

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**TÍTULO**

Elaboración de la Metodología de Instalación, Operación y Mantenimiento de los Equipos Térmicos: Caldera, Chiller y Cuarto Frío

**AUTORES**

Br. Adrián Alexander Hernández Bárcenas  
Br. Joel Isaac Sandoval Vega  
Br. Jhossua Duvelieth Ugarte Bermúdez

**TUTOR**

MSc. Mario de Jesús García

**Managua, 07 de octubre de 2020**

## Dedicatoria

*Dedico este trabajo a mi madre **Lucrecia Lucia Bárcenas** quien incondicionalmente ha vivido para sacarme adelante.*

Adrián Alexander Hernández Bárcenas

*Este trabajo es dedicado primeramente a **Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo** por haberme permitido llegar hasta este punto de mi carrera, por haber sido el manantial de vida dándome lo necesario para seguir día a día y así lograr mis objetivos como persona, además de su infinita bondad y amor.*

*A mi Madre, Esposa e Hijos, por ser parte fundamental de mi diario vivir, por sus motivaciones constantes que impulsaron mi decisión de culminar mis estudios.*

Joel Isaac Sandoval Vega

*Este trabajo monográfico está dedicado para **Dios, Jesucristo** y el **Espíritu Santo**, ya que sin ellos yo no soy nadie, mi existencia es por ellos, y por ser hijo también.*

*Se lo dedico a mi mamá **Elieth Bermúdez Cabrera** y a mi papá **Francisco Duvalier Ugarte Tiffer**, y a por ser pilares fuertes de mi educación a lo largo de mi corta vida y a mi tía materna **Yolanda del Carmen Cruz Cabrera** por criarme y verme como su hijo menor (cumiche).*

*Se lo dedico a mi tía materna **María Auxiliadora Cabrera Ortiz (Q.E.P.D)**, que está descansando en la presencia de **Dios** y que ha fallecido antes de la defensa de mi título como Ingeniero Mecánico.*

*Se lo dedico al Apóstol **Adolfo Castillo** y Profeta **Janyris Centeno** por todo su apoyo incondicional y los valores que me han transmitido a través de la palabra de **Dios**.*

Jhossua Duvelieth Ugarte Bermúdez

## Agradecimientos

*Agradezco principalmente a **Dios** por darme la oportunidad de haber llegado a este momento y a mi familia por el apoyo incondicional en cada etapa de este proceso.*

Adrián Alexander Hernández Bárcenas

*Agradezco primeramente a **Dios** nuestro Señor quien me ha guiado por el buen camino en cada etapa de mi vida especialmente en la carrera profesional y estudiantil que ahora culmina.*

*A nuestro maestro tutor Ing. **Mario García** quien ha contribuido fundamentalmente con sus conocimientos y guiado cada uno de los procedimientos en la elaboración de este trabajo monográfico.*

*A mis compañeros de grupo que estando unidos y apoyándonos unos a otros hemos logrado culminar con éxito este trabajo monográfico que representa gran parte del largo camino de la formación profesional.*

*A todas y a cada una de las personas que directa e indirectamente han contribuido en pequeña o en gran manera a este trabajo monográfico, mil gracias.*

Joel Isaac Sandoval Vega

*En principio estoy agradecido con **Jehová**, mi **Dios** y Papa, quien ha estado conmigo a lo largo de mi vida, en sus enseñanzas, en su amor incondicional, gracias a Él por darme todo y por ser mi todo.*

*Agradecido con mi madre **Elieth Bermúdez Cabrera** y mi padre **Francisco Duvalier Ugarte Tiffer**, que a lo largo de este tiempo me han criado y han estado conmigo en las buenas y las malas, gracias a ellos soy un hombre de bien.*

*Agradecido con el Apóstol **Adolfo Castillo** y Profeta **Janyris Centeno** por su amor y también por sus oraciones del día a día, y por ser ejemplos vivos de servir al **Dios Eterno** como un matrimonio sólido, porque sus cimientos están establecida en la roca que es **Cristo**.*

*Agradecido con el Msc. Ing. **Mario García** por ser partícipe de este proyecto y ser nuestro tutor a lo largo de este proceso monográfico.*

Jhossua Duvelieth Ugarte Bermúdez

## **Resumen**

El presente trabajo monográfico trata sobre la Elaboración de la Metodología de Instalación, Operación y Mantenimiento de los Equipos Térmicos: Caldera, Chiller y Cuarto Frío. Dicho documento se realizó con el fin de que exista un manual metodológico didáctico para que el estudiante universitario o cualquier elaboración de tesis monográfica puedan utilizarlo como una guía para su estudio.

En el Capítulo I, se habla sobre las generalidades de los Equipos Térmicos como una breve introducción a lo que se aborda en Caldera, Chiller y Cuarto Frío, de una manera resumida y versátil para la comprensión lectora.

En el Capítulo II, se da a conocer la ubicación de los equipos, algunas recomendaciones para la instalación de los diferentes componentes: unidad condensadora, evaporador, tubería y accesorios. También comprende el arranque y puesta en marcha de cada uno de los Equipos Térmicos mencionados.

En el Capítulo III, se propuso realizar un plan de Mantenimiento Preventivo Planificado para los Equipos Térmicos: Caldera, Chiller y Cuarto Frío, puesto a que, en los últimos años en Nicaragua en los planes de mantenimiento, solo se actuaba en mantenimiento correctivo, lo cual se elevaban drásticamente los costos de mantenimiento. El propósito del Mantenimiento Preventivo Planificado es bajar los costos energéticos y disminuir los costos de mantenimiento.

En el Capítulo IV, se estiman los costos de instalación, operación y mantenimiento de los Equipos Térmicos, porque son fundamentales en la ingeniería de proyectos, analizar los costos totales y específicos de las nuevas instalaciones, operaciones y planes de mantenimiento dentro de las plantas industriales y comerciales.

En el Capítulo V, se establecieron los EPP (Equipos de Protección Personal) para el técnico operario, así como el mantenimiento de los Equipos Térmicos que están regidas en la Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo. Ley N°. 618, aprobada el 19 de abril del 2007.

## CONTENIDO

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>2</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivo General .....</b>	<b>4</b>
<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo I. Generalidades de Caldera, Chiller y Cuarto Frio .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Caldera.....</b>	<b>5</b>
1.1.1 Introducción. ....	5
1.1.2 Máquina de vapor. ....	5
1.1.3 Caldera de vapor. ....	6
1.1.4 Calderas pirotubulares. ....	8
<b>1.2. Chiller.....</b>	<b>10</b>
1.2.1 Introducción. ....	10
1.2.2 Características y funcionamiento de los Chiller. ....	10
1.2.3 Usos principales de los chiller. ....	13
1.2.3.1 Aplicaciones en la industria. ....	13
Sector médico.....	13
Sector farmacéutico .....	13
Sector alimenticio .....	13
Sector comercial.....	13
1.2.4 Los componentes auxiliares de los chiller. ....	13
1.2.5 Construcción y mantenimiento de los chillers. ....	15
<b>1.3. Cuarto Frio.....</b>	<b>16</b>
1.3.1 Introducción. ....	16
1.3.2 Características y funcionamiento de los cuartos fríos.....	17
1.3.3 Usos principales de los cuartos fríos.....	18
1.3.3.3 Aplicaciones en la industria. ....	18
Sector agroalimentario .....	19
Sector farmacéutico .....	19
1.3.4 Los componentes auxiliares de los cuartos fríos.....	19
1.3.5 Construcción y mantenimiento de los cuartos fríos.....	20
<b>Capítulo II. Instalación y Operación de Caldera, Chiller y Cuarto Frio .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 Caldera.....</b>	<b>21</b>
2.1.1 Descripción general de instalación. ....	21
2.1.2 Elementos generales de la instalación.....	22
2.1.3 Accesorios y aberturas. ....	23
2.1.4 Preparación de instalación. ....	24
2.1.5 Cimientos de caldera.....	25
2.1.6 Válvula de seguridad.....	25
2.1.7 Medidores de presión y agua. ....	25
2.1.8 Suministros de alimentación. ....	26

2.1.8.1 Suministros de agua.....	26
2.1.8.2 Suministros de combustión.....	26
2.1.9 Puesta en marcha.....	26
2.1.10 Paro de operaciones.....	28
2.1.11 Comprobaciones durante el funcionamiento.....	28
2.1.11.1 Sistemas de agua caliente.....	28
2.1.11.2 Sistemas de vapor.....	28
2.1.12 Ficha técnica de instalación y operación de caldera.....	29
<b>2.2. Chiller.....</b>	<b>30</b>
2.2.1 Localización del equipo.....	30
2.2.2 Cimiento.....	30
2.2.3 Espacios libres.....	31
2.2.4 Procedimiento de elevación.....	31
2.2.5 Aislamiento y nivelación de la unidad.....	32
2.2.5.1 Montaje.....	32
2.2.5.2 Instalación del aislador elastomérico.....	32
2.2.6 Tubería del evaporador.....	33
2.2.6.1 Componentes de la tubería del evaporador.....	34
2.2.7 Drenaje.....	34
2.2.8 Filtro de agua.....	35
2.2.9 Llave de flujo.....	35
2.2.10 Recuperación parcial de calor.....	35
2.2.11 Tubería de la recuperación parcial de calor.....	36
2.2.12 Arranque y puesta en marcha.....	39
2.2.12.1 Verificación antes del arranque.....	39
2.2.13 Alimentación eléctrica del voltaje de la unidad.....	40
2.2.14 Flujo del sistema de agua.....	40
2.2.15 Caída de presión del sistema de agua.....	40
2.2.16 Procedimientos para la activación o puesta en marcha de la unidad.....	41
2.2.16.1 Secuencia de operación (Energizado).....	41
2.2.16.2 Energizado para arrancar.....	41
2.2.17 Procedimientos de arranque de temporada de la unidad.....	42
2.2.18 Rearranque del sistema después del paro prolongado.....	42
2.2.19 Procedimientos de paro en la unidad.....	43
2.2.19.1 Paro temporal y rearranque.....	43
2.2.19.2 Procedimientos de paro prolongado.....	44
2.2.20 Ficha técnica de instalación y operación del Chiller.....	45
<b>2.3. Cuarto Frio.....</b>	<b>46</b>
2.3.1 Ubicación del equipo.....	46
2.3.2 Obstrucciones o muros.....	46
2.3.3 Recomendaciones de instalación.....	47
2.3.3.1 Información de seguridad general.....	47
2.3.3.2 Inspección.....	47
2.3.4 Instalación de la unidad condensadora.....	47
2.3.4.1 Montaje y sujeción de la unidad condensadora.....	47
2.3.4.2 Montaje a nivel de piso.....	48

2.3.5 Instalación del evaporador. ....	48
2.3.5.1 Colocación de evaporadores para congeladores y cuartos fríos. ....	49
2.3.5.2 Montaje de los evaporadores. ....	51
2.3.6 Instalación de la tubería. ....	52
2.3.6.1 Tuberías de drenado en los condensadores. ....	52
2.3.6.2 Tubería del refrigerante. ....	53
2.3.6.3 Soporte de la tubería de refrigeración. ....	55
2.3.6.4 Tubería de succión. ....	56
2.3.6.5 Elevadores de la línea de succión. ....	57
2.3.6.7 Tuberías de líquido. ....	58
2.3.7 Instalación de elementos complementarios. ....	60
2.3.7.1 Recibidor de líquido. ....	60
2.3.7.2 Intercambiador de calor. ....	60
2.3.7.3 Acumulador de succión. ....	60
2.3.7.4 Separador de aceite. ....	61
2.3.7.5 Deshidratador. ....	61
2.3.7.6 Eliminadores de vibración. ....	61
2.3.7.7 Colador. ....	61
2.3.7.8 Indicador de humedad y líquido. ....	61
2.3.7.9 Calefactor de Carter. ....	61
2.3.7.10 Montar el filtro deshidratador. ....	62
2.3.7.11 Montar la válvula solenoide y termostato. ....	63
2.3.7.12 Montaje del circuito de gas refrigerante. ....	63
2.3.7.13 Montaje de la línea de aspiración. ....	64
2.3.7.14 Montaje de la línea de líquidos. ....	64
2.3.7.15 Montaje de la línea de descarga. ....	64
2.3.7.16 Verificación de la estanqueidad del circuito refrigerante. ....	65
2.3.7.17 Indicadores de líquido y humedad. ....	65
2.3.7.18 Contenido de humedad. ....	66
2.3.7.19 Indicador de líquido. ....	68
2.3.8 Diagrama de flujo. ....	69
2.3.9 Arranque y puesta en marcha. ....	70
2.3.9.1 Detección de fugas en el sistema. ....	70
2.3.10 Método de vacío. ....	72
2.3.10.1 Método de alto vacío. ....	73
2.3.11 Método de la triple evacuación. ....	74
2.3.12 Carga del refrigerante. ....	75
2.3.12.1 Carga de refrigerante en fase líquida. ....	76
2.3.12.2 Carga del refrigerante en fase de vapor. ....	76
2.3.13 Alimentación eléctrica. ....	77
2.3.14 Herramientas para la instalación. ....	78
2.3.15 Revisión final y puesta en marcha. ....	79
2.3.15.1 Unidad condensadora. ....	79
2.3.15.2 Evaporador. ....	79
2.3.15.3 Válvula de expansión. ....	80
2.3.15.4 Generales. ....	80

2.3.16 Ficha técnica de instalación y operación de Cuarto Frio. ....	81
<b>Capítulo III. Mantenimiento de Caldera, Chiller y Cuarto Frio .....</b>	<b>82</b>
<b>Introducción a la elaboración del plan de mantenimiento.....</b>	<b>82</b>
<b>Organización administrativa .....</b>	<b>82</b>
<b>Organigrama administrativo para mantenimiento .....</b>	<b>83</b>
<b>Perfiles del personal administrativo.....</b>	<b>83</b>
Jefe de mantenimiento .....	83
Supervisor .....	84
Electrico .....	84
Tecnico en refrigeración .....	84
Operador .....	84
Obras civiles.....	84
<b>3.1 Caldera.....</b>	<b>86</b>
3.1.1 Preparación al mantenimiento de caldera. ....	86
3.1.2 Descripción y definición de mantenimiento. ....	86
3.1.2.1 Manual de mantenimiento.....	86
3.1.2.2 Preparación de gestión de mantenimiento. ....	87
3.1.2.3 Planificación estratégica. ....	87
3.1.2.4 Planificación de mantenimiento.....	87
3.1.2.5 Programación de mantenimiento. ....	87
3.1.3 Mantenimiento diario.....	88
3.1.4 Mantenimiento semanal. ....	89
3.1.5 Mantenimiento mensual.....	90
3.1.5.1 Controles de nivel. ....	90
3.1.5.2 Sistema de combustible.....	90
3.1.5.3 Ventiladores. ....	91
3.1.5.4 Controles eléctricos.....	91
3.1.5.5 Quemadores. ....	92
3.1.6 Mantenimiento trimestral.....	92
3.1.7 Mantenimiento anual. ....	93
3.1.8 Mantenimiento de las bombas. ....	94
3.1.8.1 Bomba de alimentación de agua. ....	94
3.1.8.2 Bomba del condensador.....	94
3.1.8.3 Bomba de combustible (Bunker). ....	94
3.1.8.4 Bomba de combustible incorporada en el quemador.....	95
3.1.9 Procedimiento de sopleteado de los tubos de fuego. ....	96
3.1.10 Mantenimiento de los niveles visuales de cristal.....	97
3.1.11 Procedimiento de condenar un tubo de fuego en operación. ....	98
3.1.12 Diagnostico de problemas, causas y soluciones ante una avería. ....	99
3.1.13 Mantenimiento de bombas, diagnóstico de problemas en bombas.....	99
3.1.13.1 Problemas de succión.....	100
3.1.13.2 Problemas en el sistema.....	100
3.1.13.3 Problemas mecánicos.....	101
3.1.14 Banda en V.....	102
3.1.15 Quemadores. ....	104

3.1.16 Solicitud de servicio.....	105
3.1.17 Tarjeta de mantenimiento. ....	106
3.1.18 Control de mantenimiento preventivo. ....	107
3.1.19 Planificador de mantenimiento. ....	108
3.1.20 Control de mantenimiento.....	109
<b>3.2 Chiller.....</b>	<b>110</b>
3.2.1 Mantenimiento periódico. ....	110
3.2.2 Mantenimiento semanal. ....	110
3.2.3 Mantenimiento mensual.....	112
3.2.4 Mantenimiento anual. ....	112
3.2.5 Procedimientos del mantenimiento.....	113
3.2.5.1 Nivel del aceite. ....	113
3.2.5.2 Abastecimiento, retirada y capacidad del aceite. ....	113
3.2.5.3 Sistema de lubricación. ....	113
3.2.5.4 Limpieza operativa del compresor.....	115
3.2.5.5 El procedimiento de limpieza de servicio del compresor. ....	115
3.2.5.6 Tubería de refrigerante.....	116
3.2.5.7 Gestión de la carga de refrigerante y de aceite. ....	116
3.2.5.8 Procedimiento de carga del R134a en obra.....	118
3.2.5.9 Procedimientos de sustitución del filtro de refrigerante. ....	119
3.2.6 Mantenimiento del condensador. ....	120
3.2.6.1 Limpieza de la serpentina del condensador. ....	120
3.2.7 Mantenimiento del evaporador. ....	120
3.2.7.1 Cambio del evaporador. ....	121
3.2.8 Mantenimiento del filtro de agua. ....	121
3.2.9 Planilla de mantenimiento.....	122
<b>3.3 Cuarto Frio .....</b>	<b>124</b>
3.3.1 Procedimientos para el mantenimiento. ....	124
3.3.1.1 Lubricación. ....	124
3.3.1.2 Pasos para el cambio de aceite.....	125
3.3.1.3 Verificación de filtros deshidratadores. ....	126
3.3.1.4 Cuando cambiar un filtro deshidratador. ....	126
3.3.1.5 Revisión de parámetros eléctricos. ....	127
3.3.1.6 Medición de intensidad (amperaje).....	127
3.3.1.7 Medición de tensión (voltaje). ....	128
3.3.1.8 Revisión de contactos y conexiones eléctricas. ....	128
3.3.1.9 Inspección mecánica del compresor. ....	129
3.3.2 Limpieza en evaporadores y condensadores.....	130
3.3.2.1 Evaporador.....	130
3.3.2.2 Procedimiento para la limpieza del evaporador.....	130
3.3.3 Condensador. ....	131
3.3.3.1 Limpieza del condensador. ....	131
3.3.4 Orden de mantenimiento.....	132
3.3.5 Solicitud de mantenimiento. ....	133
3.3.6 Control de rutina para cuartos fríos, ....	134
3.3.7 Historial de cambio de aceite.....	135

