que pueden afectar las vías respiratorias, ojos, nariz y otros, la delimitación de la distancia prudencial se hará en el perímetro recomendado para el equipo con una franja de color amarillo, así como las señales para

prevención de riesgos y para el uso de equipo de protección personal que en esta caso será un poco mayor al del caso anterior.

13.3.3 Maquinaria de riesgos menores

En este tipo de equipo, el riesgo de prensar o atrapar parte de una extremidad es casi nulo, sin embargo, existe un alto riesgo por el desprendimiento de partículas, que en muchos casos van a alta temperatura, afectando ojos, nariz, oídos, vías respiratorias y otros, en este caso el equipo de protección personal debe ser muy especializado, es decir debe poseer buenas resistencia al desgaste, a impactos, brindar comodidad y con un diseño ergonómico bastante bueno.

13.4 Señalización

La señalización debe de colocarse en lugares visibles, tanto para operadores como para transeúntes, las cuales deben de ser construidas en materiales resistentes a impactos, abrasión, desgaste y corrosión, estos materiales pueden ser PVC o Polyhigh, dichas señales se prefieren de un fondo blanco y su simbología y rótulos en colores contrastantes para una mejor visibilidad, claridad de lectura y comprensión. Entre las cuales podemos mencionar:

- (1) Riesgo de choque eléctrico
- (2) Uso de equipo de protección personal de acuerdo al área y trabajo a realizar.
- (3) Riesgo de sordera parcial o total por niveles de ruido elevado.
- (4) Riesgo por transmisión de vibraciones a operadores y personal de mantenimiento que pueden afectar el cuerpo.
- (5) Riesgo de incendios
- (6) Localización de extintores
- (7) Localización de tomas de agua

- (8) Identificación de riesgos en maquinaria y equipo
- (9) Entradas y salidas de emergencia
- (10) Tuberías
- (11) Almacenamiento de equipo de protección personal
- (12) Almacenamiento de herramienta y equipo
- (13) Almacenamiento de gases
- (14) Luces de emergencia
- (15) Manipulación de gases
- (16) Áreas restringidas
- (17) Hidrantes

13.4.1 Señalización de vehículos

Las rutas por donde circulan los vehículos, deben de estar bien delimitada considerando la anchura del vehículo, capacidad de giro, velocidad, peso del vehículo, capacidad de carga y otros, los cuales deben estar equipados con luces y sirenas de advertencia de paso, las vías deben de tener escrito el nombre del vehículo que transita por ellas en forma exclusiva y en número de ellos, en el recorrido deben existir señales de prevención de riesgos.

13.4.2 Señalización peatonal

Las vías peatonales deben estar especificadas con rótulos que identifiquen exclusivamente el paso peatonal, estos deben de contar con señales para prevención de riesgos, estas vías pueden colocarse a la par de las vías de circulación de vehículos dentro de la empresa en el peor de los casos, lo mejor es delimitarlas lo más lejos posible de las vías de circulación de vehículos si la distribución física de la planta lo permite, los cruces de vehículos sobre las vías peatonales, deben estar pintadas con franjas transversales inclinadas y deben tener en ambos lados señales de prevención de riesgos.

13.5 Localización dispositivos de seguridad

La señalización debe de estar ubicada en un lugar de fácil acceso, visible y lo menos expuesta a elementos que minimicen su deterioro al igual que el dispositivo de seguridad en mención, las cuales deben de estar bien fijada a la columna, pared o panel y no debe de estar al alcance de cualquier persona no autorizada, entre los que se puede mencionar:

13.5.1 Hidrantes

Estos no deben ubicarse al alcance de cualquier persona, deben resguardarse de posibles golpes de vehículos o por la manipulación de objetos grandes figura 196. Su ubicación es estratégica, cerca de los posibles focos de incendio del área a proteger, la cual se estipula por la longitud de la manguera, del alcance del chorro de agua y el acceso a los lugares donde se quiere sofocar el fuego.

Figura 196 Hidrante con su respectiva manguera



13.5.2 Extintores

Los extintores se ubican cerca de los posibles productos de fuego, lejos del alcance de las llamas o calor excesivo, pero de fácil acceso y manipulación, junto con el extintor

debe de colocarse su respectiva señalización, debe de revisarse su nivel de carga, sus marchamos, sujetadores de pared, manguera, limpieza y cuyo estado físico debe ser aceptable con su respectiva identificación para el tipo de incendio que dicho extintor puede sofocar.

Como todos sabemos no existe un solo tipo de extinguidor para todo tipo de fuego, es por eso que existe una clasificación de extinguidores.

- (1) Extinguidores para fuego clase "A":
- (2) Extinguidores para fuego clase "B".
- (3) Extinguidores para fuego clase "C".
- (4) Extinguidores para fuego clase "D".

13.5.2.1 Extinguidores para fuego clase "A".

Con los que podemos apagar todo fuego de combustible común, enfriando el material por debajo de su temperatura de ignición y remojando las fibras para evitar la reignición. Use agua presurizada, espuma o extinguidores de químico seco de uso múltiple. NO UTILICE. Dióxido de Carbono o extinguidores comunes de químicos secos con los fuegos de clase "A".