3.3.8 Formato de registro de mantenimiento. ....	136
3.3.9 Hoja de inspección. ....	136
<b>Capítulo IV. Costos de Instalación, Operación y Mantenimiento de Caldera, Chiller y Cuarto Frio .....</b>	<b>137</b>
<b>4.1 Caldera.....</b>	<b>138</b>
4.1.1 Revisiones. ....	138
4.1.2 Reparaciones pequeñas. ....	138
4.1.3 Reparaciones medianas. ....	139
4.1.4 Reparación general.....	140
<b>4.2 Chiller.....</b>	<b>142</b>
4.2.1 Costos directo por mano de obra. ....	142
4.2.2 Costos directo por materiales. ....	142
4.2.3 Costos directos por máquina. ....	143
4.2.4 Costos por herramienta. ....	143
<b>4.3 Cuarto Frio .....</b>	<b>144</b>
4.3.1 Costos directos de mantenimiento diario, meses y anual. ....	144
4.3.2 Costos directos de insumos.....	145
<b>Conclusión de costos .....</b>	<b>147</b>
<b>Capítulo V. Leyes y Normativas de Higiene y Seguridad en Caldera, Chiller y Cuarto Frio .....</b>	<b>148</b>
<b>Ley 618. Ley General De Higiene Y Seguridad Del Trabajo.....</b>	<b>148</b>
<b>Título I.....</b>	<b>148</b>
<b>Disposiciones Generales.....</b>	<b>148</b>
<b>Capítulo I.....</b>	<b>148</b>
<b>Objetivo Y Campo De Aplicación .....</b>	<b>148</b>
<b>Capítulo II.....</b>	<b>148</b>
<b>Conceptos.....</b>	<b>148</b>
<b>Resolución Ministerial de Higiene y Seguridad del Trabajo .....</b>	<b>150</b>
<b>Resolución Ministerial Sobre Las Disposiciones Básicas De Higiene Y Seguridad Del Trabajo Aplicable A Determinados Trabajos Con “Riesgos Especiales”.....</b>	<b>150</b>
<b>Capitulo VII.....</b>	<b>150</b>
<b>Trabajos Con Equipos Y Recipientes A Presión.....</b>	<b>150</b>
<b>(Instalaciones y Trabajos Especiales).....</b>	<b>150</b>
Caldera .....	150
<b>Capitulo VII.....</b>	<b>153</b>
<b>Frío Industrial: Equipos Y Cámaras Frigoríficas .....</b>	<b>153</b>
<b>Locales.....</b>	<b>153</b>
Mantenimiento de los Equipos de Refrigeración .....	153
Cámaras Frigoríficas .....	154
Ventiladores .....	154
<b>Equipos de Protección Personal .....</b>	<b>155</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>159</b>

<b>Recomendaciones .....</b>	<b>160</b>
<b>Recomendaciones Básicas de Seguridad.....</b>	<b>160</b>
<b>Recomendaciones con las Máquinas .....</b>	<b>161</b>
<b>Recomendaciones con las Herramientas.....</b>	<b>161</b>
<b>Recomendaciones con Escaleras y Andamios.....</b>	<b>162</b>
<b>Recomendaciones sobre los Levantamientos de Carga .....</b>	<b>162</b>
<b>Recomendaciones sobre el Orden y la Limpieza.....</b>	<b>163</b>
<b>Recomendaciones al utilizar los Equipos de Protección y Ropa .....</b>	<b>163</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>164</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>167</b>
<b>Anexos – Capítulo I.....</b>	<b>167</b>
Caldera .....	167
Chiller .....	168
Cuarto Frio .....	169
<b>Anexos – Capítulo II.....</b>	<b>170</b>
Caldera .....	170
Chiller .....	172
Cuarto Frio.....	176
<b>Anexos – Capítulo III.....</b>	<b>186</b>
Caldera .....	186
Chiller .....	189
Cuarto Frio .....	192
<b>Anexos – Capítulo IV .....</b>	<b>198</b>
Caldera .....	198
Chiller .....	201
Cuarto Frio .....	203
<b>Anexos – Capítulo V .....</b>	<b>206</b>
Caldera .....	206
Chiller .....	206
Cuarto Frio .....	207

## ÍNDICE DE FIGURA

Fig. 1. Caldera pirotubular. ....	7
Fig. 2. Caldera pirotubular. ....	9
Fig. 3. Componentes principales de un chiller enfriado por aire. ....	11
Fig. 4. Componentes principales de un chiller. ....	15
Fig. 5. Componentes y el diagrama (p – h) de un ciclo de refrigeración. ....	18
Fig. 6. Componentes principales de un cuarto frio. ....	20
Fig. 7. Optimización de sistemas de vapor industrial. ....	22
Fig. 8. Procedimientos de puesta y marcha de calderas pirotubulares. ....	27
Fig. 9. Procedimientos de puesta y marcha de calderas pirotubulares. ....	29
Fig. 10. Alojamiento y posiciones de montaje del Chiller. ....	31
Fig. 11. Maniobras para el proceso de elevación. ....	32
Fig. 12. Dimensiones del aislador elastómero en mm. ....	33
Fig. 13. Tubería de la recuperación parcial del calor. ....	38
Fig. 14. Control energizante de un sistema Chiller. ....	41
Fig. 15. W= ancho total de la unidad condensadora o condensador. ....	47
Fig. 16. Montaje de la unidad condensadora. ....	48
Fig. 17. Dimensiones de longitud total del evaporador. ....	49
Fig. 18. Dimensiones de altura total del evaporador. ....	49
Fig. 19. Dimensiones entre centros. ....	49
Fig. 20. Colocación del evaporador. ....	50
Fig. 21. Detalle del montaje del evaporador. ....	51
Fig. 22. Tubería de drenado. ....	53
Fig. 23. Ejemplo de soporte de la tubería. ....	56
Fig. 24. Unidad condensadora/compresor/pared de apoyo. ....	56
Fig. 25. Trampas tipo “P” en la succión. ....	57
Fig. 26. Construcción de doble elevador de succión. ....	57
Fig. 27. Filtro deshidratador. ....	62
Fig. 28. Ensanchado de tubería. ....	63
Fig. 29. Indicadores de líquido y humedad. ....	66
Fig. 30. Diagrama de flujo. ....	69
Fig. 31. Detector de fuga de gas. ....	72
Fig. 32. Bomba de vacío y vacuómetro. ....	74
Fig. 33. Medidor de voltaje, manómetro digital, soplete, termómetro digital. ....	79
Fig. 34. Bomba de combustible. ....	95
Fig. 35. Acoplamiento de la bomba. ....	96
Fig. 36. Filtro de agua. ....	121
Fig. 37. Caída de presión máxima recomendada en filtros deshidratadores. ....	127
Fig. 38. Medición para parámetros eléctricos. ....	127
Fig. 39. Equipos de protección personal (Caldera). ....	158
Fig. 40. Equipo de protección personal (Chiller). ....	158
Fig. 41. Equipo de protección personal (Cuarto Frio). ....	158

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Carga, deflexión, dureza y color del aislador elastomérico según dimensiones.....	33
Tabla N° 2. Valores máximos y mínimos para el montaje de evaporadores al centro. ....	49
Tabla N° 3. Diámetros de Tuberías Recomendadas para Condensador Remoto.....	58
Tabla N° 4. Diámetros de tuberías recomendados para condensador remoto. ....	59
Tabla N° 5. Diámetros recomendados de las tuberías para R - 404a.....	59
Tabla N° 6. Peso de los Refrigerantes en las Líneas de Cobre durante la Operación (kg por 30.48m. Lineales de tubería tipo “L”). .....	59
Tabla N° 7. Personal administrativo .....	85
Tabla N° 8. Revisiones trimestrales de la caldera. ....	138
Tabla N° 9. Reparaciones pequeñas de mantenimiento de caldera. ....	139
Tabla N° 10. Reparaciones medianas de mantenimiento de caldera. ....	139
Tabla N° 11. Reparaciones generales del mantenimiento de caldera. ....	140
Tabla N° 12. Resumen de los costos de caldera. ....	141
Tabla N° 13. costos directos por mano de obra. ....	142
Tabla N° 14. Costos directos por materiales.....	142
Tabla N° 15. Costos directos por maquinaria .....	143
Tabla N° 16. Costos por herramienta.....	143
Tabla N° 17. Tiempo propuesto para las actividades de mantenimiento.....	144
Tabla N° 18. Resumen de los costos de chiller.....	144
Tabla N° 19. Costos directos de mantenimiento de cuarto frío. ....	144
Tabla N° 20. Costos de insumos.....	145
Tabla N° 21. Resumen de total de costos de cuarto frío.....	146
Tabla N° 22. Presupuesto anual y general de costos del personal administrativo.....	146
Tabla N° 23. Equipos de protección personal.....	147

## ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS

Fuente: ENABAS.....	29
Fuente: Manual Trane.....	45
Fuente: Bohn México.....	81
Fuente: ENABAS.....	105
Fuente: ENABAS.....	106
Fuente: ENABAS.....	107
Fuente: ENABAS.....	108
Fuente: ENABAS.....	109
Fuente: Manual Trane. ....	122
Fuente: Manual Trane .....	123
Fuente: Bohn México.....	132
Fuente: Bohn México.....	133
Fuente: Bohn México.....	134
Fuente: Bohn México.....	135
Fuente: Bohn México.....	136
Fuente: Bohn México.....	136

## **Introducción**

En la actualidad el uso de máquinas térmicas se ha aumentado considerablemente ya que la industria en lo más amplio de sus aplicaciones ha creado una demanda de estas ciencias que a su vez ha logrado una satisfactoria cantidad de soluciones que se utilizan para la obtención de más y mejores procesos; tanto como productivos en el área de conservación y almacenamientos de perecederos, climatización así como en avances científicos y estudios donde la termodinámica y las maquinas térmicas juegan un papel clave para el entendimiento de dicha demanda, que requiere la fabricación y capacitación para el uso de Maquinas Térmicas.

Las soluciones que brindan las maquinas térmicas en las problemáticas o demandas antes mencionadas ha desencadenado y catalizado la necesidad de aplicación de estas tecnologías para el éxito de la evolución industrial, de tal manera que cada vez se hace más necesario los conocimientos de estas máquinas. De forma que se hace necesaria la enseñanza e instrucción para el sector demandante (Industria) y del sector técnico, para una buena gestión de operaciones que tiene que ver con la instalación, operatividad y mantenimiento para la sostenibilidad y excelente desempeño de estas herramientas que han otorgado al rubro económico-industrial un mejor ritmo de avance.

Es por ello, que la creación y elaboración de procedimientos metodológicos como planificación y programación de gestiones de operación ejecutables son de suma importancia en el campo de la Ingeniería Industrial y Mecánica. Para dar una mejor y más excelente aplicación de esta área como profesión en la producción de soluciones más actualizadas en cuanto a diseño haciendo énfasis en los tres procedimientos más básicos y fundamentales que el ámbito ingenieril debe dominar, tales procedimientos son: Instalación, operación y mantenimiento.

Las investigaciones de orden operativo están siempre dirigidas al público en general, estudiantes y profesionales que buscan información precisa que llenen las expectativas del lector o investigador en los temas como: procedimientos, costos, tecnicismo, eficiencia energética, normativas y seguridad industrial.

## Antecedentes

Para el estudio a desarrollar es de relevancia el dominio de aspectos básicos en el funcionamiento de Caldera, Chiller y Cuarto Frio. Definiciones que definen su comportamiento como lo especifica Mataix, 2005 explicando en los objetivos de su obra “La importancia del conocimiento de fluidos en la formación de un ingeniero mecánico”. Su enfoque permite comprender a grandes rasgos el funcionamiento básico de los equipos térmicos que a lo largo de su obra permite afianzar algunas dudas de los procesos y cálculos al momento de mantenimiento y puesto en marcha de los equipos.

Asimismo, su estudio es tomado como referente porque sus procedimientos de instalación y mantenimiento son un precedente para proporcionar un proceso metodológico. Si bien su metodología lo hace aplicado a un escenario en específico para mantenerse bajo normas de salubridad el material de la empresa, encontramos en su hoja de cálculo contenido que si bien no completo la idea que deseamos desarrollar nos dio un buen ejemplo y punto de partida en lo que respecta a la instalación y materiales que se pueden utilizar. Sus capítulos de selección de tuberías, equipos y accesorios nos dieron una mejor perspectiva de lo que se propondrá en nuestro trabajo.

Al tratar de recopilar más recursos bibliográficos nos topamos con: “Evaluación Energética de sistemas frigoríficos Chiller” (Aguilar. C. 2008) de este trabajo se pudo hablar sobre la clasificación de los equipos Chiller que hasta ese momento desconocíamos y se hablara como referencia más adelante.

De ambos estudios se enfocan la selección del equipo en base al diseño, mientras el estudio a desarrollarse se enfoca: la funcionalidad, instalación, mantenimiento y costo en base al mercado local.

## **Justificación**

El propósito de investigación temática “Elaboración de la metodología de Instalación, Operación y Mantenimiento de las maquinas térmicas: calderas pirotubulares, Chiller y Cuarto Frio.” Es elaborar un conjunto de procedimientos técnicos de manera precisa y concisa de interés público y profesional que responda todas las interrogantes y que sea utilizado para profundizar en este tema.

Se pretende que el documento sirva de base y como referencia para la industria y la formación de futuros profesionales que cursan carreras universitarias afines con esta ciencia (termodinámicas y maquinas térmicas), profesionales que trabajan este campo como es la refrigeración, climatización industrial y por supuesto al público en general.

Cabe mencionar que esta alternativa metodológica puede ser aplicable a una gran cantidad de rubros tales como: Industria frigorífica, restaurantes, hoteles, hospitales, industria alimenticia, acopios de perecederos etc.

## **Objetivo General**

Elaborar un manual que muestre la metodología teórico-práctico de la instalación, operación y mantenimiento de las maquinas térmicas: Calderas pirotubulares, Chiller y Cuarto Frio.

## **Objetivos específicos**

1. Caracterizar el funcionamiento de los equipos térmicos: Calderas pirotubulares, Chiller, Cuarto Frio
2. Definir los criterios técnicos y legales de instalación en la selección de los equipos térmicos: Calderas pirotubulares, Chiller y Cuarto frio de acuerdo a las especificaciones del Fabricante y las normas de instalación nacionales e internacionales.
3. Presentar procedimiento para el arranque y puesta a punto en la operación de los equipos térmicos: Calderas pirotubulares, Chiller y Cuarto Frio de acuerdo a los procedimientos dados por el fabricante.
4. Seleccionar los parámetros fundamentales para el buen funcionamiento del régimen de explotación, de los equipos térmicos: Calderas pirotubulares, Chiller y Cuarto Frio.
5. Elaborar la planificación del mantenimiento de los equipos térmicos: Calderas pirotubulares, Chiller y Cuarto Frio.
6. Estimar costos de Instalación, operación y mantenimientos de los equipos térmicos: Calderas pirotubulares, Chiller y Cuarto Frio.
7. Proponer el tipo de equipos de protección personal (EPP) para la ejecución de la instalación (montaje), operación y mantenimiento de los equipos térmicos usando criterios legislativos nacionales.

## Capítulo I. Generalidades de Caldera, Chiller y Cuarto Frio

### 1.1. Caldera

#### 1.1.1 Introducción.

La definición moderna del término máquina es el conjunto de elementos que permiten vencer una resistencia o transformar una información aplicando una energía. Una máquina térmica es un dispositivo que trabaja de forma cíclica o de forma continua para producir trabajo mientras se le da y cede calor, aprovechando las expansiones de un gas que sufre transformaciones de presión, volumen y temperatura en el interior de dicha máquina.

#### 1.1.2 Máquina de vapor.

Las máquinas de vapor pertenecen a la familia de los convertidores de energía química en calor y después el calor en energía mecánica. En la mayor parte de los casos la producción de calor se efectúa por combustión de combustibles sólidos, generalmente hulla.

La máquina de vapor se clasifica como una máquina de motor térmico de combustión externa, ya que el combustible se quema fuera del cuerpo de la máquina, en oposición a los motores de combustión interna, como los de automóvil, que queman el combustible en el interior del cilindro de trabajo. Las máquinas de combustión externa utilizan un fluido (en este caso vapor de agua) para transmitir la energía calorífica producida. La transformación en energía mecánica se produce dos fases, que son las siguientes:

1. En la caldera la energía calorífica calienta el agua hasta convertirla en vapor, el cual se expande y genera presión.
2. La presión del vapor se utiliza para hacer funcionar las partes mecánicas de la máquina.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> OPITEC. Máquinas de vapor (2014). *Recuperado el 1 de septiembre de 2018*

### 1.1.3 Caldera de vapor.

Una caldera es un recipiente cerrado en que se calienta agua, se genera vapor o se sobrecalienta el vapor bajo presión o vacío mediante la aplicación de calor generado por combustibles, electricidad o energía nuclear.

El vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido se calienta y cambia de estado, el calor procedente de cualquier fuente de energía, se transforma en energía utilizable a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

Las calderas son un caso particular de los intercambiadores de calor en las cuales se produce un cambio de fase. Además, son recipientes a presión, por lo cual son construidas en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas.

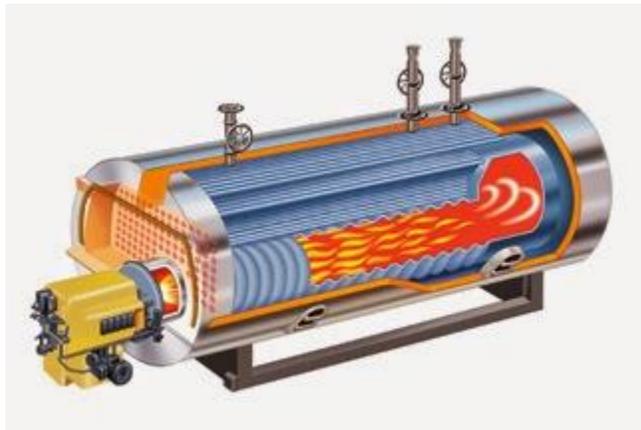
Debido a las amplias aplicaciones que tiene el vapor principalmente de agua, las calderas son muy utilizadas en la industria para generarlo en aplicaciones como:

- ***Esterilización:*** es común encontrar calderas en los hospitales las cuales generan vapor para esterilizar los instrumentos médicos. También en los comedores con capacidad industrial se genera vapor para esterilizar los cubiertos.
- ***Calentar otros fluidos:*** Por ejemplo, en la industria petrolera se calienta a los petróleos pesados para mejorar su fluidez y el vapor es muy utilizado.
- ***Generar electricidad:*** A través de un ciclo Rankine. Las calderas son partes fundamentales de las centrales termo eléctricas.