13.5.2.2 Extinguidores para fuego clase "B".

Con los que podemos apagar todo fuego de líquidos inflamables, grasas o gases, removiendo el oxígeno, evitando que los vapores alcancen la fuente de ignición o impidiendo la reacción química en cadena. La espuma, el Dióxido de Carbono, el químico seco común y los extinguidores de uso múltiple de químico seco y de halon, se pueden utilizar para combatir fuegos clase "B".

13.5.2.3 Extinguidores para fuego clase "C"

Con los que podemos apagar todo fuego relacionado con equipos eléctricos energizados, utilizando un agente extinguidor que no conduzca la corriente eléctrica. El Dióxido de Carbono, el químico seco común, los extinguidores de fuego de halon y de químico seco de uso múltiple, pueden ser utilizados para combatir fuegos clase "C". NO UTILIZAR, los extinguidores de agua para combatir fuegos en los equipos energizados.

13.5.2.4 Extinguidores para fuegos clase "D"

Con los que podemos apagar todo tipo de fuego con metales, como el Magnesio, el Titanio, el Potasio y el Sodio, con agentes extinguidores de polvo seco, especialmente diseñados para estos materiales. En la mayoría de los casos, estos absorben el calor del material enfriándolo por debajo de su temperatura de ignición.

Los extinguidores químicos de uso múltiple (figura 197), dejan un residuo que puede ser dañino para los equipos delicados, tales como las computadoras u otros equipos electrónicos. Los extinguidores de Dióxido de Carbono de halon, se prefieren en estos casos, pues dejan una menor cantidad de residuo.

Figura 197 Diferentes tipos de extintores en cuya placa se identifica el tipo de fuego a sofocar



Todas las categorías están indicadas en la placa de identificación del extinguidor, algunos extinguidores están marcados con categorías múltiples, como AB, BC, y ABC, esto significa que estos extinguidores pueden apagar mas de una clase de fuego, en la figura 198 se puede ver los diferentes tipos de fuego en forma grafica.

Figura 198 Visualización del tipo de fuego que un extintor puede sofocar



- (1) Los extinguidores de clase "A" y clase "B", incluyen una categoría numérica que indica la magnitud de fuego que una persona con experiencia puede apagar con seguridad, utilizando dicho extinguidor.
- (2) Los extinguidores clase "C", tienen únicamente una letra que indica que el agente extinguidor no conduce la corriente eléctrica. Los extinguidores de clase "C", también deben estar marcados con avisos para la clase "A" o "B".
- (3) Los extinguidores de clase "D" incluyen solo una letra que indica su efectividad con ciertas cantidades de metales específicos.

13.6 Equipo de protección personal o de seguridad

El equipo de protección se almacena de acuerdo al área y tipo de trabajo en gabinetes, este equipo debe monitorearse por medio de una ficha de control, donde se pueda evaluar su deterioro por uso, para un posterior reemplazo, pueden utilizarse distintivo por medio de colores en equipos similares.

Aun contando con el equipo de seguridad para las instalaciones como extintores, señalizaciones, delimitación de áreas para el manejo de determinados insumos que son utilizados para la conservación de la maquinaria de refrigeración, también es necesario hacer un esfuerzo mas en pro de la seguridad, modificando o proveer al personal de un equipo de protección, para hacer imposible que hechos no deseados se produzcan, en ocasiones es necesario, por razones económicas o de conveniencia, salvaguardar al personal, equipando a éste en forma individual con equipo protector personal especializado.

Se reconocerá que el uso del equipo protector personal es una consideración importante y necesaria en el desarrollo de un programa de seguridad. Sin embargo, como hasta cierto punto es necesario depender del equipo protector personal, en ocasiones existe la tentación de emplearlo sin intentar previamente una investigación en forma escrupulosa. Otro problema que se puede presentar es que cuando se suministra de equipo de protección al personal, este no está muy de acuerdo, cuyos trabajadores no ven con gusto este equipo por su incomodidad, por lo que hay que indicarle el uso correcto de estos dispositivos de protección personal, ya que en consecuencia este equipo puede ser alterado por sus usuarios, tratando de obtener un ajuste mas satisfactorio, alterando su diseño y en consecuencia se puede traducir en un empeoramiento de la efectividad del equipo de protección.

Como resultado no se obtienen la protección máxima que el equipo podría suministrar, pero por otro lado, se llegará a tener la eficacia productiva y la moral de los trabajadores, será mayor cuando con el tiempo el ambiente ha sido corregido y ellos sabrán lo necesario que es portar equipo de protección aun cuando este sea poco cómodo, sabiéndose que es una necesidad y no una obligación el de portar este tipo de equipo ya que les brindara una seguridad adicional a su persona como a la productividad de la empresa, la cual pasa a ser parte de responsabilidad de cada uno de los trabajadores.

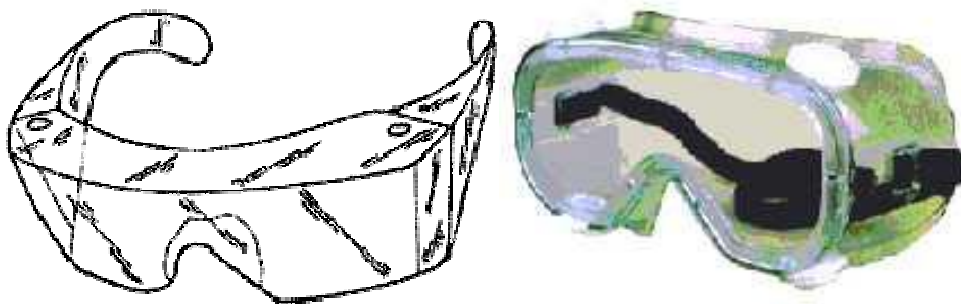
13.6.1 Protección de los ojos

Se cuenta con equipo específico para la protección contra la posibilidad que los ojos sean golpeados por objetos duros y pequeños, expuestos a vapores irritantes, rociados con líquidos irritantes, irritados por la exposición a la energía radiante, tal como los rayos ultravioleta producidos por el arco eléctrico que se produce en operaciones de soldadura eléctrica.

13.6.1.1 Anteosjos o gafa de tapadera

Cubierta de plástico transparente (figura 199), que queda situada a una cierta distancia de los ojos permitiendo así al usuario el empleo de gafas correctoras, o filtros, por debajo de la protección; resistentes al impacto y a la erosión, adecuadas para el trabajo en madera, pulido y otras operaciones ligeras que pueden dar lugar a que vuelen pequeñas partículas. Pueden conseguirse plástico de color para su uso en operaciones donde la luz del sol es muy fuerte, o donde hay un exceso de iluminación.

Figura 199 Gafas protectoras de vista panorámica transparentes o de color

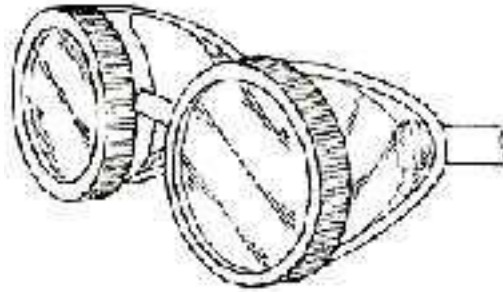


13.6.1.2 Gafas anti resplandor (energía radiante)

Protegen contra el resplandor, los rayos de luz molesta, chispas volantes y escamas, utilizadas en las siguientes operaciones, soldadura y corte con acetileno, corte con oxiacetileno, soldadura, arco eléctrico y operaciones en horno con hogar abierto, soldadura eléctrica por arco, y soldadura por arco de carbón. Los lentes son elegidos según las operaciones a realizar en la forma que sigue (figura 200):

- (1) TONOS 3 Y 4: Estos lentes de filtro protegen contra resplandor de la luz del sol reflejada por la nieve, el agua, el piso de las carreteras, los techos, la arena, etc. Así como contra la luz procedente de operaciones cercanas de corte y soldadura, y también del vertido de metales en trabajo de horno.
- (2) TONO 5: Utilizado en las operaciones de corte y soldado con gas ligero y para las operaciones de soldadura por punto eléctrico.
- (3) TONO 6: Utilizado para las operaciones de corte con gas, soldado medio con gas, y para soldado con arco hasta de 30 amperes.
- (4) TONO 8: Utilizado en el soldado pesado con gas, y para el soldado y corte con arco cuando se utilizan mas de 30 pero sin llegar a exceder de 75 amperes.
- (5) TONO 10: Para soldadura de arco y para corte, cuando se utilizan mas de 75 pero sin exceder de 200 amperes.
- (6) TONO 12: Utilizado para soldadura y corte con arco donde se usan más de 200 pero sin exceder de 400 amperes.
- (7) TONO 14: Para soldaduras y cortado con arco donde se exceden los 400 amperes.

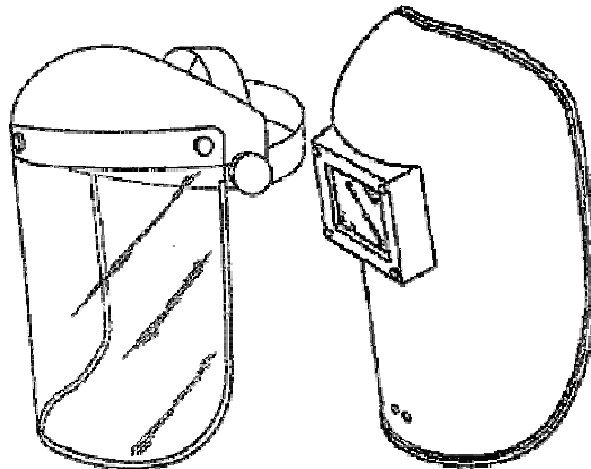
Figura 200 Gafas protectoras contra energía radiante