Es común la confusión entre caldera y generador de vapor, pero su diferencia es que el segundo genera vapor sobrecalentado.

Por lo general las calderas en función de su uso se subdividen en cuatro tipos: Residencial, comercial, industrial y de servicio público:

- **Calderas residenciales:** producen vapor a baja presión o agua caliente, sobre todo para aplicaciones de calefacción en residencias privadas.
- **Calderas comerciales:** producen vapor o agua caliente, sobre todo en aplicaciones de uso comerciales y en ciertas ocasiones en operaciones de procesos.
- **Calderas industriales:** producen vapor o agua caliente sobre todo en aplicaciones de procesos y algunas veces para calefacción.
- **Calderas de servicios públicos:** producen vapor que normalmente se usan para generar electricidad.



*Fig. 1. Caldera pirotubular.*

Las calderas de vapor constan de dos partes principales:

1. **Cámara de agua:** Es el espacio que ocupa el agua en la caldera, allí donde se separa el vapor del agua para lograr posteriormente la suspensión, el nivel de agua se fija en su diseño de fábrica, de tal manera que sobrepase unos quince centímetros los tubos o conductos de humo superiores. Cuanto más variable es el consumo de vapor mayor será el volumen de la cámara. Con esto a toda caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, lo que forma la cámara de agua.
2. **Cámara de vapor:** Es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, en ella debe separarse el vapor del agua en suspensión. Cuanto más

variable sea el consumo de vapor tanto más debe ser el volumen de esta cámara, de manera que aumente también la distancia entre el nivel del agua y la toma de vapor.

Adicionalmente un sistema de vapor tiene:

- Válvulas de seguridad.
- Válvulas reguladoras de flujo.
- Bomba de alimentación.
- Tanque de condensados.
- Trampas de vapor.
- Redes de distribución.
- Equipos consumidores.
- Sistema de recuperación de calor.

#### **1.1.4 Calderas pirotubulares.**

También llamadas tubos de humo. En este tipo de calderas el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente rodeando los tubos por donde circula el fuego y gases producto de un proceso de combustión. Este generalmente tiene un hogar integral llamado caja de fuego, limitados por superficies enfriados por agua.

Las calderas en su configuración interna presentan tuberías para el transporte de fluidos con diseños desde 1 hasta 4 pasos.

El 95% de calderas de vapor que operan a nivel industrial son del tipo pirotubular. La caldera de tubo de humo que viene siendo el caballo de batalla en la generación de vapor en la industria tiene sus limitantes en cuanto a capacidades.

Las calderas pirotubulares fija con tubos de retorno horizontales es una combinación de parrilla, altar refractario, puertas de carga cenicero y cámara de combustión. Las superficies de las paredes interiores están revestidas de refractario. Los gases calientes pasan por encima del altar y lamen todo el fondo de la caldera, volviendo a la parte frontal de esta por el interior de los tubos. Finalmente, los productos de la combustión pasan a la chimenea. Estas calderas con tubos de retorno se utilizan en pequeñas centrales industriales debido a su baja capacidad de producción de vapor, presiones limitadas y poca rapidez para producir vapor.



*Fig. 2. Caldera pirotubular.*

La caldera de vapor tubular está concebida especialmente para aprovechamiento de gases de recuperación y presenta las siguientes características:

El cuerpo de la caldera está formado por un cilindro de disposición horizontal que incorpora en su interior un sistema multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor.

La circulación de gases se realiza desde una cámara frontal dotada de brida de adaptación hasta la zona superior donde termina su recorrido en otra cámara de salida de humo.

El acceso al cuerpo por el lado de los gases se realiza mediante puertas atornilladas y abisagradas en la cámara frontal y posterior de entrada y salida de gases equipada con bridas de conexión. En cuanto al acceso al lado del agua se efectúa a través de registro hombre situado en la bisectriz superior del cuerpo y con tuberías de gran diámetro en la

bisectriz inferior y placa posterior para facilitar la limpieza de posible acumulación de lodos.

El conjunto completo, con sus accesorios se asienta sobre un soporte deslizante y bancada de sólida y firme construcción siniestrándose como unidad compacta y dispuesta a entrar en funcionamiento tras realizar las conexiones de instalación.

## **1.2. Chiller**

### **1.2.1 Introducción.**

Hay una variedad de tipos de chiller; estos se clasifican por la forma de su ciclo de refrigeración (absorción y compresión de vapor), por su forma de compresión y por su medio de enfriamiento.

Analizamos un tipo de chiller, que es el chiller tipo scroll enfriado por aire, estas unidades se destacan por tener una alta eficiencia y ser muy confiables. Los compresores scroll, debido a su tipo hermético, la reparación interna es imposible.

El chiller enfriado por aire es un solo modulo en el que está integrado el evaporador, accesorios y el condensador enfriado por la corriente de aire que ingresa por su periferia para enfriar el condensador y luego expulsa este calor en un tiro vertical por los ventiladores de chiller.

Los compresores herméticos se usan para equipos de baja capacidad, es decir hasta 100 Toneladas. Estos compresores al estar completamente sellados no son reparables ni es posible dar servicio, sin embargo, su costo es muy bajo comparado con los otros tipos de compresores y en condiciones normales estos equipos ofrecen de 10 a 15 años de vida.

### **1.2.2 Características y funcionamiento de los Chiller.**

Un Chiller es una unidad enfriadora de líquidos, conformado por dos unidades de transferencia de calor, un evaporador y un condensador, además de los elementos clásicos del ciclo de refrigeración (compresor, válvula de expansión, filtros, etc.). Mantiene el

líquido refrigerado cuando está en función de frío o el líquido calentado cuando está en función de bomba de calor.

El agua que se requiere enfriar circula a través de un intercambiador, este flujo de agua transmitirá su calor al flujo del refrigerante, ya que éstos se encuentran separados por la pared del tubo. El refrigerante, al recibir el calor, se evapora debido a sus características y a la baja presión de evaporación, el refrigerante es extraído por el compresor, el cual lo envía comprimido hacia el condensador. En dicho proceso, el refrigerante se calienta por el efecto de la compresión y del calor del motor del compresor. El gas caliente del compresor entra al condensador, en donde su calor es transmitido a un medio refrigerante, que bien puede ser agua o aire. El calor extraído provoca que el refrigerante se condense a alta presión, el refrigerante en estado líquido a alta presión puede ser almacenado o enviado directamente al a válvula de expansión para su inyección en el evaporador y así reiniciar el ciclo.

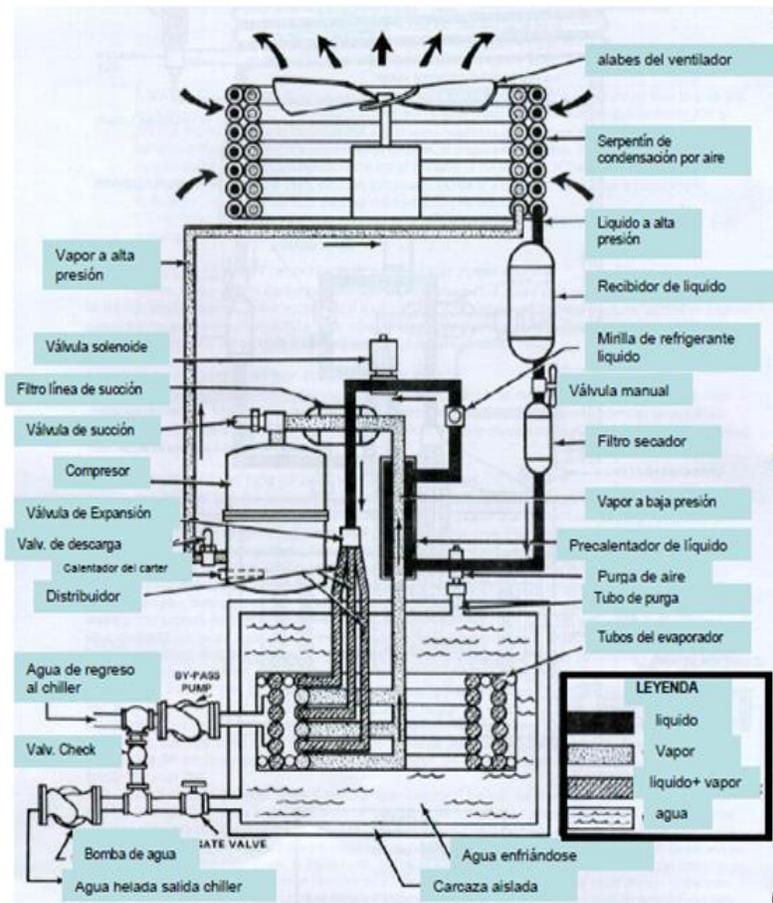


Fig. 3. Componentes principales de un chiller enfriado por aire.

Todos los chiller en su construcción presentan los siguientes componentes básicos:

- **El compresor:** El compresor es el corazón del sistema, ya que es el encargado de hacer circular al refrigerante a través de los diferentes componentes del sistema de refrigeración del chiller. Succiona el gas refrigerante sobrecalentado a baja presión y temperatura, lo comprime aumentando la presión y la temperatura a un punto tal que se puede condensar por medios condensantes normales (aire o agua). A través de las líneas de descarga de gas caliente, fluye el gas refrigerante a alta presión y temperatura hacia la entrada del condensador.
- **El condensador:** Su función es proporcionar una superficie de transferencia de calor, a través de la cual pasa el calor del refrigerante caliente al medio condensante.
- **El evaporador:** El evaporador que es un intercambiador de calor del tipo casco y tubo, su función es proporcionar una superficie, para transferir calor del líquido a enfriar al refrigerante en condiciones de saturación. Mediante la línea de succión fluye el gas refrigerante como vapor a baja presión proveniente del evaporador a succión del compresor es el componente del sistema de refrigeración donde se efectúa el cambio de fase del refrigerante. Es aquí donde el calor del agua es transferido al refrigerante, el cual se evapora al tiempo de ir absorbiendo el calor.
- **Válvula termostática:** La válvula termostática de expansión su finalidad es controlar el suministro apropiado del líquido refrigerante al evaporado, así como reducir la presión del refrigerante de manera que vaporice en el evaporador a la temperatura deseada.
- **Dispositivos y controles:** Para que un enfriador de líquido trabaje de forma automática, es necesario instalarle ciertos dispositivos eléctricos, como son los controles de ciclo. Los controles que se usan en un enfriador son de acción para temperatura, llamados termostatos, de acción por presión llamados presostatos y de protección de fallas eléctricas llamados relé.

### 1.2.3 Usos principales de los chiller.

El uso de los Chillers se encuentra en muchas industrias u hogares se requiere enfriar el ambiente, refrescar habitaciones, entonces se utilizan aires acondicionados y los deshumidificadores que acondicionan, lo malo es que no logran verdaderamente su cometido. (Carrierchillers, 2020).

#### 1.2.3.1 Aplicaciones en la industria.

El uso de Chillers es muy amplio en todo tipo de sectores, destacando en su mayoría en los siguientes:

- **Sector médico:** se utilizan en las máquinas de rayos X, aceleradores lineales y máquinas de MRI (imagen de resonancia magnética).
- **Sector farmacéutico:** se utilizan en los tanques de producto fresco y máquinas de formación de ampollas.
- **Sector alimenticio:** se utilizan en tiendas de helados de yogurt, panaderías, bodegas, cervecerías, y mucho más.
- **Sector comercial:** son la solución ideal para los requerimientos de aire acondicionado en edificios comerciales, hospitales, universidades, hoteles, instalaciones gubernamentales, entre otras.

### 1.2.4 Los componentes auxiliares de los chiller.

Los principales dispositivos y controles de un chiller son:

- **Termostatos:** Son dispositivos que actúan para conectar o interrumpir un circuito en respuesta a un cambio de temperatura.
- **Presostatos de baja presión:** se conecta en la succión del compresor y este opera cuando existe una baja presión en el sistema, ya sea por una baja temperatura en el fluido como control de seguridad, por falta de refrigerante o por alguna obstrucción en la línea de líquido o de succión.
- **Presostatos de alta presión:** actúa como un dispositivo de seguridad al incrementar la presión a un nivel arriba de lo normal, este dispositivo es de restablecimiento manual, el disparo por alta presión puede ocasionarse por obstrucción

en el condensador, altas temperaturas en el área de enfriamiento, mal funcionamiento de los abanicos, desajustes en la válvula de expansión, obstrucción en la línea de líquido.

- **Filtro deshidratador de succión:** Este se encuentra instalado en la línea de succión y tiene por objeto absorber cualquier humedad que contenga el refrigerante, así como detener cualquier partícula extraña que viaje al compresor.

- **Filtro deshidratador de líquido:** Este se encuentra instalado en la línea de líquido y tiene por objeto absorber cualquier humedad que contenga el refrigerante, así como detener cualquier partícula extraña que viaje al compresor.

- **Indicador o visor de líquido:** Está instalada también en la línea de líquido, permite verificar visualmente que el sistema tenga su carga completa del refrigerante, así como verificar que el refrigerante se mantenga seco. Un indicador verde indica que no hay contenido de humedad. Un indicador amarillo indica que el sistema está contaminado con humedad y requiere servicio.

- **Circuito de control:** Se encarga de controlar los paros y arranques de los motores del chiller, así como de las señales de alarmas. Las líneas y accesorios de refrigeración conducen el refrigerante de un componente a otro del sistema de refrigeración, regulando, filtrando y controlando el paso de refrigerante.

- **Solenoide de línea de líquido:** El solenoide de línea de líquido es una válvula de control de flujo de refrigerante controlada eléctricamente que se cierra cuando el compresor se detiene. Esto evita que el refrigerante líquido migre al evaporador y provoque golpes de líquido cuando el compresor vuelve a arrancar. El golpeteo de líquidos puede causar daños severos al compresor. La válvula se abre cuando el compresor está encendido.

- **Acumulador o depósito de líquido:** Mantiene la carga del refrigerante del sistema durante el servicio, evita entonces un golpe de líquido al compresor. El depósito

no está presurizado, lo que favorece la separación de aire y los flujos de proceso elevados.

### 1.2.5 Construcción y mantenimiento de los chillers.

La estricta selección de sus componentes, así como del sistema de control de calidad aseguran el buen funcionamiento y confiabilidad. Los componentes principales son rigurosamente probados y calificados antes de probar el equipo en conjunto. Cada diseño de la unidad ha pasado muchas horas de pruebas rigurosas para asegurar la confiabilidad, la durabilidad y la calidad de todo el equipo. El compresor Scroll hoy en día representa a un equipo de la más alta eficiencia energética. El intercambiador de calor de alta eficiencia tipo placas asegura la capacidad del equipo. La bomba de agua especialmente diseñada en los Chillers funciona adecuadamente con una alta eficiencia y con una mínima vibración y ruido. (Eliwellmx, 2020).



*Fig. 4. Componentes principales de un chiller.*

## **1.3. Cuarto Frio**

### **1.3.1 Introducción.**

Con el paso del tiempo, mantener los productos alimenticios en óptimas condiciones ha pasado de ser una necesidad a un requerimiento indispensable para su comercialización, por lo tanto, las diferentes empresas e industrias alimentarias en Nicaragua han optado por invertir dinero y esfuerzo en mantener dichas condiciones para el consumo de sus diferentes productos.

En la industria alimentaria en Nicaragua, la instalación destinada a la conservación y congelación de alimentos, en su mayoría provenientes del sector agrícola, pesquero de la región; tiene como propósito controlar las características de calidad recibidas de los productos almacenados, con el fin de lograr las satisfacciones del cliente. Para alcanzar su propósito el frigorífico cuenta con dispositivos que en conjunto operan bajo un ciclo denominado “compresión de vapor”; en el cual un fluido de trabajo llamado “refrigerante” se evapora y condensa alternadamente, para luego comprimirse en la fase de vapor.

Conocer, entender y controlar la forma como operan los dispositivos, es fundamental para las cámaras frigoríficas ya que permite analizar y proponer metodologías en busca de ahorro energético, las cuales se traducen en bajos costos de producción. De esta forma el trabajo presentado a continuación pretende consolidar las bases de la instalación, operación y mantenimiento de las cámaras frigoríficas.

La función de una planta de refrigeración es enfriar artículos o productos y mantenerlos a una temperatura más baja que la temperatura ambiente. La refrigeración se puede definir como un proceso que saca y transporta el calor de una zona de baja a una de alta temperatura. Los más viejos y mejores refrigerantes conocidos son el hielo, el agua y el aire. Al principio, el único propósito de la refrigeración fue conservar alimentos.

La electricidad empezó a jugar su papel al principio de este siglo y las plantas mecánicas de refrigeración empezaron a ser comunes en muchos campos: por ejemplo, cervecerías, mataderos, pescaderías y fabricación de hielo.

### 1.3.2 Características y funcionamiento de los cuartos fríos.

Las cámaras frigoríficas o cuartos fríos son grandes neveras que permiten almacenar alimentos como carne, pescado o vegetales, con objeto de mantener y prolongar su buena conservación. Pero las cámaras frigoríficas se utilizan en muchos otros sectores, no sólo en alimentación, ejemplo de ello son el sector farmacéutico, para la investigación científica (laboratorios) y hasta para asegurar la buena conservación de flores (floristerías). (Hongdacafrisl, 2020).

La principal característica de las cámaras frigoríficas o cuartos fríos es que deben alcanzar y mantener una temperatura de frío necesaria. Para ello existe un refrigerante, un compuesto químico que absorbe el calor de los alimentos pasando de su estado líquido a vapor. Aunque a muchos les pueda sorprender, una cámara frigorífica no enfría, cuando se habla de frío nos referimos a ausencia de calor. Las cámaras frigoríficas no inyectan frío en su interior, sino que extraen el calor de los alimentos almacenados (calorías convertidas en calor) y la absorción de este vapor (mediante el proceso abajo indicado) provoca el enfriamiento de la cámara. Pero, hoy en día, también se busca que estas instalaciones cuenten con unos niveles de humedad y ambiente que propicien la correcta manutención de determinados alimentos. Para que se den todas estas condiciones de frío y humedad, las cámaras frigoríficas o cuartos fríos cuentan con los siguientes componentes:

- **Compresor:** encargado de absorber el refrigerante y de retenerlo hasta su entrada en el condensador.
- **Condensador:** aquí el refrigerante transfiere el calor de condensación y se vuelve de nuevo a convertir en líquido.
- **Válvula de expansión:** el refrigerante líquido pasa a la válvula de expansión, donde pierde una parte del calor y entra al evaporador como una mezcla de líquido y vapor.