13.6.1.3 Protección de cabeza ante energía radiante (Caretas)

Diseñados para la comodidad de soldadores, esmeriladores, cinceladores y otros cuyo trabajo hace necesario quitarse con frecuencia la protección de los ojos para realizar inspecciones. Las copas de las gafas cuelgan de un brazo, articulado a una armadura de fibra que rodea la cabeza, y que puede ser rápidamente levantada o bajada a voluntad. Se utilizan lentes, bien contra el impacto o contra el exceso de luz con los diferentes tonos expuestos anteriormente, según las circunstancias, dándole una protección a la cara del operador de quemaduras por la radiación y por virutas incandescentes que se desprenden de la pieza de trabajo.

Figura 201 Caretas protectoras contra la salpicadura de partículas candentes y otras contra las radiaciones del arco eléctrico



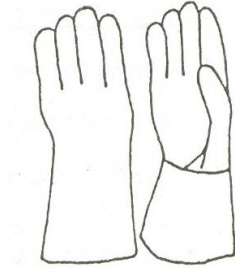
Los cascos de los soldadores son una protección especial (figura 201) contra el salpicado de metales fundidos, y contra la radiación producida por las operaciones de soldadura, estos cascos deberán ser fabricados con materiales que aislen contra el calor y la electricidad, y que no ardan fácilmente, con el fin de cubrir en su totalidad la cara en ambos lados, para que también las orejas estén protegidas.

13.7 Protección de dedos, manos y brazos.

Los dedos, manos y brazos, son las partes más vulnerables de los operadores incurriendo en lesiones incapacitantes, por lo que se requiere de la utilización de un equipo protector. Los fabricantes ofrecen una amplia variedad de tales equipos, adecuados para muchas operaciones especializadas, pero el tipo más común es el guante, o alguna adaptación del mismo. En general deberá recordarse que los guantes no se aconsejan en el caso de operadores que trabajen en máquinas rotativas, porque hay la posibilidad que el guante sea cogido en las partes giratorias forzando así, la mano del trabajador al interior de la máquina.

Se utilizan distintos materiales para su fabricación, tales como asbesto, loneta resistente al fuego, tejido pesado, tejido recubierto para hacerlo impermeable, cuero, cuero impregnado con plomo, cuero reforzado con rejillas metálicas, rejilla metálica, plástico (para proteger la piel de las manos contra los irritantes, evitando la corrosión de las partes metálicas como consecuencia del sudor de las manos), hule impregnado con plomo (que ofrece protección a la energía radiante, equivalente a 0.5 milímetros de pantalla de plomo), y hules naturales o sintéticas. Según sea el material utilizado como se muestra en la figura 202, los guantes ofrecen protección para las operaciones en donde toda la mano queda protegida.

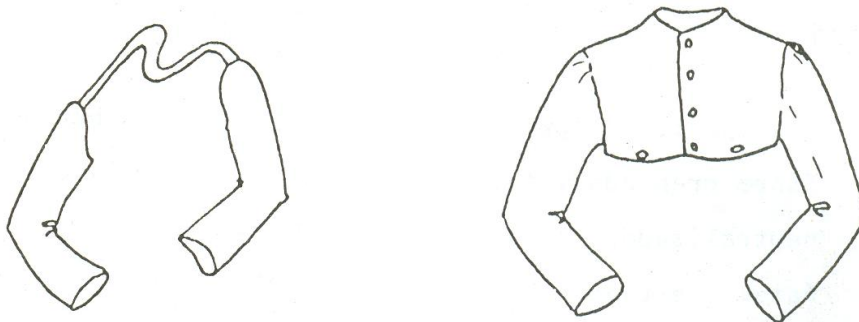
Figura 202 Guantes que proporcionan protección a toda la mano del trabajador



Para la protección de brazos, tenemos mangas fabricada en cuero, y utilizada para evitar que el polvo, la suciedad y el metal caliente entren a los guantes del trabajador, estas se le utiliza sobre la manopla del guante, y también se usa para proteger el antebrazo inferior contra cortes, rozaduras y golpes ligeros. En ciertas ocupaciones es necesario reforzar el cuero, adhiriendo grapas o tiras de acero a la superficie exterior.

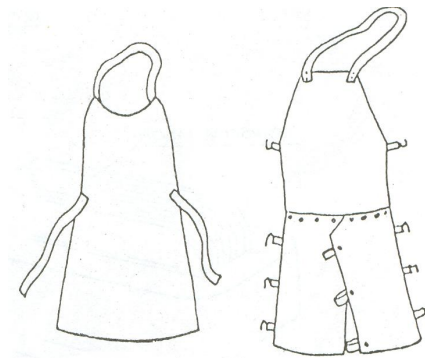
Estas mangas de protección son usadas por quienes manejan materiales candentes, los que trabajan en fundiciones y otros trabajadores expuestos a cortes, golpes o salpicaduras de metal que puedan lesionar al antebrazo por quemaduras. Para uso especial de soldadura debe de ser flexible, livianos y tratados con sales de plomo para impedir las radiaciones del arco eléctrico como los de la figura 203.

Figura 203 Mangas protectoras de brazos, para trabajos de soldadura



Para la protección de la parte anterior del cuerpo y las piernas hasta las rodillas (figura 204), tenemos las gabachas, como parte del equipo de protección de las mangas. Este tipo de equipo es en realidad específico para la protección de una determinada parte de cuerpo del operador, en la cual, su utilización dependerá de la actividad que se este realizando.

Figura 204 Protección para la parte anterior del cuerpo (Gabachas)



13.8 Protección de los pies y las piernas

La protección normal de los pies utilizada en la industria es el zapato de seguridad, con puntera metálica. Cuyas especificaciones correspondientes a este zapato han sido recomendadas por el American National Standards Institute (ANSI). Dichas normas especifican un zapato de construcción fuerte y sólida, con protección de acero en la parte de los dedos, y provista de rebordes que se apoyen en la suela del zapato. Debe resistir una carga estática y una carga en impacto, de acuerdo con el procedimiento de prueba prescrito. Zapatos que cuentan con puntera de acero rígido, para ayudar a prevenir las lesiones a los dedos de los pies ocasionadas por objetos que caen, aplastamiento y otros, los que están disponibles en una amplia variedad de estilos (zapatos tanto para vestir como para trabajo), y están diseñados específicamente para operaciones con riesgos potenciales como los de la figura 205.

Figura 205 Tipos de calzado para uso industrial, Thinsulada, punta de acero, suela de hule para protección contra choque eléctrico y a prueba de agua



También hay zapatos con punta de seguridad que ayuda a prevenir contra el choque eléctrico; es utilizado por trabajadores que pueden ponerse en contacto con objetos electrificados, tales como alambres y rieles. Los zapatos están hechos sin parte metálica alguna, excepto la punta de seguridad, la cual está perfectamente aislada mediante una suela de hule aislante.

Las polainas ofrecen una protección completa (todo alrededor) de la pierna, según su longitud. Se les puede conseguir en estilos que llegan hasta la rodilla o hasta la cintura. Las polainas hasta la cintura cierran completamente la pierna hasta la ingle, y generalmente ofrecen protección frontal hasta la cintura, sin llegar a cubrir el abdomen inferior. Las polainas pueden hacerse de los mismos materiales utilizados en el caso de las mangas para el mismo tipo de operaciones sobre todo de soldadura.

13.9 Cascos de seguridad

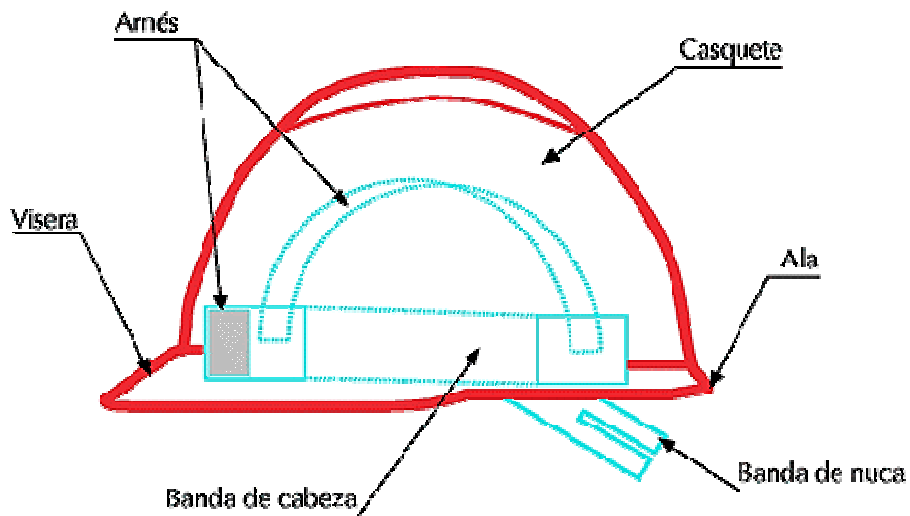
Según la norma UNE-EN 397: 1995, un **casco de protección para la industria**, es una prenda para cubrir la cabeza del usuario, que está destinada esencialmente a proteger la parte superior de la cabeza contra heridas producidas por objetos que caigan sobre el mismo.

Para conseguir esta capacidad de protección y reducir las consecuencias destructivas de los golpes en la cabeza, el casco debe estar dotado de una serie de elementos que posteriormente se describirán, cuyo funcionamiento conjunto sea capaz de cumplir las siguientes condiciones:

- (1) Limitar la presión aplicada al cráneo, distribuyendo la fuerza de impacto sobre la mayor superficie posible.
- (2) Desviar los objetos que caigan, por medio de una forma adecuadamente lisa y redondeada.
- (3) Disipar y dispersar la energía del impacto, de modo que no se transmita en su totalidad a la cabeza y el cuello.