- **Evaporador:** el evaporador hierve a presión esta mezcla provocando que el fluido exterior absorba el calor del refrigerante y vuelva a enfriarse. Este dispositivo transfiere la energía térmica de los alimentos hasta el líquido refrigerante que se mueve en el interior de la cámara. Lo que provoca la sensación de frío y humedad en su interior.

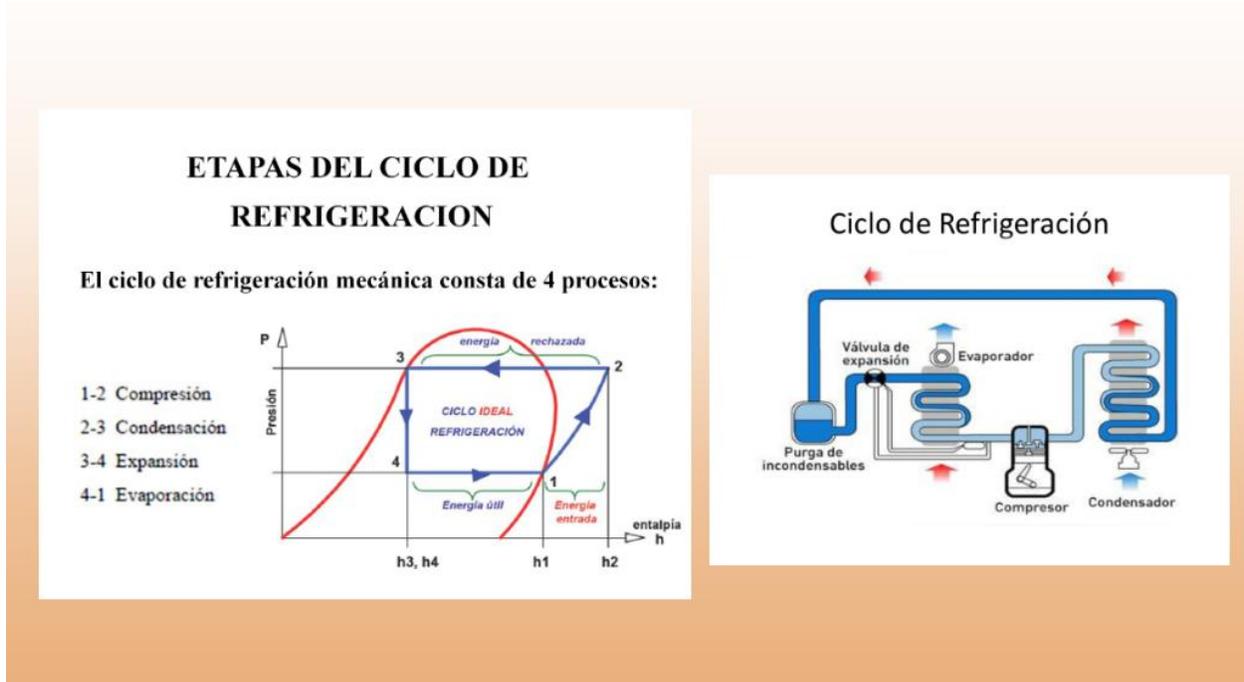


Fig. 5. Componentes y el diagrama  $(p - h)$  de un ciclo de refrigeración.<sup>2</sup>

### 1.3.3 Usos principales de los cuartos fríos.

El uso de cámaras frigoríficas es muy amplio a nivel industrial. Podemos definir que una cámara frigorífica de este tipo, es un recinto refrigerado usando un sistema de compresión de vapor, mantenido a bajas temperaturas. Para garantizar esta temperatura suficientemente baja, se usan paredes y cerramientos con unas muy buenas propiedades aislantes. (Naturgy,2020).

#### 1.3.3.3 Aplicaciones en la industria.

El uso de cámaras frigoríficas es muy amplio en todo tipo de sectores,<sup>2</sup> destacando en su mayoría en los siguientes:

<sup>2</sup> Fundamentos de refrigeración (parte I). M en C. José Antonio González Moreno. 6° BC T/V MAI. Abril del 2015. Ciclo de refrigeración. Instituto Tecnológico de Pabellón Arteaga. TEC.

- **Sector agroalimentario:** Permiten mantener y conservar en adecuadas condiciones los alimentos. Se usan en el ámbito de la industria láctea, agrícola o pesquero, entre otros.
- **Sector farmacéutico:** La mayoría de compuestos usados en el ámbito de la industria farmacéutica o biotecnológica requieren de bajas temperaturas de conservación.

#### **1.3.4 Los componentes auxiliares de los cuartos fríos.**

La cámaras frigoríficas o cuartos fríos están constituidas fundamentalmente por dos componentes básicos: en primer lugar, lo que constituye la propia cámara frigorífica (recinto) y, por otro lado, el equipo de producción de frío. Además, existen otros sistemas adicionales como los de iluminación y control. (Renedo Carlos J, 2010).

A continuación, se definen los siguientes sistemas adicionales de las cámaras frigoríficas o cuartos fríos:

- Aislamiento: Aislamiento con paneles prefabricados.
- Barrera anti vapor: El vapor de agua se difunde desde los puntos de mayor a menor presión de vapor.
- Revestimientos: Protección mecánica de material aislante, protección frente al agua, fuego y crecimiento microorganismos.
- Válvulas de equilibrado de presiones: los reguladores tipo KV se emplean en las zonas de alta/baja presión de los sistemas bajo condiciones de carga variables.
- Termostatos: control de encendido y apagado por temperatura (banda de regulación, histéresis), los cuales en mención son: diferencial, ambiente, ambiente con desescarhe semiautomático y anti congelación.
- Puertas: son isotérmicas, y estanca al vapor y al aire, son resistente a golpes y tienen dimensiones y características adecuadas. Poseen alarmas sonoras y luminosas y alumbrado de emergencia.
- Prevención de congelación del suelo: se construyen de vacío sanitario o por calentamiento del suelo.

- Desagües: son sifónicos que es un sistema de evacuación por gravedad que mezcla aire y agua y dotados de rejilla.
- Ventanas para renovación de aire: con extractores para renovación del aire interior.

### 1.3.5 Construcción y mantenimiento de los cuartos fríos.

La elección adecuada de los espesores y materiales del aislamiento de la cámara, reduce notablemente el consumo energético. Se deben elegir sistemas con muy baja conductividad y garantizar una construcción cuidada, sin que puedan existir huecos o rendijas que permitan la entrada de aire exterior. Los sistemas de cierre de puertas deben ser lo más estancos posibles y contar con sistemas de cortina de aire u otras opciones que eviten que el aire caliente entre a la cámara cuando se abren las puertas.

Un diseño cuidadoso de la cámara en su conjunto, así como contar con operaciones de mantenimiento adecuadas, es la mejor garantía para disminuir el consumo energético de la instalación, aumentar su vida útil y, además, garantizar las mejores condiciones de temperatura y humedad en el interior. (Naturgy,2020).

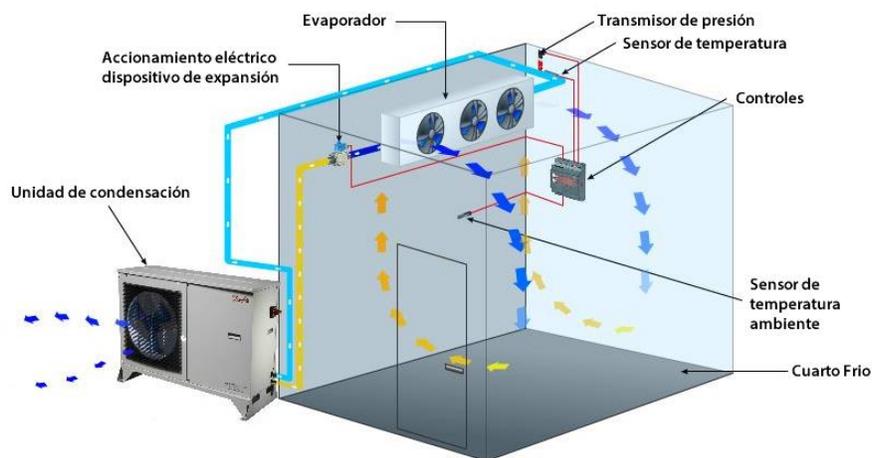


Fig. 6. Componentes principales de un cuarto frío.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> UNIFRIO SA DE CV [www.cuartofrio.mx](http://www.cuartofrio.mx) Empresa dedicada al diseño, fabricación, montaje, mantenimiento, venta de cuartos fríos y todo lo relacionado a sistemas de refrigeración en México.

## **Capítulo II. Instalación y Operación de Caldera, Chiller y Cuarto Frio**

En este capítulo se da a conocer la ubicación de los equipos, algunas recomendaciones para la instalación de los equipos térmicos, así como sus diferentes componentes: unidad condensadora, evaporador, tubería y accesorios. También comprende el arranque y puesta en marcha de cada uno de ellos, por último, se mencionan puntos clave para realizar una revisión final y poner en marcha el equipo.

### **2.1 Caldera**

#### **2.1.1 Descripción general de instalación.**

Apoyados en el documento de Pedro, J (2010) “Se tomó como objeto principal la sala de calderas, una red de distribución de calor y una de retorno de condensados. Estarán convenientemente aisladas. Estas saldrán de la sala de calderas, y se distribuyen por las zonas donde la maquinaria necesite el vapor”.

El vapor de agua de salida de la caldera es vapor saturado, es decir, en equilibrio con el agua líquida a la presión de trabajo. El vapor saturado es idóneo para calefacción, ya que está listo para ceder el calor latente de condensación, licuándose en un serpentín o camisa exterior de calefacción de una determinada unidad de proceso.

Para el proceso a realizar las calderas deberán suministrar la suficiente cantidad de vapor como, por ejemplo: el túnel de lavado, secadoras secuenciales, secadoras rotativas, calandras y lavadora en seco.

La alimentación del agua a la caldera, se hará desde el tanque de alimentación, que tendrá conectado un sistema de bombas para suministrar el agua a la caldera a la presión necesaria. Dicho tanque dispondrá de un desgasificador, para eliminar el aire y gases disueltos en el agua, que se encuentren en el interior del tanque. A este desgasificador vendrá a conectarse, la red de condensados, la tubería de alimentación procedente del descalcificador y la tubería del tanque de evaporización de la purga de lados de la caldera.

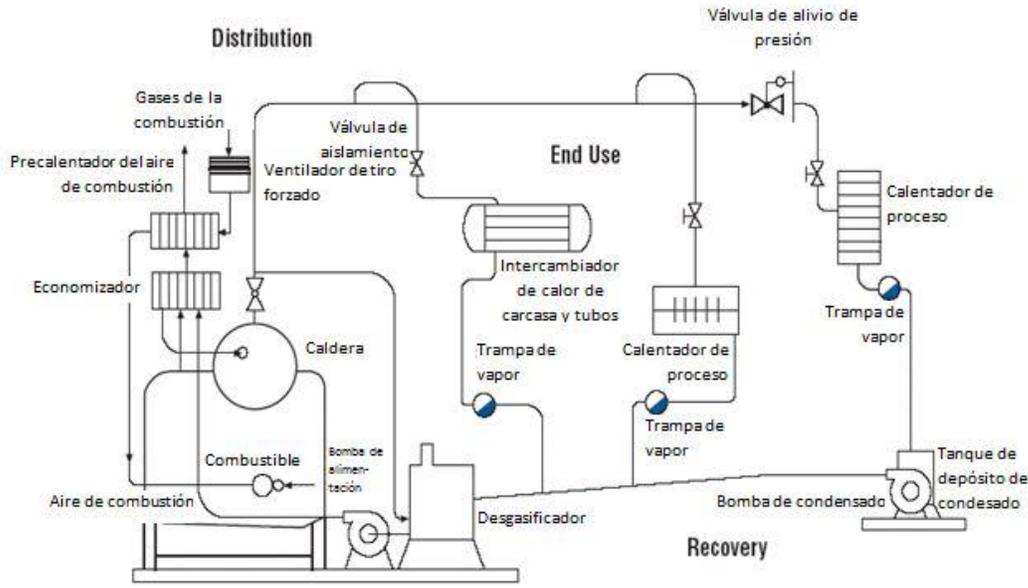


Fig. 7. Optimización de sistemas de vapor industrial.

### 2.1.2 Elementos generales de la instalación.

**Distribuidor:** Comprende la canalización entre el generador de vapor y el arranque de las derivaciones hasta los puntos de consumo. Cuando existan varias canalizaciones próximas que alimenten a equipos que trabajen a la misma presión, el arranque de aquellas se efectuará en un colector común alimentado por el distribuidor.

**Derivaciones y ramales:** Las derivaciones son las conducciones que parten del distribuidor o de un colector y alimentan a los aparatos de consumo directamente a través de ramales finales.

**Purgadores:** Se trata de dispositivos para la evacuación de condensados en canalizaciones, estaciones reductoras de presión, estaciones reguladoras de temperatura y aparatos utilizadores.

Los instalados en los aparatos utilizadores se colocarán delante de los mismos cuando éstos se utilicen directamente y detrás cuando la utilización sea indirecta.

**Estaciones reductoras de presión:** Se dispondrán en tramos horizontales las canalizaciones que alimenten aquellos equipos de vapor cuya presión sea inferior a la del generador. Para equipos de consumo próximo entre sí y alimentado desde un mismo colector, cuyas presiones de utilización coincidan, se utilizará una sola estación reductora colocada delante del colector.

**Red de retorno de condensados:** Se denomina así al conjunto de canalizaciones de evacuación de condensados desde los puntos de purga hasta el depósito de recogida de condensados. En esta canalización se evitará, siempre que sea posible, los tramos verticales ascendentes.

**Válvulas de seguridad:** Se instalarán para evitar sobrepresiones accidentales que puedan deteriorar la instalación. La tubería de descarga podrá verter directamente a la atmósfera cuando no exista la posibilidad de que la descarga de vapor, en caso de entrada en funcionamiento de la válvula, pueda producir daños a personas, en caso contrario, el escape se conducirá, mediante una canalización adecuada, a la red de saneamiento.

### **2.1.3 Accesorios y aberturas.**

**Válvulas:** Deberán llevar troqueladas la presión nominal para la que haya sido construida.

**Manómetros y termómetros:** Los manómetros estarán montados sobre un grifo de tres direcciones con una placa brida de 40 mm de diámetro para sujetar en ella el manómetro patrón con el que deben realizar las pruebas. Los manómetros instalados serán de la clase 0,5.

**Dispositivos de drenaje, purgas a presión y aireación:** Las calderas dispondrán además de los correspondientes dispositivos de drenaje y de aireación, purgadores de presión. En las tuberías de drenaje se colocará una válvula de cierre.

**Abertura:** Las calderas contarán con las aberturas necesarias para proceder a su limpieza, mantenimiento e inspecciones pertinentes.

**Válvulas de seguridad:** Todas las válvulas de seguridad instaladas serán de resorte y estarán provistas de mecanismo de apertura manual y regulación precintable, debiéndose cumplir la condición de que la elevación de la válvula deberá ser ayudada por la presión del vapor evacuado. Dichas válvulas son las encargadas de dar salida a todo el vapor producido en régimen máximo, sin que el aumento de presión en el interior de la caldera exceda del 10% de la presión del recinto.

**Válvula del circuito de alimentación:** La tubería de alimentación de agua desde la bomba dispondrá de dos válvulas de retención, una de estas se situará muy cerca de la caldera y la otra se colocará a la salida de la bomba. La válvula de retención situada junto a la caldera llevará, entre esta y dicha válvula, una válvula de interrupción que pueda aislar la caldera de la tubería de alimentación.

**Válvulas del circuito de vapor:** Se dispondrá además de la pertinente válvula de interrupción, una válvula de retención. La válvula de interrupción será de cierre lento, fácil de maniobrar y de husillo exterior.

#### **2.1.4 Preparación de instalación.**

El proyecto siempre deberá proporcionar el lugar propuesto a la instalación de la misma. A su vez deberá de contar con un plazo de una hora para la debida verificación por parte del operario.

Para la instalación se resaltó los siguientes puntos:

- Todas las calderas con sus auxiliares y accesorios deben ubicarse dentro de lo posible en espacios seguros.
- Deberá instalarse suficientes escaleras y superficies para inspección, operación y mantenimiento.

- Deberá haber la cantidad suficiente de salidas de evacuación.
- Buena iluminación en todo momento en la sala de calderas.
- Fuente de iluminación de emergencia.
- Manejo de materiales inflamables sujetas a regulaciones de trabajo.

### **2.1.5 Cimientos de caldera.**

Una parte crucial a la hora de instalación son los cimientos. Parafraseando la obra de Miranda J Normas técnicas de instalación de Calderos (2013), se debe preparar muy bien el lugar donde ira la caldera, deben protegerse del calor o aislándolas del mismo. El acero no debe estar expuesto a 315°C y el cemento no más a 240°C.

Si las vigas estarán en riesgo de corrosión deberán suspenderse sobre cimientos de concretos de 30cm del suelo. De igual manera se deberá evitar corrosión a las vigas del techo por parte de la chimenea.

### **2.1.6 Válvula de seguridad.**

Siendo este un elemento clave hay varias recomendaciones que debemos acatar tales como:

- Instalarse tuberías aparte en las válvulas de seguridad.
- En ningún caso esas tuberías deben de interconectarse con otras.
- No deben instalarse de manera rígida a las válvulas, debe considerarse cualquier expansión por parte de las calderas.
- En ningún caso se deberá operar sin válvulas de seguridad.

### **2.1.7 Medidores de presión y agua.**

Hablando de manómetros, y parafraseando a Miranda J Normas técnicas de instalación de Calderos (2013), deberán estar instalados fuera de vibraciones para evitar daños. De igual manera deberá evitar lugares con menos de 4°C o mayores a 65°C.