Los principales elementos del casco se presentan en el siguiente esquema de la figura 206.

Figura 206 Esquema de los elementos que componen un casco de protección



Su definición según la norma UNE - EN 397: 1995 es la siguiente:

- (1) Casquete: Elemento de material duro y de terminación lisa que constituye la forma externa general del casco.
- (2) Vicerá: Es una prolongación del casquete por encima de los ojos.
- (3) Ala: Es el borde que circunda el casquete.
- (4) Arnés: Es el conjunto completo de elementos que constituyen un medio de mantener el casco en posición sobre la cabeza y de absorber energía cinética durante un impacto.
- (5) Banda de cabeza: Es la parte del arnés que rodea total o parcialmente la cabeza por encima de los ojos a un nivel horizontal que representa aproximadamente la circunferencia mayor de la cabeza.
- (6) Banda de nuca: Es una banda regulable que se ajusta detrás de la cabeza bajo el plano de la banda de cabeza y que puede ser una parte integrante de dicha banda de cabeza.
- (7) Barboquejo: Es una banda que se acopla bajo la barbilla para ayudar a sujetar el casco sobre la cabeza. Este elemento es opcional en la constitución del equipo, y no todos los cascos tienen por qué disponer obligatoriamente de él.

13.10 Protección contra el ruido

Los sonidos son escuchados cuando, en condiciones de presión atmosférica normal se producen variaciones de una magnitud suficiente. Estas variaciones llegan al oído como diferencias de presión y son transmitidas por el mecanismo auditivo al cerebro, en donde se producen sensaciones. La protección contra los ruidos perjudiciales que excedan los niveles de exposición al ruido permitidos (reglamento OSHA 1910.95) se realiza de preferencia reduciendo el ruido de su propia fuente. Esto exige, en general, la aplicación de ingeniería que elimine o reduzca el sonido eliminando su causa o reduciendo los efectos de su transmisión, mediante barreras adecuadas al ruido, entre los tipos generales de protectores del oído tenemos:

- (1) El tapón: Puede ser moldeado en hule suave, materiales plásticos duros, conformados para acomodarse al canal auditivo del usuario, o con materiales moldeables que el usuario puede ajustar a sus propios canales auditivos. Pueden igualmente estar compuestos por metales y hules suaves, con unas válvulas diseñadas para cerrarse cuando la presión del sonido es muy elevada.
- (2) La almohadilla o dona: Son dispositivos que se mantienen en posición sobre las orejas por medio de bandas que cruzan la cabeza, y pueden estar fabricados en hule, kapok, o con metal y hule, con variaciones en su diseño para discriminar contra determinadas frecuencias sonoras.

Se considera importante recurrir a la supervisión médica para la adaptación de los tapones en los oídos, para explicar su uso y cuidado. Los tipos permanentes de tapones son lavables. Una limpieza regular de los mismos es importante por razones de higiene. Los protectores que se contaminan, o quedan recubiertos con cera endurecida, pueden causar incomodidad u ocasionar una infección al oído medio.

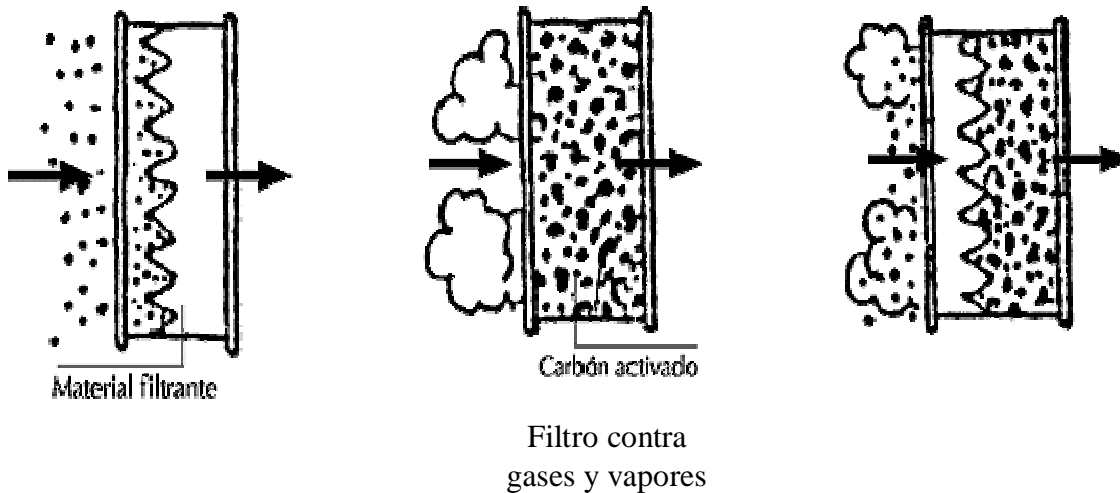
13.11 Equipo respiratorio protector

En donde los procesos industriales crean contaminantes atmosféricos que pueden ser peligrosos para la salud de los trabajadores, la primera consideración debe ser siempre la de aplicar medidas de ingeniería figura 207, para controlar los contaminantes, que corresponden en general a las operaciones normales o de rutina que exponen a los trabajadores de conservación a la atmósfera cuando ésta no presenta un peligro rápido y grave contra la vida o la salud, pero que puede producir enfermedades crónicas, incomodidad muy marcada, o pueden resultar en daños permanentes físicos, o incluso la muerte después de exposiciones repetidas o prolongadas.

Figura 207 Diferentes tipos de filtros como protectores de las vías respiratorias

Filtro contra partículas

Filtro mixto



13.12 Higiene Industrial

En lo que respecta a la higiene industrial en una planta que tenga equipo de refrigeración y de grupos electrógenos, es de considerar los siguientes aspectos.

13.12.1 Ruido

El nivel de ruido máximo permitido en instalaciones industriales es de 90 dB, para ello, es necesario que los operadores utilicen protección auditiva al ejercer sus funciones, así como el personal de conservación, este tipo de protección como se indica en el inciso 13.10 debe de ser de carácter personal y capacitar al personal para su correcta utilización e importancia para la preservación de la salud de dichos operadores.

13.12.2 Gases

En las áreas donde se manejan gases, debe contarse con equipo de protección, los cilindros deben ser almacenados en un lugar ventilado y libre de radiación solar, puestos en una posición vertical y sujetos por cadenas. El ambiente debe de contar con un sistema de extracción rápida de gases, para ser usado en caso de una fuga pronunciada de algún cilindro, los cuales deben de tener sus capuchones bien puestos y con su correspondiente identificación.

13.12.3 Pisos

En las áreas en donde se encuentren ubicados los condensadores, es necesario eliminar la mayor cantidad de polvo, derrames de químicos y sólidos pequeños, por lo que se debe de contar con una hidrolavadora y cepillos, el drenaje es importante para evacuar el agua con tierra y residuos, la hidrolavadora debe de estar guardada en un lugar específico y las tomas de agua deben de localizarse en puntos donde sea fácil el acceso para conectar dicha hidrolavadora, el alcance la manguera de este equipo debe ser suficiente para lavar la mayor área posible.

13.12.4 Equipo

Los equipos como condensadores y evaporadores, deben lavarse principalmente los serpentines cuyas aletas son propensas a atrapar polvos y pequeños residuos como papel y otros, para ello se pueden usar mangueras comunes que proporcionen un buen caudal de agua, la presión no es necesaria en estos casos ya que puede dañar las aletas de los serpentines, un buen caudal contribuye a desplazar la acumulación de suciedad en forma efectiva, es por ello que se debe de tener una buena distribución de tomas de agua conforme la cantidad de equipos existentes.

13.12.5 Paneles de cuartos fríos

Los paneles pueden ser lavados a presión plena con la aplicación de un tipo de jabón o detergente, esto es necesario en las plantas procesadoras de productos perecederos, ya que estas deben cumplir con requisitos de inocuidad del recinto y del personal que labora en dichas instalaciones, para ello debe de disponerse de tomas de agua distribuidas en forma adecuada y rutinas programadas para realizar esta labor en función de los horarios de producción.

Para todas las tareas de limpieza, tanto de infraestructura como de equipos, debe el personal contar con el equipo adecuado, capacitación y una vestimenta correcta para ese fin.

CONCLUSIONES

1. Para el tipo de equipo de refrigeración que trabajan con compresores recíprocos, se observa que los compresores semiherméticos Discus son la mejor opción.
2. Los condensadores al igual que los evaporadores, no son más que los medios de transferencia de calor de un lugar a otro, los cuales ya vienen diseñados para manejar una determinada capacidad de carga térmica.
3. Los refrigerantes no son más que productos químicos que tienen ciertas características de absorber calor a una temperatura y presión determinada y de liberar dicho calor a otra presión y temperatura de condensado.
4. La tubería de refrigeración es una tubería de cobre tipo L, la cual cuenta con todo tipo de accesorio para la construcción de una línea de succión o de líquido, sin tener la necesidad de improvisar en la unión de varios accesorios.
5. En los equipos de refrigeración, se debe tener el cuidado de utilizar la herramienta y equipos de servicio adecuados para el mantenimiento de dichas unidades frigoríficas, ya que estas requieren de cierta herramienta especializada.
6. Para el cálculo de cargas térmicas de un determinado recinto, solo debemos de tener el cuidado de recopilar la información necesaria del ambiente, del producto y de los materiales con que se construye el recinto, sin olvidar la aplicación de frío que se le pretende dar al producto a refrigerar.

7. La preservación de los diferentes recursos con que cuenta nuestra industria, depende del servicio que se le preste en la conservación, por lo que se debe de elaborar un programa en el que se estipule el tipo de servicio que se le debe de prestar a determinado equipo por medio de sus horas de servicio.

8. Se puede observar que en industrias donde se equipa al personal de su correspondiente equipo de protección y que cuenta además con una señalización adecuada para la limitación de áreas de alto riesgo, extintores, salidas de emergencia y otros, son industrias que mantienen una buena confiabilidad en su producción.