## **2.1.8 Suministros de alimentación.**

### ***2.1.8.1 Suministros de agua.***

El agua de alimentación del agua estará fluyendo a en concordancia a cualquier tipo de emergencia de igual manera si por el tipo de rubro el agua necesita ser pasada por cualquier tipo de tratamiento será antes de ingresar a la caldera. Se recomienda una bomba de agua de emergencia. Deberá haber indicadores de vidrio algún otro que muestre la cantidad real en los depósitos.

### ***2.1.8.2 Suministros de combustión.***

Todas las compuertas y válvulas para el suministro de aire y combustible serán instaladas para que puedan ser operadas convenientemente y siguiendo los lineamientos regionales de seguridad que serán más tarde explicados en este mismo documento.

Se recomienda que las válvulas sean instaladas en un lugar donde las llamas en casos de incidente no alcancen al operario.

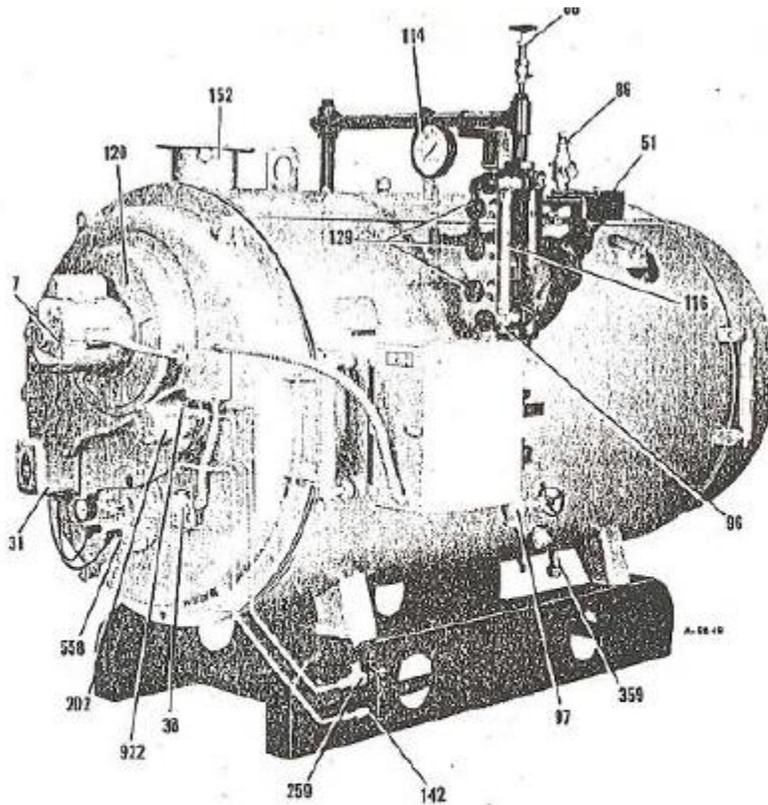
Se recomienda emplear una fuente auxiliar, deberá ser posible operarlas manualmente. Para los servomotores neumáticos se recomienda que el sistema incluya un tanque de almacenamiento el cual lo abastecerá un tiempo razonable en caso de haber fallas eléctricas.

## **2.1.9 Puesta en marcha.**

Se toma como referencia a Martínez A. Procedimientos de puesta y marcha de calderas pirotubulares. (2010). Antes de operar el equipo se debe de:

- Verificar que el nivel de agua de la caldera sea el apropiado.
- Revise las válvulas de agua estén abiertas.
- Suba todos los interruptores del tablero, para que en caso de que este bajo en nivel, lo suba a su nivel de bomba de alimentación.
- Cerciórese que las válvulas que las líneas del combustible estén abiertas.

- Ponga el interruptor del calentador eléctrico en el panel marcado en posición cerrado.
- Una vez que está caliente la combustible valla cerrando la válvula de derivación procurando que la presión en el manómetro del quemador no exceda los  $3 \frac{kg}{cm^2}$



- |   |   |
|---|---|
| 7. Motor del ventilador.                    | 120. Compuerta de aire secundario.          |
| 31. Motor de ignición.                      | 129. Grifos de prueba.                      |
| 38. Válvula solenoide (primaria).           | 142. Conexión de suministro de combustible. |
| 51. Control de bajo nivel.                  | 152. Base de la chimenea.                   |
| 86. Válvula de seguridad.                   | 202. Bomba de combustible (de dos pasos).   |
| 88. Válvula de prueba.                      | 259. Válvula de retención.                  |
| 96. Purga del cristal de nivel.             | 359. Válvula de drenaje.                    |
| 97. Válvula de purga de la columna de agua. | 558. Aislador.                              |
| 114. Manómetro.                             | 922. T para cebado.                         |
| 116. Cristal de nivel.                      |   |

Fig. 8. Procedimientos de puesta y marcha de calderas pirotubulares.

### **2.1.10 Paro de operaciones.**

Para parar la caldera o dejarla fuera de funcionamiento por un tiempo se debe de:

- Ponga a circular el combustible por las tuberías en un lapso de 10 a 15 minutos o el tiempo necesario para dejar llenas las tuberías de alimentación y de retorno.
- Llene la caldera a  $\frac{3}{4}$  partes del tubo de nivel (figura 3). Actuando igualmente el arrancador magnético de la bomba del agua.
- Verifique que todas las válvulas de salida de vapor estén perfectamente cerradas.
- Una vez el motor del ventilador este en reposo y que se coloque el interruptor del quemador en la posición de abierto, se pueden bajar todos los interruptores del tablero eléctrico de entrada.

### **2.1.11 Comprobaciones durante el funcionamiento.**

#### ***2.1.11.1 Sistemas de agua caliente.***

- Regularmente purgue la válvula de alivio directamente con el mecanismo automático de alimentación agregando agua durante periodos de abastecimiento de temperatura y presión.
- Levante periódicamente la válvula de alivio.

#### ***2.1.11.2 Sistemas de vapor.***

- Alimente de agua fría la caldera caliente.
- Verifique deficiencias de tratamiento de agua, eliminación de oxígeno, análisis periódico de agua y programa de purgas.

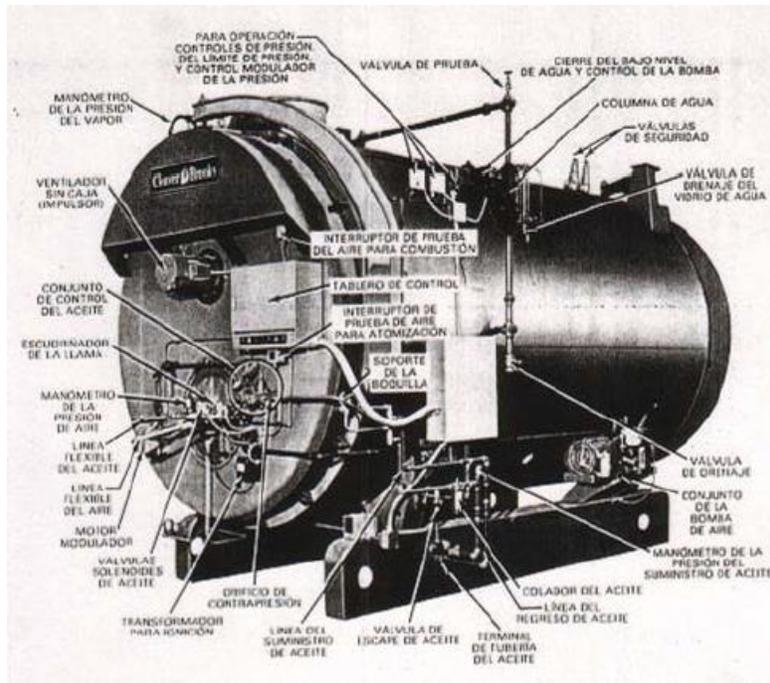


Fig. 9. Procedimientos de puesta y marcha de calderas pirotubulares.

### 2.1.12 Ficha técnica de instalación y operación de caldera.

				FICHA TECNICA	
EQUIPO:				CODIGO:	
FABRICANTE:					
MODELO:	TIPO:	CAPACIDAD:	PRECIO DE COMPRA:		
PESO:	AREA:	SERIE No.:	FLETE:		
SERVICIOS:				INSTALACION:	
AIRE: <input checked="" type="radio"/>	AGUA: <input type="radio"/>	GAS: <input type="radio"/>	VAPOR: <input type="radio"/>	TOTAL:	
LUGAR:				ESPECIFICACIONES DEL MOTOR	
FABRICANTE:		MODELO:	TIPO:	H.P.:	
VOLTIOS:	RPM:	CICLOS:	FASE:	SERIE:	
EQUIPO AUXILIAR					
REPUESTOS QUE SE MANTIENEN EN EXISTENCIA					

Fuente: ENABAS

## 2.2. Chiller

### 2.2.1 Localización del equipo.

El equipo no se instala en salidas de aire contaminados, patios y/o en otros lugares de espacio limitado. Con esto, se evitará al máximo la resonancia y vibración de paredes y otros obstáculos. Se debe contar con espacio suficiente para tener acceso frontal y lateral del equipo para un fácil mantenimiento y/o servicio futuro y así evitar la obstrucción de la succión y descarga del aire caliente de la unidad, se instalará de tal forma que el aire caliente descargado por él no se regrese nuevamente.

Asegurarse que no exista ningún tipo de obstrucción en las succiones y descargas del aire. Eliminar cualquier obstáculo que pudiera bloquear las succiones y descarga de aire. La localización final del equipo debe de asegurar una adecuada ventilación de modo que, el equipo opere a temperaturas y presiones de condensación moderadas.

### 2.2.2 Cimiento.

Los soportes de montaje rígidos que no se deformen o un cimiento de concreto con resistencia y masa suficientes para soportar el peso operativo aplicable (o sea, incluyendo toda la tubería y las cargas operativas totales de refrigerante, aceite y agua). Una vez en el local, la unidad debe ser nivelada en hasta ¼ pul. (6,4 mm) a lo largo de su longitud y anchura.

*Nota: Para permitir la limpieza por debajo del serpentín de condensación, se recomienda dejar una abertura entre la base de la unidad y el soporte de concreto.*

### 2.2.3 Espacios libres.

Deje espacio suficiente alrededor de la unidad para permitir el acceso sin restricción del personal de instalación y mantenimiento a todos los puntos de servicio. Consulte en los diseños las dimensiones de la unidad a fin de garantizar espacio libre suficiente para la abertura de las puertas del panel de control y de servicio de la unidad. Los reglamentos locales que exigen espacios libres adicionales tendrán siempre prioridad sobre estas recomendaciones.

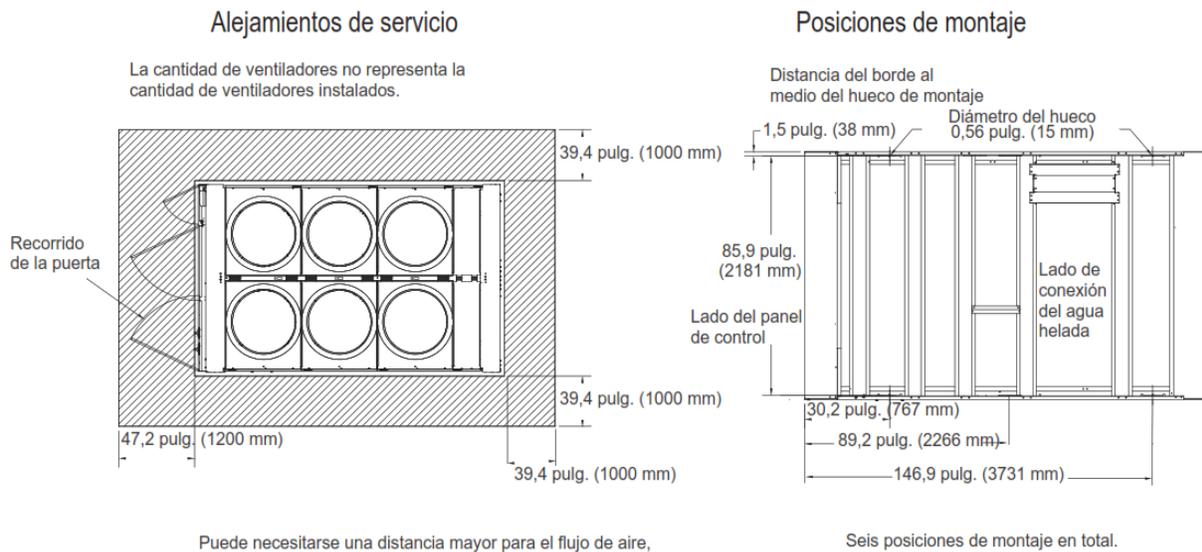


Fig. 10. Alojamiento y posiciones de montaje del Chiller.

### 2.2.4 Procedimiento de elevación.

Acoplar cadenas o cabos a la viga de elevación, como muestran las figuras a seguir. Las barras transversales de la viga de elevación. Deben ser posicionadas de forma que los cabos de elevación no toquen en las laterales de la unidad. Ajústelas conforme la necesidad para obtener una elevación nivelada.

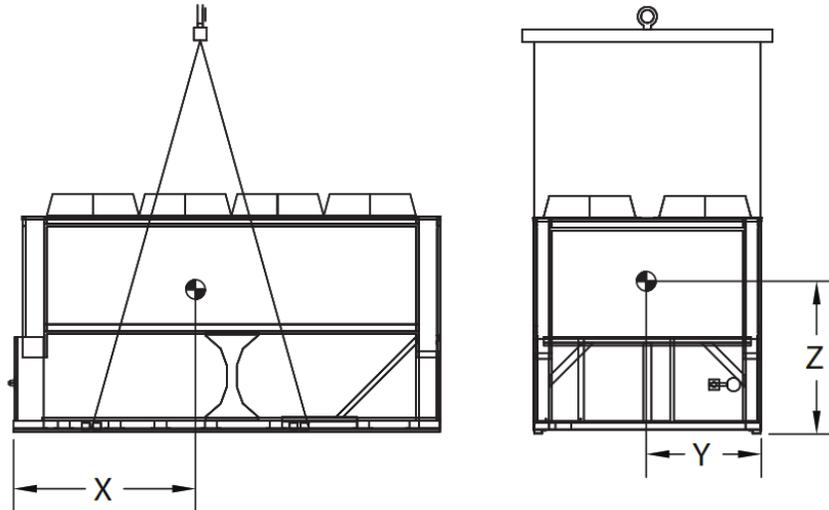


Fig. 11. Maniobras para el proceso de elevación.

## 2.2.5 Aislamiento y nivelación de la unidad.

### 2.2.5.1 Montaje.

Construya un soporte de concreto aislado para la unidad o proporcione bases de concreto en cada uno de los cuatro puntos de montaje de la unidad. Monte la unidad directamente sobre los soportes o bases de concreto. Nivele la unidad usando el carril de base como referencia. La unidad debe estar nivelada en hasta  $\frac{1}{4}$  de pul. (6,3mm) en toda la longitud. Use calces, conforme la necesidad, para nivelar la unidad.

### 2.2.5.2 Instalación del aislador elastomérico.

Instale los aisladores de neopreno opcionales en cada local de montaje. Los aisladores son identificados por el número del componente y color.

- Fije los aisladores a la superficie de montaje usando las hendiduras de montaje en la placa básica de montaje, como muestra la Figura. No apriete los tornillos de montaje de los aisladores con la torsión total, por el momento.
- Alinee los agujeros de montaje en la base de la unidad con los pernos de posicionamientos enroscados de la parte superior de los aisladores.
- Baje la unidad sobre los aisladores y fije el aislador a la unidad con una tuerca. La desviación máxima del aislador debe ser de aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de pul. (6,3mm).

- Nivela la unidad con cuidado y apriete los tornillos de montaje de los aisladores con la torsión total.

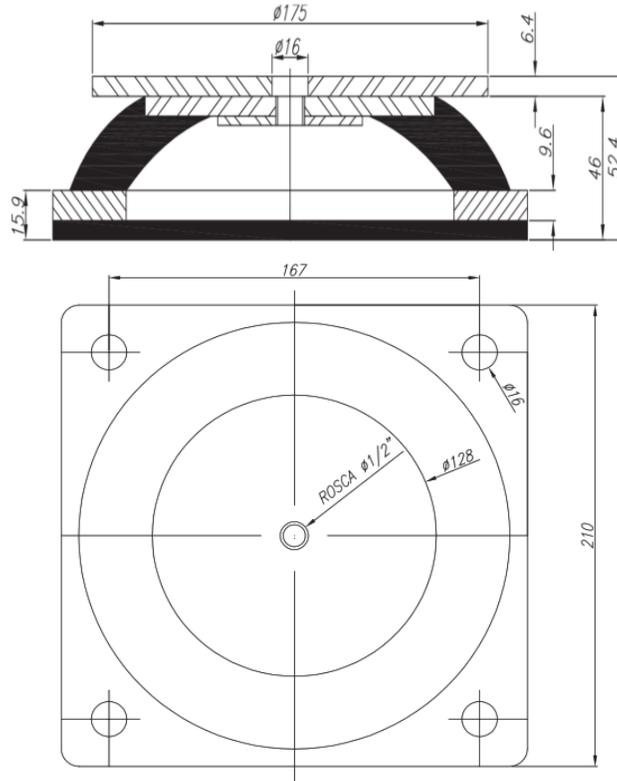


Fig. 12. Dimensiones del aislador elastómerico en mm.

Tabla N° 1. Carga, deflexión, dureza y color del aislador elastomerico según dimensiones.

EXT	Carga máx. m cada (lbs)	Deflexión (mm)	Dureza (Shore A)	Color
01	500 Kgf	12.7	45	GRIS
02	825 Kgf	12.7	60	MARRÓN
03	1250 Kgf	12.7	75	ROJO

### 2.2.6 Tubería del evaporador.

Las conexiones de agua del evaporador son ranuradas. Limpie completamente toda la tubería del agua antes de hacer las conexiones finales de la tubería hasta la unidad. Los componentes y el layout variarán ligeramente, dependiendo del local de las conexiones y de la fuente del agua.

***Nota:** El uso de agua no tratada o tratada de forma inadecuada en un enfriador puede ocasionar incrustaciones, erosión, corrosión, algas o limo. Se recomienda la contratación de un especialista calificado en tratamiento de agua para determinar si es necesario algún tratamiento de agua.*

### **2.2.6.1 Componentes de la tubería del evaporador.**

Los componentes de la tubería abarcan todos los dispositivos y controles usados para propiciar la operación adecuada del sistema de agua y la seguridad en la operación de la unidad, las principales componentes son las siguientes:

#### **1. Tubería de entrada del agua helada**

- Respiradores de aire (para drenar el aire del sistema).
- Manómetros de presión de agua con válvulas de desconexión.
- Eliminadores de vibración.
- Válvulas de desconexión (aislamiento).
- Termómetros (si deseados).
- Válvula de alivio.