RECOMENDACIONES

1. Si en nuestra industria contamos con equipos de modelos atrasados, conviene hacer el cambio a unidades con compresores semiherméticos Discus, ya que son los que cuentan con la mayor eficiencia en el mercado.
2. En los tiempos de parada de temporada o cuando el programa de mantenimiento lo indique, no olvidar limpiar los panales de los serpentines de los condensadores y evaporadores con un buen caudal de agua, para mantener dichos serpentines libre de cualquier tipo de sólidos que puedan bajar la eficiencia de transferencia de calor.
3. Tener presente el tipo de refrigerante a utilizar, ya que según la aplicación, se debe de tener presente no solo sus características de temperatura, sino también el grado de toxicidad e inflamabilidad que estos pueden tener, para con ello tomar las medidas de seguridad en la utilización de determinado refrigerante.
4. Utilizar la herramienta adecuada para el corte de tubería de cobre, ya que de esta forma se obtiene un corte limpio y seguro en el momento de construir las diferentes líneas de tubería.
5. Con respecto a la herramienta y equipo de mantenimiento, es conveniente tener un stock de las mismas, para responder a corregir un equipo en caso de falla.
6. En el montaje de los diferentes equipos, no olvidar de ubicarlos en lugares donde se tenga una buena ventilación, para el caso de los condensadores y de no poner

sobre puertas los evaporadores, ya que esto provoca una baja eficiencia en la transferencia de calor.

7. Cuando se pretende cambiar un accesorio determinado de una unidad frigorífica, se debe de tener el cuidado de seleccionar dicho accesorio de la misma capacidad, ya que estas están calibradas para una determinada capacidad de toneladas de refrigeración.
8. Si en una industria determinada no se cuenta con un programa de conservación, se puede empezar a elaborar uno en base a las fallas que dichos equipos hayan sufrido, haciendo un estudio de sus condiciones físicas y por medio de la calidad de servicio que estas prestan, para con ello poder determinar un tiempo específico para el siguiente servicio de conservación, llevando de esta forma un record de cada equipo.
9. En todo tipo de industria, se debe de equipar al personal con equipo de protección, ya que de esta forma se pueden evitar accidentes que pueden producir incapacidad a los trabajadores, colocando la señalización necesaria para la limitación de las áreas de alto riesgo, con ello estamos garantizando la productividad de nuestra empresa.

BIBLIOGRAFÍA.

1. BHON The Cold Standard, REFRIGERATION PRODUCTS Condensed Catalog, Stone Mountain, GA: 2002. 44pp.
2. Chandler Refrigeration. REFRIGERATION PRODUCTS, Stone Mountain, GA: 2002. 36pp.
3. Copeland Corporation. MANUAL ELÉCTRICO. Sidney, Ohio USA: 1993. 240pp.
4. Copeland Corporation. REPLACEMENT PARTS CATALOG INTERNATIONAL. Sidney, Ohio USA: 1999. 1249pp.
5. Creus, José Alarcón. TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA. 10 ed. Barcelona: Marcombo Boixareu Editores.
6. Harper, Gilberto Enriquez. MANUAL DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, RESIDENCIALES E INDUSTRIALES. 2 ed. México. 463pp.
7. Heatcraft Refrigeration Product Division. DIRECT DRIVE FLUID COOLERS, INTALLATION AND MAINTENANCE DATA. Stone Mountain, GA: 2000. 12pp.
8. Heatcraft Refrigeration Product Division. HEATCRAFT SALES ENGINNERING MANUAL. Stone Mountain, GA:1995. 38pp.
9. Heatcraft Refrigeration Product Division. REFRIGERATION SYSTEM, INSTALLATION AND OPERATION MANUAL. Stone Mountain, GA: 2003. 43pp.

10. Pita, Edward G. PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN. México: Editorial Noriega Limusa, 1999. 481pp.
11. RAE Corporation. Century Refrigeration. RAE COILS, REFRIGERATION SYSTEMS AND TECHNICAL SYSTEMS, Pryor, OK: 2000. 29pp.
12. Sporlan Valve Company. BULLETIN 10-9 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICAS. Washington, MO; 1997. 19 pp.
13. Sporlan Valve Company. BULLETIN 40-10 LIQUID LINE AND SUCTION LINE FILTER-DRIERS. Washington, MO: 1999. 35pp.
14. Sporlan Valve Company CATALOGO 201 PARA REFRIGERACIÓN Y/O SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO. St. Louis Missouri: 1997. 40pp.
15. Bratu ó Campero. INSTALACIONES ELÉCTRICAS. Editorial Alfa Omega 2ed.México 1997. 240pp.
16. Compendiado No. 22. EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA. Square D Groupe Schneider, 1997.
17. Earley, Sargent, Sheehan & Caloggero. NEC 2005 HANDBOOK NFPA70: National Electrical Code Series, edición 2005, 1333 pp.