#### **2. Tubería de salida de agua helada**

- Respiradores de aire (para drenar el aire del sistema).
- Manómetros de presión de agua con válvulas de desconexión.
- Eliminadores de vibración.
- Válvulas de desconexión (aislamiento).
- Termómetros (si deseados).
- Válvula de reglaje.

### **2.2.7 Drenaje.**

Posicione la unidad próxima a un drenaje de gran capacidad para drenar el vaso de agua durante la desconexión o reparaciones. Los evaporadores son equipados con conexiones de drenaje. Hay una abertura de ventilación en el tope del evaporador en la entrada de agua helada. Asegúrese de proporcionar otras aberturas de ventilación en puntos

altos en la tubería para drenar el aire del sistema de agua helada. Instale los manómetros necesarios para el monitoreo de las presiones de entrada y salida del agua helada.

Proporcionar válvulas de desconexión en las líneas a los manómetros para aislarlos del sistema cuando no estuvieren en uso. Use eliminadores de vibración de goma para impedir la transmisión de la vibración a través de los tubos de agua. Si desear, instale termómetros en las líneas para monitoreo de las temperaturas de entrada y salida del agua. Instale una válvula de reglaje en la línea de salida del agua para controlar el balanceo del caudal de agua. Instale válvulas de desconexión en las líneas de entrada y salida de agua de forma que el evaporador pueda ser aislado para su mantenimiento.

#### **2.2.8 Filtro de agua.**

El filtro de agua se instala en fábrica con tomadas para manómetros en la entrada y en la salida. Instale manómetros para medir el diferencial de presión a través del filtro. Eso ayudará a determinar cuándo es necesario limpiar el filtro de agua.

#### **2.2.9 Llave de flujo.**

La llave de flujo es instalada en fábrica y programada conforme las condiciones operativas informadas en el pedido. La temperatura de salida del evaporador, el tipo y la concentración del fluido influyen en la opción de la llave de flujo. Si las condiciones operativas del local de instalación cambian, podrá ser necesario cambiar la llave de flujo.

#### **2.2.10 Recuperación parcial de calor.**

La recuperación parcial de calor comprende un cambiador de calor auxiliar instalado en la línea de descarga entre el compresor y el condensador enfriado a aire. El cambiador de calor enfría el gas de descarga del compresor y rechaza la energía para un circuito de agua separado para uso en aplicaciones con agua caliente. El enfriador puede producir simultáneamente agua helada y agua caliente.

La capacidad de calentamiento es impulsada por la demanda de enfriamiento del enfriador, la temperatura de condensación y la tasa de caudal a través del cambiador de calor.

La recuperación parcial de calor incluye:

- Cambiador de calor con placas soldadas.
- Tubería entre lo(s) cambiador(es) de calor.
- Aislamiento de lo(s) cambiador(es) de calor y tubería de agua.
- Dos sensores de temperatura para lectura de las informaciones de temperatura de entrada/salida del agua caliente en el visor del control de la unidad.
- Calentador en lo(s) cambiador(es) de calor de la recuperación parcial de calor y tubería de agua.
- Respirador de aire manual.
- Tubo de drenaje.

El agua que circula dentro del cambiador de calor de la recuperación de calor jamás debe ser usada como agua potable. El mismo debe ser usado por medio de un circuito indirecto para calentamiento o precalentamiento de agua caliente.

La bomba de recuperación parcial de calor debe operar por lo menos tres minutos después de la inhabilitación del control de ventilación de la recuperación parcial de calor. Durante los tres minutos, el caudal de agua a través del cambiador de calor de placas soldadas será gradualmente reducida y la unidad podrá conmutar para el modo de enfriamiento convencional sin control de ventilación de la recuperación parcial de calor.

***Nota:** Si el cambiador de calor de la recuperación parcial de calor fuera drenado, el calentador deberá ser desconectado para evitar daños al cambiador de calor de la recuperación parcial de calor. El calentador solamente debe estar conectado cuando hubiera agua en el cambiador de calor de la recuperación de calor.*

### **2.2.11 Tubería de la recuperación parcial de calor.**

Una válvula de seguridad o de alivio instalada en campo en el lado del agua es necesaria en la recuperación parcial de calor para evitar riesgos resultantes de una falla del

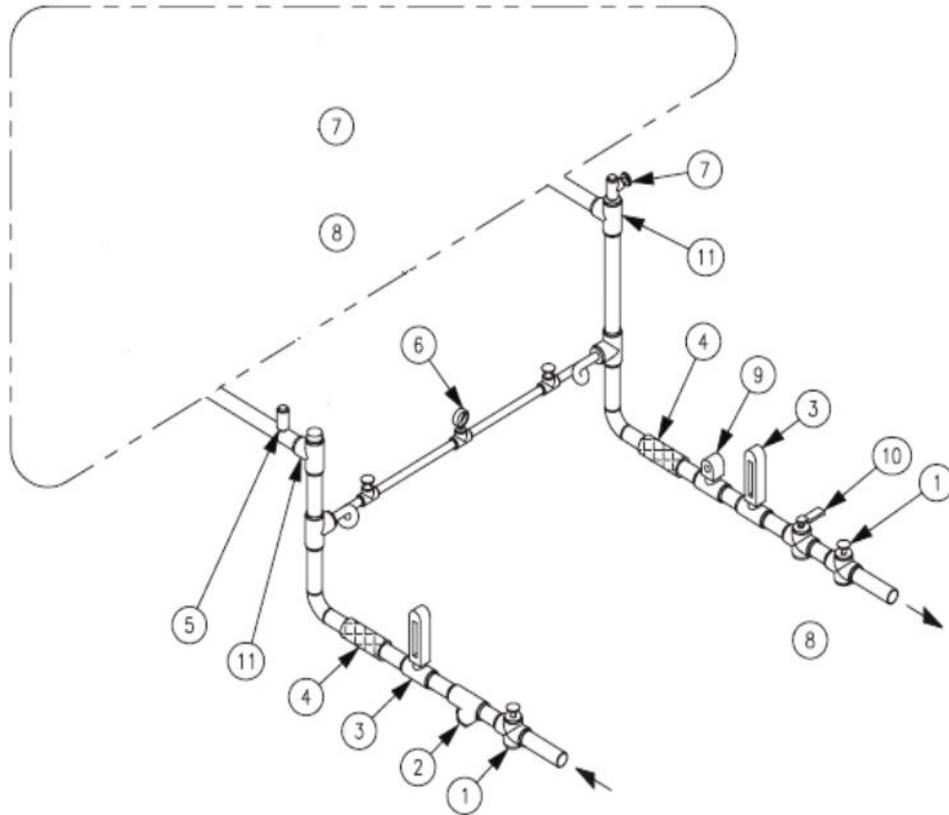
termostato. Un filtro con malla 16 debe ser instalado cerca de la línea de entrada de agua del cambiador de calor de la recuperación parcial de calor para proteger el cambiador de calor.

La temperatura del agua en la recuperación parcial de calor debe ser controlada por medio de un dispositivo externo, como una válvula de 3 vías o una bomba de velocidad variable. Además, sugerimos un tanque de agua y otro calentador en el circuito de recuperación parcial de calor.

Aísle las líneas de agua y otras porciones del circuito de agua de la recuperación de calor para evitar la pérdida de calor y posibles lesiones causadas por la exposición a una superficie caliente.

No use agua sin tratamiento o con tratamiento inadecuado en el circuito de agua de la recuperación de calor, pues esto causará una operación ineficiente y posibles daños a la unidad como, por ejemplo, reducción de la transferencia de calor entre el agua y el refrigerante, aumento de la caída de presión del agua y reducción del caudal de agua.

***Nota:** El uso de agua no tratada o tratada de forma inadecuada en un enfriador puede ocasionar incrustaciones, erosión, corrosión, algas o limo.*



*Fig. 13. Tubería de la recuperación parcial del calor.*

1. Válvula gaveta.
2. Filtro de agua.
3. Termómetro (opcional del usuario).
4. Eliminador de vibración.
5. Válvula de alivio.
6. Manómetro con válvula.
7. Respirador (un instalado en fábrica).
8. Dreno (en la posición más baja).
9. Llave de flujo (caudal de agua tibia).
10. Válvula de compensación.
11. "T" para limpieza.

## **2.2.12 Arranque y puesta en marcha.**

### ***2.2.12.1 Verificación antes del arranque.***

Cuando la instalación esté concluida, pero antes de la colocación de la unidad en servicio, los siguientes procedimientos de pre-arranque deben ser revisados y verificados.

- Inspeccione todas las conexiones del cableado para confirmar si ellas están limpias y firmes.
- Verifique si todas las válvulas del refrigerante están “ABIERTAS”.
- Verifique la tensión de alimentación eléctrica a la unidad en la llave seccionadora principal con fusible.
- La tensión debe estar dentro de la banda de utilización de tensión indicada en la placa de identificación de la unidad. La oscilación de la tensión no debe ultrapasar 2%.
- Verifique el ajuste de fases de la alimentación eléctrica de la unidad para asegurar que ella haya sido instalada en la secuencia “ABC”.
- Abastezca el circuito de agua helada del evaporador. Mantenga el sistema ventilado mientras estuviera siendo abastecido. Abra las aberturas de ventilación en el tope del evaporador durante el abastecimiento y ciérrelas cuando haya concluido.
- Cierre la(s) llave(s) de desconexión con fusible que suministra energía eléctrica para el arranque de la bomba de agua helada.
- Accione la bomba de agua helada para iniciar la circulación del agua. Inspeccione toda la tubería para verificar si hay pérdidas y haga todas las reparaciones necesarias.
- Con agua circulando a través del sistema, ajuste el caudal de agua y verifique la caída de presión de agua a través del evaporador.
- Pruebe todos los bloqueos, bloqueos de cableado de interconexión e externos.
- Interrumpa la operación de la bomba de agua helada.

### **2.2.13 Alimentación eléctrica del voltaje de la unidad.**

El voltaje a la unidad deberá cumplir con el criterio dado por las especificaciones del fabricante. Mida cada circuito lateral del voltaje de suministro en la desconexión principal de fusibles de la unidad. Si el voltaje medido en algún circuito no está dentro del rango especificado, notifique al abastecedor de energía y corrija la situación antes de operar la unidad.

*Nota: Proporcione voltaje adecuado a la unidad. El no hacerlo ocasionaría que funcionaran mal los componentes de control y que se acortará la vida del contacto del relevador, los motores del compresor y los contactores.*

### **2.2.14 Flujo del sistema de agua.**

Establezca un flujo balanceado del agua helada a través del evaporador. El flujo deberá encontrarse entre los valores mínimo y máximo dados en las curvas de caída de presión. El flujo del agua helada por debajo de los valores mínimos dará un flujo laminar, lo que reduce la transferencia de calor y ocasiona ya sea una pérdida del control o problemas repetidos, baja temperatura, cortes. Flujos demasiado altos ocasionarán erosión en los tubos del evaporador.

### **2.2.15 Caída de presión del sistema de agua.**

Mida la caída de presión del agua a través del evaporador en las válvulas de presión instaladas en campo en la tubería del sistema de agua. Utilice el calibrador de presión para cada medición. No incluya válvulas, acoplamientos de coladores en las lecturas de caída de presión.

## 2.2.16 Procedimientos para la activación o puesta en marcha de la unidad.

### 2.2.16.1 Secuencia de operación (Energizado).

El gráfico de energizado muestra las respectivas pantallas del DynaView durante un energizado del procesador principal. Este proceso lleva de 30 a 45 segundos, dependiendo de la cantidad de opciones instaladas. En todos los energizados, el modelo de software siempre hará la transición por el estado del software “parado”, sin importar el último modo. Si el último modo antes de la desactivación fue “Auto”, ocurrirá la transición de “parado” para “arrancando”, pero ella no será aparente al usuario.

### 2.2.16.2 Energizado para arrancar.

El diagrama de energizado para arrancar muestra el temporizado de un evento de energizado para energizar el compresor. El menor tiempo admisible está sujeto a las siguientes condiciones:

- Ninguna inhibición de nuevo arranque del motor
- Caudal de agua presente en el evaporador
- Setpoint del retardo de energizado para arrancar definido para 0 minuto
- Temporizador ajustable de parar para arrancar definido para 5 segundos
- Necesidad de enfriar

Las condiciones permiten un tiempo mínimo de energizado para arrancar el compresor de 95 segundos.



Fig. 14. Control energizante de un sistema Chiller.

### **2.2.17 Procedimientos de arranque de temporada de la unidad.**

Siga los siguientes procedimientos para el arranque de la unidad:

- Cierre todas las válvulas y vuelva a instalar las válvulas de drene en el evaporador.
- Dar servicio al equipo auxiliar de acuerdo con las instrucciones de arranque/mantenimiento proporcionadas por los fabricantes de los equipos respectivos.
- Cierre los puntos de ventilación en los circuitos de agua helada del evaporador.
- Abra todas las válvulas en los circuitos de agua helada del evaporador.
- Abra todas las válvulas de refrigerante para verificar que están en condición abierta.
- Si se drenó previamente el evaporador, ventile y llene el evaporador y el circuito de agua helada. Cuando sea retirado todo el aire del sistema (incluyendo cada uno de sus pasos), instale las tapas de los puntos de ventilación en las cajas de agua del evaporador.
- Revise el ajuste y la operación de cada control de seguridad y de operación.
- Cierre todos los interruptores de desconexión.

*Nota: Asegúrese de que el compresor y los calentadores del separador de aceite han estado operando por un mínimo de 24 horas antes del arranque. El no hacerlo ocasionaría daños en el equipo.*

### **2.2.18 Rearranque del sistema después del paro prolongado.**

Siga los siguientes procedimientos para el re arranque la unidad después de un paro prolongado:

- Verifique que las válvulas de servicio de la línea del líquido, línea del aceite, válvulas de descarga del compresor y las válvulas de servicio de succión estén abiertas (asentadas hacia atrás).
- Revise el nivel del aceite del separador del aceite.

- Llene el circuito del agua del evaporador. Ventile el sistema mientras se está llenando. Abra el ventilador de la parte superior del evaporador y condensador mientras el llenado y cierre cuando el llenado se haya terminado.
- Cierre los interruptores de desconexión de fusibles que proporcionan la energía hacia la bomba de agua helada.
- Arranque la bomba de agua del evaporador y, mientras el agua circula, inspeccione toda la tubería para ver si no hay fugas.
- Haga cualquier reparación necesaria antes de arrancar la unidad.
- Mientras el agua circula, ajuste el flujo del agua y revise la caída de presión del agua a través del evaporador.
- Ajuste el interruptor de flujo en la tubería del evaporador para obtener una operación adecuada.
- Pare la bomba de agua. Ahora la unidad está lista para el arranque como se describió en los «Procedimientos de Arranque».

*Nota: Para prevenir daños en el compresor, asegúrese de que todas las válvulas del refrigerante estén abiertas antes de arrancar la unidad.*

## **2.2.19 Procedimientos de paro en la unidad.**

### **2.2.19.1 Paro temporal y re arranque.**

Para parar la unidad por un período corto, utilice el siguiente procedimiento:

- Oprima la tecla de PARO o STOP en el DynaView. Los compresores seguirán operando y, después de descargar durante 20 segundos, se detendrán cuando se desenergicen los contactores del compresor.
- Pare la circulación del agua apagando la bomba de agua helada.

Para volver a arrancar la unidad después del paro temporal, habilite la bomba de agua helada y oprima la tecla AUTO o START. La unidad arrancará normalmente dadas las siguientes condiciones:

- El DynaView recibe una llamada para enfriamiento y el diferencial de arranque está por arriba del punto de ajuste.

- Todas las interconexiones de operación del sistema y los circuitos de seguridad se satisfacen.

### ***2.2.19.2 Procedimientos de paro prolongado.***

Se tendrá que seguir el siguiente procedimiento si se requiere parar el sistema durante un período de tiempo prolongado, es decir, paro debido a la estación del año:

- Pruebe la unidad para ver si hay fugas de refrigerante y repare si fuera necesario.
- Abra los interruptores de desconexión eléctrica para la bomba de agua helada. Bloquee los interruptores en la posición de «ABIERTO».
- Cierre todas las válvulas de suministro de agua helada. Drene el agua del evaporador.
- Abra la desconexión eléctrica principal de la unidad y la desconexión montada en la unidad (si se instala) y bloquee en posición de «ABIERTO». Si no se instala un transformador opcional de la energía de control, abra y bloquee la desconexión de 115V.
- Por lo menos cada tres meses (trimestralmente), revise la presión del refrigerante en la unidad para verificar que la carga del refrigerante esté intacta.

***Nota:*** Bloquee las desconexiones en la posición de «ABIERTO» para prevenir un arranque accidental y daños en el sistema cuando se está preparando para un paro prolongado.

## 2.2.20 Ficha técnica de instalación y operación del Chiller.

<b>Lista de verificación de la instalación</b>	
Nombre del servicio local del servicio	
Modelo #	Número de serie
Pedido # Fecha de envío	Elevación del servicio (pies por sobre el nivel del mar)
<b>Recepción</b>	
	Verificar si la etiqueta de identificación de la unidad corresponde con la información del pedido
	Inspeccionar la unidad en lo que respecta a defectos de transporte y falta de material. Informar cualquier daño a la transportadora.
<b>Ubicación y montaje de la unidad</b>	
	Inspeccionar el lugar deseado para la instalación y verificar los espacios adecuados para el acceso de servicio.
	Proporcionar drenaje para el agua del evaporador
	Eliminar y descartar todos los materiales de transporte (cartones, etc.)
	Instalar los aisladores de neopreno opcionales, si es necesario. Consultar detalles en el IOM.
	Nivelar la unidad y sujetarla a la superficie de montaje.
<b>Tubería de la unidad</b>	
<i>Cuidado: si se está utilizando una solución de limpieza comercial ácida, construir un desvío temporario alrededor de la unidad para evitar daños a los componentes internos del evaporador. Para evitar posibles daños al equipo, no utilizar agua no tratada o tratada de forma impropia.</i>	
	Lavar toda la tubería de agua de la unidad antes de ejecutar las conexiones finales a la unidad.
	Conectar la tubería del agua al evaporador.
	Instalar manómetros y válvulas de cierre en la entrada y en la salida de agua del evaporador.
	Instalar filtros de agua en las líneas de agua refrigerada de entrada.
	Instalar válvulas de equilibrio (arbitrario) e interruptores de flujo en las líneas de agua de salida
	Instalar drenajes con válvulas de cierre y conectores en el tanque de agua del evaporador.
	Ventilar los sistemas de agua refrigerada en los puntos superiores de la tubería del sistema.
<b>Cableado eléctrico</b>	
<b>ADVERTENCIA:</b> para evitar heridas e incluso la muerte, desconectar la alimentación antes de completar las conexiones de cableado en la unidad.	
	Verificar si las conexiones están firmes en el cableado de alimentación de la unidad con el interruptor con fusible para el bloque de terminales, interruptor montado en la unidad o disyuntor.
	Verificar si las conexiones de cableado de control de 115 voltios para la bomba de agua refrigerada están firmes.
	Verificar el cableado del interbloqueo, control de la bomba de agua refrigerada, interbloqueo del flujo de agua refrigerada y auto/stop externo. Para obtener más detalles, consultar el IOM o sus dibujos esquemáticos de la unidad.
	Si se usan contactos de alarma, contacto de advertencia de límite, detención de emergencia, fabricación de hielo, punto de configuración externo de agua refrigerada o punto de configuración externo de límite de corriente, consultar más detalles en el IOM y en el cableado de la unidad.
	Cableado de la alimentación de control aislado en el compartimento del panel de control/panel de arranque.
	¿Se encuentra la bomba de agua refrigerada controlada por el CH530 de otros (círculo uno)?
<b>Verificación antes del arranque</b>	
	Inspeccionar todas las conexiones de cableado. Las conexiones deben estar limpias y firmes.
	Energizar los calentadores del separador de aceite y cárter 24 horas antes de la activación
	Confirmar si todas las válvulas de servicio y aislamiento están abiertas
	Confirmar la secuencia de fases "A-B-C"
	Completar el circuito de agua refrigerada. Glicol % glicol por peso
	Cerrar el interruptor de desconexión con fusible para el motor de arranque de la bomba de agua refrigerada.
	Arrancar las bombas de agua, verificar pérdidas y efectuar reparaciones.
	Con el agua fluyendo, ajustar los flujos de agua, verificar caídas de presión y ajustar los interruptores de flujo.
	Retornar las bombas a la posición automática
	Inhabilitar la activación de la máquina con detención externa o detención de emergencia hasta el arribo del mecánico de activación

*Fuente: Manual Trane*

## **2.3. Cuarto Frio**

### **2.3.1 Ubicación del equipo.**

Un punto muy importante que se debe considerar cuando se tenga que decidir dónde colocar un equipo enfriado por aire, es el lugar donde se instalara. Este deberá proveer la cantidad suficiente de aire ambiente al condensador y disipar el aire caliente del área de la unidad condensadora o condensador remoto. De no seguirse estas recomendaciones, se obtendrán valores más altos en la presión de descarga provocando mal funcionamiento y fallas en la potencia del equipo. No colocar las unidades en ambientes próximos a salidas de humos, aire caliente o vapor.

Otros aspectos que debemos tomar en cuenta es la de instalar la unidad lejos de áreas sensibles al ruido y además tengan un soporte adecuado para evitar transmisión de ruido y vibraciones en la construcción o edificio. Las unidades deben ser montadas a través de pasillos, áreas utilitarias, sanitarios y otras áreas auxiliares donde los niveles de ruido no son un factor importante. Para recomendaciones en el análisis de las estructuras y niveles de ruido deberá consultarse los manuales respectivos.

### **2.3.2 Obstrucciones o muros.**

La unidad deberá colocarse de tal manera que el aire pueda circular libremente y no sea recirculado. Para un adecuado flujo de aire y acceso a todos los lados de la unidad, esta deberá colocarse a una distancia mínima “W” de la pared de obstrucción. Se prefiere que esta distancia sea incrementada cuanto sea posible. Se debe tener cuidado de que haya espacio suficiente para trabajos de mantenimiento y acceso a puertas y controles. No bloquear la parte superior, cuando la unidad se encuentre en un área cerrada por tres minutos instalarla como se indica en unidades en fosas. En la figura 15 se muestra los antes mencionado.

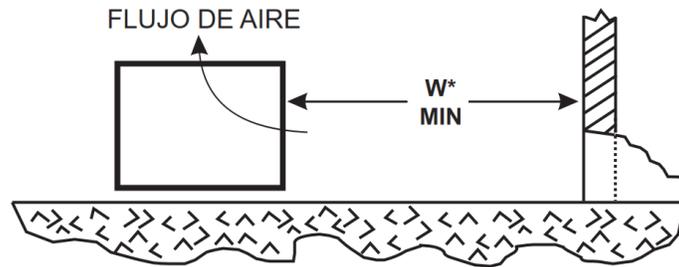


Fig. 15.  $W$ = ancho total de la unidad condensadora o condensador.

### 2.3.3 Recomendaciones de instalación.

#### 2.3.3.1 Información de seguridad general.

- La instalación y el mantenimiento deben ser efectuados únicamente por personal calificado, los cuales deben estar familiarizados con este tipo de equipo.
- Asegúrese que todas las conexiones eléctricas de campo están hechas a las necesidades del equipo y de acuerdo a los códigos locales y nacionales.

#### 2.3.3.2 Inspección.

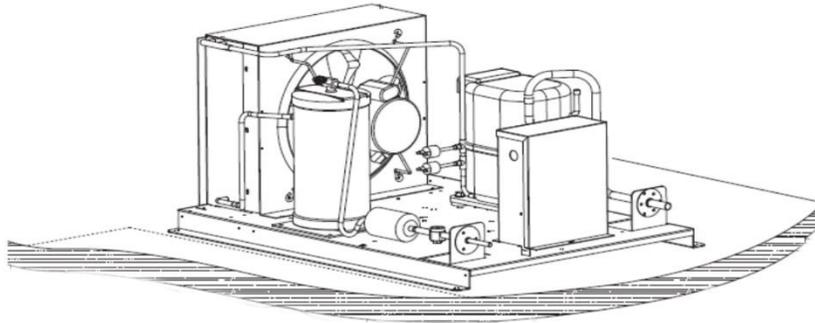
Esta responsabilidad deberá asignarse de manera individual en el lugar de trabajo para el recibo de material. Cada embarque deberá ser revisado cuidadosamente contra la lista de material de la factura. El embarque recibido no deberá ser firmado de aceptado hasta que todos los conceptos de la factura hayan sido contados. Revisar cuidadosamente los posibles danos ocultos. Cualquier daño por manejo deberá ser reportado al transportista.

### 2.3.4 Instalación de la unidad condensadora.

#### 2.3.4.1 Montaje y sujeción de la unidad condensadora.

Todas las unidades están provistas de barrenos para su montaje. Se debe tener precaución al moverlas unidades, para prevenir daños al Carter durante la sujeción, los cables o cadenas usados deben mantenerse en forma separada por las barras espaciadoras.

La plataforma de montaje debe estar a nivel y colocada de tal manera que permita el libre acceso de alimentación de aire. Como se muestra en la figura 16



*Fig. 16. Montaje de la unidad condensadora.*

#### **2.3.4.2 Montaje a nivel de piso.**

Una losa de concreto elevada 6 pg. (15.24 cm) por encima del nivel del piso proporciona una base adecuada. Esta base proporciona protección contra: tierra, agua y otros materiales. Antes de ajustar los pernos de montaje, verificar el nivel de la unidad. En todos los casos debe ser colocada con un espacio libre en todas las direcciones igual a la altura de la unidad como mínimo. Una unidad condensadora instalada en una esquina formada por dos paredes puede provocar una recirculación del aire de descarga, con la consecuente pérdida de capacidad. (Bohn,1998)

#### **2.3.5 Instalación del evaporador.**

Para la colocación de evaporadores deberán seguirse las siguientes reglas generales, las cuales se muestran en las Figura 17, 18 y 19:

- La dispersión del aire deberá cubrir la cámara completamente.
- Nunca colocar los evaporadores sobre la puerta.
- La ubicación de ánqueles deberá conocerse.
- La ubicación relativa al compresor debe ser para mínimos recorridos de tubería.
- Ubicar la línea de drenado de los condensados para mínimos recorridos de tubería.
- Espacios mínimos en los evaporadores.
- Espacios libres mínimos para cuartos fríos medianos y grandes.

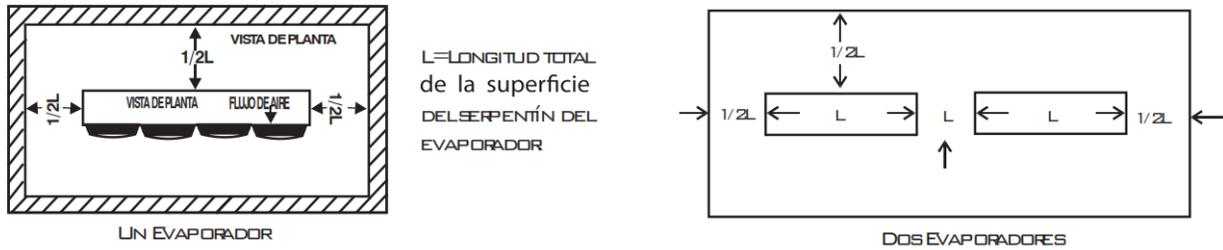


Fig. 17. Dimensiones de longitud total del evaporador.

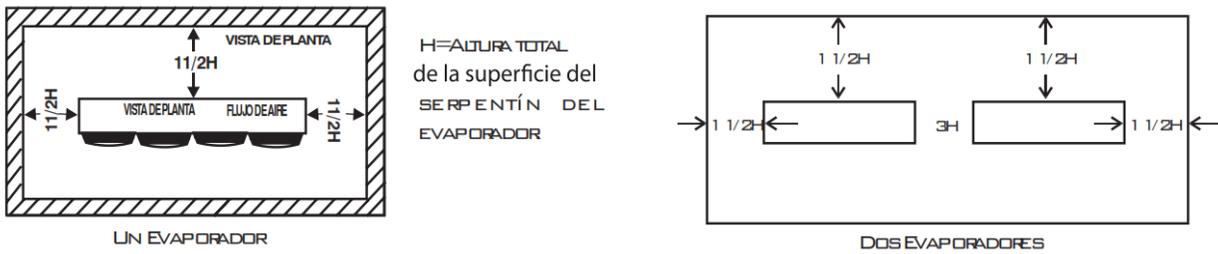


Fig. 18. Dimensiones de altura total del evaporador.



Fig. 19. Dimensiones entre centros.

Tabla N° 2. Valores máximos y mínimos para el montaje de evaporadores al centro.

E		S		M		T	
Máx. (m)	Mín. (m)						
7.6	0.6	6.1	0.9	12.2	0.9	12.2	1.8

**Nota:** dejar espacio igual al de la altura del evaporador entre la parte inferior de este y el producto. No apilar producto frente a los ventiladores.

### 2.3.5.1 Colocación de evaporadores para congeladores y cuartos fríos.

Donde una pared en el montaje del evaporador es suficiente.

Enfriadores o congelador de una pared no tiene espacio requerido por los evaporadores o donde la distancia del tiro de aire debe ser considerada.

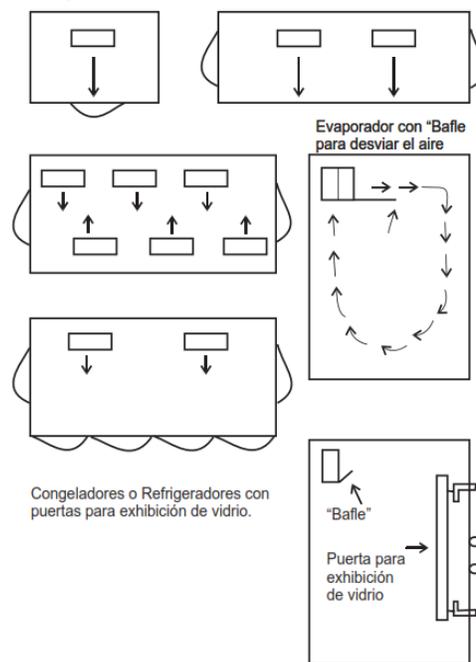
*Nota: siempre evite colocar el evaporador arriba de las puertas y evite abrir las puertas frecuentemente, en donde la baja temperatura es mantenida y de hecho donde sea posible para aplicaciones de media temperatura.*

Proporcione el espacio suficiente entre la parte posterior del evaporador y la pared para permitir el libre retorno de aire. Refiérase a las figuras antes mencionadas.

*Nota: siempre instale trampas individuales en las líneas de drenado para prevenir la migración de vapor.*

Las trampas en los evaporadores de baja temperatura deben instalarse fuera de los espacios refrigerados. Las trampas sujetas a temperaturas de congelación deben envolverse con cinta térmica y aislarse.

En las vistas en elevación de un refrigerador o congelador de puerta de vidrio podemos observar, que la descarga de aire debe ser por arriba y no directamente a las puertas y en caso necesario colocar un baffle o mampara de desviación para que el aire fluya tal como se muestran en la figura 20.



*Fig. 20. Colocación del evaporador.*

### 2.3.5.2 Montaje de los evaporadores.

La mayoría de los evaporadores pueden ser montados con soportes de barra, tornillos, o pernos. Use pernos y arandelas de 5/16" o barras que soportan aproximadamente 250 lbs. (113 kg.); 3/8" para 500 lbs. (227 kg.); 5/8" para más de 500 lbs. Tenga cuidado de montar los evaporadores a nivel para obtener el correcto drenado de los condensados. Proveer el apoyo adecuado para soportar el peso de los evaporadores. (Bohn, 1998).

Cuando se usen soportes de barra, se debe considerar un espacio adecuado entre la parte superior de la unidad y el techo para su limpieza. Cumplir la norma NSF7, el área en la parte superior de la unidad evaporadora debe ser sellada o expuesta de tal manera que facilite la limpieza manual sin el uso de herramientas.

Cuando sujete al techo el evaporador a través de anclas, selle la unión entre la parte superior y el techo con sellador NSF y los extremos de los canales de montaje, los cuáles deben ser selladas para evitar la acumulación de materias extrañas.

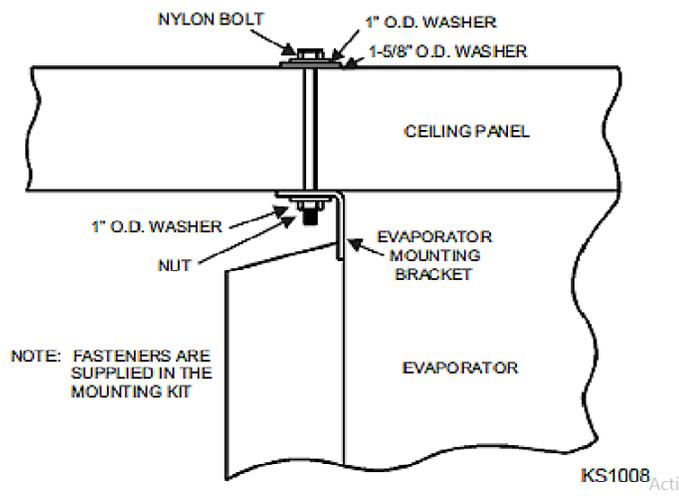


Fig. 21. Detalle del montaje del evaporador.

## **2.3.6 Instalación de la tubería.**

### ***2.3.6.1 Tuberías de drenado en los condensadores.***

- Utilizar tuberías de cobre o acero protegidas adecuadamente contra congelación.
- Instalar con una pendiente mínima de 10 cm por 30.5 cm para un buen drenado. Realizar todas las conexiones de acuerdo a los códigos locales de instalación de drenados.
- A todas las tuberías, se debe hacer una trampa terminando en un drenaje abierto. Estas nunca deben ser conectadas directamente al sistema de alcantarillado. Las trampas deben instalarse en ambientes cálidos. Recomendamos una trampa por cada evaporador y deben instalarse en el exterior de la cámara.
- A las líneas de drenado que quedan dentro de la cámara se les debe colocar una resistencia eléctrica enrollada. Conectar las resistencias de tal manera que funcionen continuamente. Es recomendable aislar la tubería de drenado para prevenir la pérdida de calor sugerimos en ampliaciones de cámaras a 0°F (- 18°C) una resistencia con una entrada de 20 w/ft (30.5 cm) y 30w/ft en aplicaciones a-20°F (-29°C).
- Revisar periódicamente la charola de drenaje para asegurar el libre drenado de los condensados. Si la charola contiene agua estancada revisar la instalación. La charola deberá limpiarse regularmente con agua tibia y jabón.

**Advertencia:** desconecte todo el suministro eléctrico antes de llevar a cabo la limpieza de la charola de drenaje. La charola también sirve como protección contra partes móviles del evaporador. La operación del evaporador sin la charola constituye un peligro. Figura 22

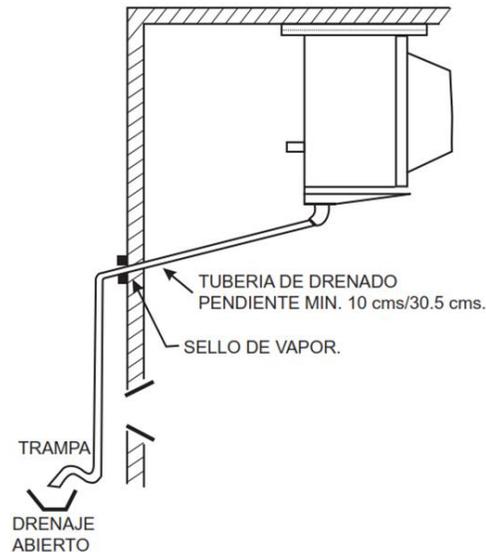


Fig. 22. Tubería de drenado.

### 2.3.6.2 Tubería del refrigerante.

Los equipos a utilizar deben ser limpiados y deshidratados de fábrica. Cualquier material extraño puede entrar al sistema, por vía del evaporador a la tubería de la unidad condensadora. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado durante la instalación de la tubería para prevenir la entrada del material extraño.

Instale todos los componentes del sistema de refrigeración de acuerdo a los códigos nacionales y locales aplicables; usar los métodos de trabajo adecuados para obtener un buen funcionamiento del sistema.

Seleccione el tamaño de la tubería del refrigerante, para esto se utilizarán las tablas anteriores. El diámetro de la tubería de interconexión no es necesariamente el mismo diámetro que las conexiones de la unidad condensadora o el evaporador.

Siga los siguientes procedimientos y recomendaciones para la instalación:

- a) No deje los compresores deshidratados expuestos a la atmosfera, así como también los filtros deshidratados de la unidad condensadora por más tiempo del absolutamente necesario.
- b) Use únicamente tubería de cobre para refrigeración (tipo K o L), sellada adecuadamente contra elementos contaminantes.
- c) Las líneas de succión tendrán una pendiente de ¼ pulg. (0.63 cm) por 10 pies (304.8 cm) de longitud hacia el compresor.
- d) Cada elevador de succión vertical de 4 pies (122 cm) o más de altura, debe llevar una trampa de tipo “P” en su base, para mejorar el retorno de aceite al compresor.
- e) Para el método deseado de medición en cada línea de succión del evaporador, próximo al bulbo de la válvula de expansión.
- f) Cuando se suelden las líneas de refrigerante, un gas inerte deberá cuidarse a través de la línea a baja presión para evitar la formación de escamas y oxidación dentro de la tubería. Se prefiere nitrógeno seco.
- g) Use únicamente una soldadura de aleación de plata adecuada, en las líneas de líquido y de succión.
- h) Limite la soldadura y el fundente al mínimo requerido para prevenir la contaminación interna de la unión soldada. Aplique el fundente únicamente en la porción macho de la unión, nunca en la porción hembra. Después de soldar, quite el exceso del fundente.
- i) Para determinar los diámetros de las tuberías de descarga y líquido para las conexiones del condensador remoto, consultar la tabla 3 de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- j) Si se instalan válvulas para aislar el evaporador del resto del sistema, deberá usarse válvulas de bola.

### ***2.3.6.3 Soporte de la tubería de refrigeración.***

- Normalmente cualquier parte de la tubería recta tiene que sujetarse por lo menos en dos puntos cerca de cada extremo de la parte recta. En caso de tuberías muy largas se requieren soportes adicionales. Las líneas de refrigerante deben ser apoyadas y sujetarse adecuadamente. Como guía para tuberías de 3/8" a 7/8" deben apoyarse cada 5 pies (152 cm); 1-1/8" y 1-3/8" cada 7 pies (213 cm); 1-5/8" y 2-1/8" de 9 a 10 pies (274 a 305 cm). Figura 21.
- Cuando se cambia la dirección en el tendido de la tubería no deberá ser soportada en ninguna esquina. Los soportes deberán ser colocados máximo 2 pies en cada dirección a partir de la esquina.
- La tubería conectada a un objeto vibrante (tal como un compresor o base de un compresor) debe ser apoyada de tal forma que no restrinja el movimiento del objeto vibrante. El montaje rígido fatigará la tubería de cobre. Figura 22
- No use "ELES" de radio corto. Los codos de radio pequeño tienen puntos de excesiva concentración de esfuerzos y son objetos de fractura o rotura en esos puntos.
- Inspeccione completamente toda la tubería después de que el equipo esté en funcionamiento y agregar apoyos en cualquier punto donde la vibración de la línea es significativamente mayor que el resto de la tubería. Los soportes extras son relativamente baratos, comparados con las pérdidas del refrigerante.

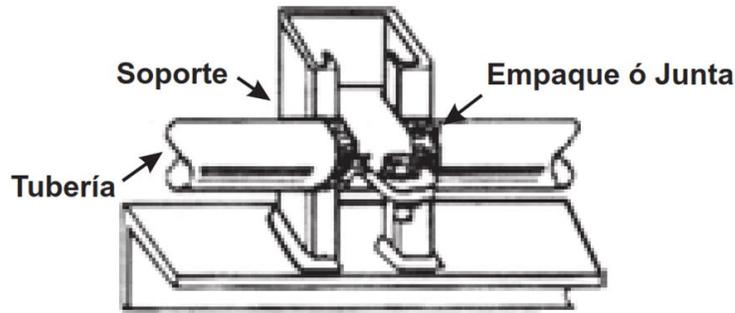


Fig. 23. Ejemplo de soporte de la tubería.

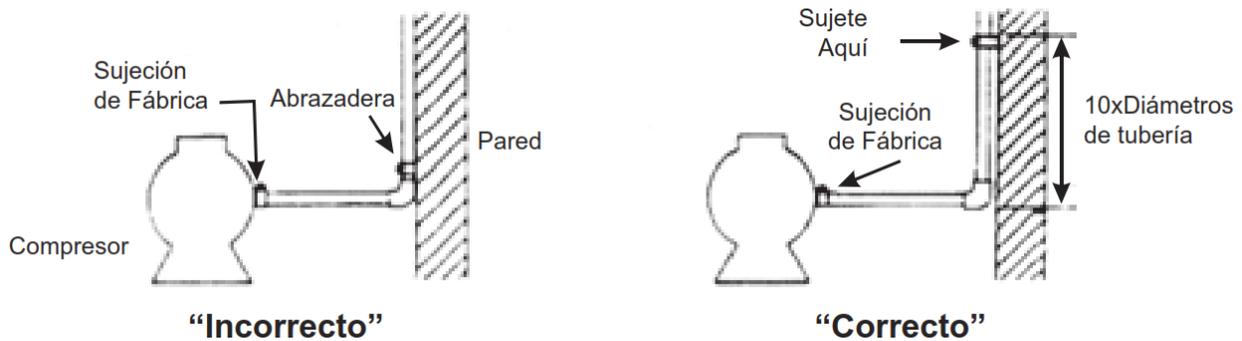


Fig. 24. Unidad condensadora/compresor/pared de apoyo.

#### 2.3.6.4 Tubería de succión.

Las líneas horizontales de succión deben tenderse desde el evaporador hacia el compresor con una pendiente de  $\frac{1}{4}$ " (0.64 cm) por 10' (304 cm) para un buen retorno de aceite. Cuando se conectan múltiples evaporadores en serie usando una línea de succión común, las derivaciones de la línea de succión deberán conectarse por la parte superior a la línea común. Para sistemas dual o múltiples evaporadores, el diámetro de las líneas de derivación, quedara determinado por la capacidad de cada evaporador. El diámetro de la línea común principal quedara determinado por la capacidad total del sistema.

Las líneas de succión que se encuentran en el exterior del espacio refrigerado deberán aislarse.

*Nota:* si la línea de succión debe elevarse a un punto más alto que la conexión de succión en evaporador, instalar una trampa en la línea de succión a la salida del evaporador.

### 2.3.6.5 Elevadores de la línea de succión.

Existen trampas ya prefabricadas o pueden hacerse el uso de dos “ELES” largas y una “ELE” regular. Las trampas de succión deben tener el mismo diámetro que la tubería de succión adicional generalmente una trampa cada 20’ (609 cm) aproximadamente de longitud de tubería para asegurar el adecuado movimiento del aceite. Los métodos de construcción adecuados de las trampas tipo “P” en la línea de succión podemos observarlos a continuación en las figuras 25 y 26:

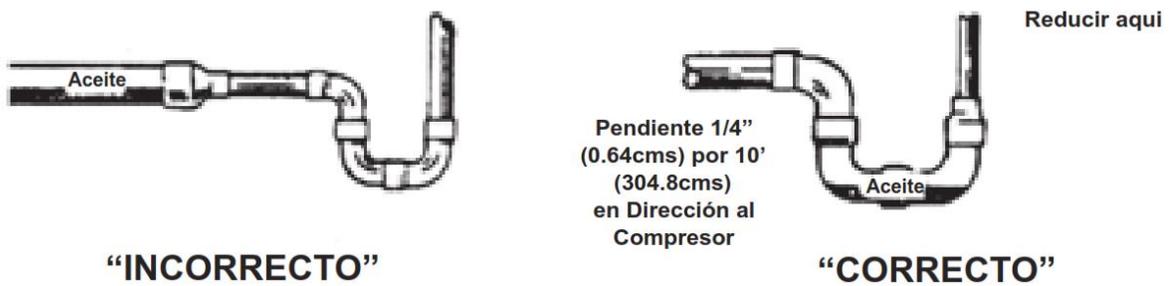


Fig. 25. Trampas tipo “P” en la succión.

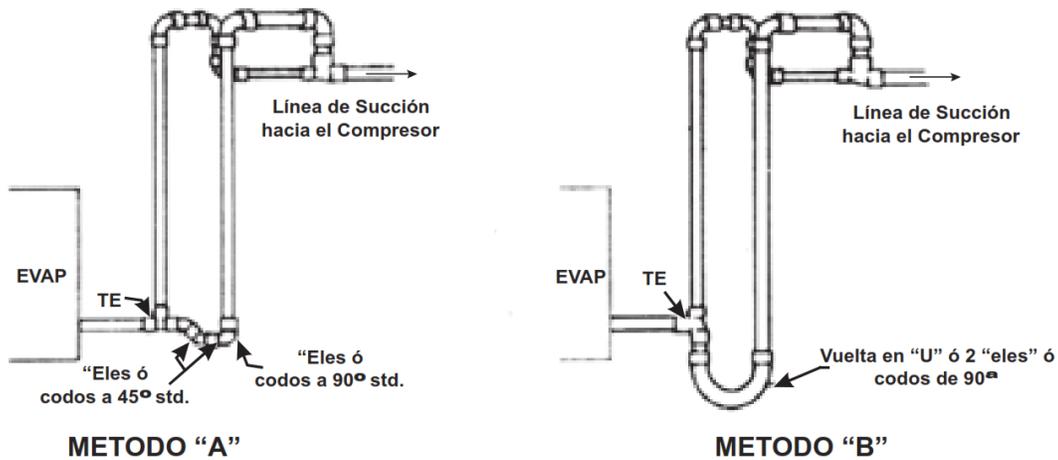


Fig. 26. Construcción de doble elevador de succión.

**Nota:** Para obtener un adecuado retorno del aceite, instalar una trampa en la base de todos los elevadores de succión de 4’ (12 cm) o más.

### 2.3.6.7 Tuberías de líquido.

Las líneas de líquido deberán ser dimensionadas para una caída de presión mínima para prevenir el “Flasheo”. El “Flasheo” en las tuberías de líquido provocan una caída de presión adicional y una pobre expansión en la operación de la válvula. Si un sistema requiere largas tuberías de líquido desde el recibidor al evaporador o si el líquido tiene que levantarse verticalmente hacia arriba una distancia considerable, las perdidas deberán ser calculadas para determinar si es o no requerido un intercambiador de calor. El empleo de un intercambiador de calor puede usarse para sub-enfriar el líquido y para prevenir el Flasheo. Este método de subenfriamiento normalmente proveerá no más de 20°F (11°C) de subenfriamiento en sistemas de alta presión.

La cantidad de subenfriamiento dependerá del diseño y el tamaño del intercambiador de calor y de las presiones a las que se opera en la succión y en la descarga. Otro beneficio por el uso del intercambiador de calor es que este puede ayudar a aumentar el sobrecalentamiento en la línea de succión para prevenir el retorno de refrigerante líquido al compresor vía la línea de succión. Generalmente los intercambios de calor no son recomendables en sistemas de baja temperatura con R-22. Sin embargo, ha sido conveniente su uso en tuberías cortas y bien aisladas con el objeto de suministrar el sobrecalentamiento al compresor.

**Tabla N° 3. Diámetros de Tuberías Recomendadas para Condensador Remoto.**

Capacidad Del Sistema Kcal/Hr.	DIÁMETRO DE LA LÍNEA DE SUCCIÓN (pulg.)														
	TEMPERATURA DE SUCCION.														
	-12.2°C						-23.3°C						-28.9°C		
	Longitud equivalente (m.)						Longitud equivalente (m.)						Longitud equivalente (m.)		
	7.62	15.24	22.86	30.48	45.72	60.96	7.62	15.24	22.86	30.48	45.72	60.96	7.62	15.24	22.86
1512	½	½	5/8	5/8	7/8	7/8	½	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8
2268	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
3024	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
3778	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
4534	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

**Tabla N° 4. Diámetros de tuberías recomendados para condensador remoto.**

DIÁMETRO DE LA LÍNEA DE SUCCIÓN (pulg.)												DIÁMETRO DE LA LÍNEA DE LÍQUIDO.						Capacidad del sistema Kcal/Hr.
TEMPERATURA DE SUCCIÓN.																		
-34.4°C Equivalente (m.)						-40°F Longitud equivalente (m.)						Longitud equivalente Del recibidor a la válvula De expansión.						
7.62	15.24	22.86	30.48	45.72	60.96	7.62	15.24	22.86	30.48	45.72	60.96	7.62	15.24	22.86	30.48	45.72	60.96	
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	1512
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	2268
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	3/8	3024
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	3778
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	3/8	1/2	1/2	4534

**Tabla N° 5. Diámetros recomendados de las tuberías para R - 404a.**

Capacidad Neta del Evaporador (Kcal/Hr)	Longitud total equivalente. (m.)	R-134 <sup>a</sup>		R-22		R-507 y R-404 <sup>a</sup>	
		Tubería de descarga (D.E.)	Tubería de liquido del Cond. Al Rec (D.E.)	Tubería de descarga (D.E.)	Tubería de liquido del Cond. Al Rec (D.E.)	Tubería de descarga (D.E.)	Tubería de liquido del Cond. Al Rec (D.E.)
756	15.24	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
	30.48	1/2	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
1512	15.24	1/2	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8
	30.48	1/2	3/8	1/2	3/8	1/2	3/8
2268	15.24	5/8	3/8	1/2	3/8	1/2	3/8
	30.48	5/8	3/8	1/2	3/8	5/8	3/8
3024	15.24	5/8	1/2	1/2	3/8	1/2	3/8
	30.48	7/8	1/2	5/8	3/8	5/8	3/8
4536	15.24	7/8	1/2	1/2	3/8	5/8	1/2
	30.48	7/8	1/2	5/8	3/8	5/8	1/2

**Tabla N° 6. Peso de los Refrigerantes en las Líneas de Cobre durante la Operación (kg por 30.48m. Lineales de tubería tipo “L”).**

D.E. de la Línea (pulg.)	Refrigerante	Línea de liquido	Línea de gas caliente	Línea de succión a temperatura de succión				
				-40°C	-28.9°C	-17.8°C	-6.7°C	4.4°C
3/8	134 <sup>a</sup>	1.81	.07	.004	.004	.009	.018	.027
	22	1.77	.10	.009	.013	.018	.027	.036
	R507, R404A	1.54	.14	.013	.018	.027	.041	.059
1/2	134 <sup>a</sup>	3.35	.13	.004	.013	.018	.032	.049
	22	3.35	.18	.013	.022	.032	.049	.068
	R507, R404A	2.90	.26	.018	.032	.059	.072	.109
5/8	134 <sup>a</sup>	5.39	.21	.009	.022	.032	.054	.077
	22	5.35	.29	.022	.039	.054	.077	.113
	R507, R404A	4.67	.42	.032	.049	.077	.113	.158
7/8	134 <sup>a</sup>	11.20	.45	.023	.045	.068	.109	.163
	22	11.06	.61	.045	.072	.109	.163	.231
	R507, R404A	9.61	.87	.068	.104	.167	.231	.326

### **2.3.7 Instalación de elementos complementarios.**

En una instalación de refrigeración son necesarios otros elementos para el correcto funcionamiento del ciclo, entre los cuales están:

#### ***2.3.7.1 Recibidor de líquido.***

Consiste en un tanque de almacenamiento para el refrigerante líquido que es utilizado prácticamente en todas las unidades enfriadas por aire equipadas por válvulas de expansión.

#### ***2.3.7.2 Intercambiador de calor.***

Equipo utilizado para evitar la escarcha o la condensación, para sub-enfriar el refrigerante líquido suficientemente para impedir la formación de gas en el conducto de líquido o para evaporar cualquier refrigerante que salga del evaporador.

#### ***2.3.7.3 Acumulador de succión.***

Su función es interceptar el refrigerante líquido antes de que pueda alcanzar el compresor.

Instalación:

1. Utilice los Acumuladores de Succión solamente dentro de las condiciones recomendadas.
2. Ubique el Acumulador de Succión tan cerca del compresor como sea posible.
3. En sistemas de ciclo reversible, el Acumulador de Succión debe ser instalado entre la válvula reversible y el compresor.
4. Debe observarse la entrada (del evaporador) y la salida (al compresor) apropiados.
5. El Acumulador de Succión debe ser instalado verticalmente.
6. Asegurarse de conectarlo con relación a sus conexiones de entrada y salida. No al revés.
7. Fijarlo mecánicamente por medio de su tornillo fijo de anclaje.

#### ***2.3.7.4 Separador de aceite.***

Requerido con mayor frecuencia en los sistemas de temperaturas muy bajas, con evaporadores inundados; un separador de aceite es básicamente una cámara de separación para el aceite y el gas de descarga.

#### ***2.3.7.5 Deshidratador.***

Mantiene al mínimo el nivel de humedad, con el fin de evitar alteraciones en el funcionamiento del sistema o el deterioro del compresor.

#### ***2.3.7.6 Eliminadores de vibración.***

Evitan la transmisión de ruido y vibración procedente del compresor a través de las tuberías de refrigeración, un serpentín de tubería puede ser adecuado en compresores pequeños, para los grandes se utiliza frecuentemente un conducto metálico flexible.

#### ***2.3.7.7 Colador.***

Se monta en las líneas de refrigeración para eliminar la suciedad; consiste en una carcasa con un filtro de malla fina que generalmente se instala antes de las válvulas de expansión y solenoides.

#### ***2.3.7.8 Indicador de humedad y líquido.***

Permite al operario observar el flujo del refrigerante en el sistema, por ejemplo, para determinar si el sistema está adecuadamente cargado cuando se añade refrigerante, y en el caso que la humedad haya penetrado al sistema de refrigeración, indica que el filtro deshidratador debe ser reemplazado.

#### ***2.3.7.9 Calefactor de Carter.***

Cuando el compresor está expuesto a una temperatura ambiente más fría que el evaporador y con la finalidad de establecer una protección contra la posibilidad de migración, se emplean los calefactores de Carter que mantienen el aceite en el Carter a una

temperatura suficientemente elevada, de modo que cualquier cantidad de líquido refrigerante que penetre en el Carter se evapora y crea una presión suficiente que evita la migración de refrigerante al compresor.

#### **2.3.7.10 Montar el filtro deshidratador.**

Los filtros deshidratadores son unidireccionales, en el sentido de circulación del gas refrigerante, desde la unidad condensadora o depósito de líquidos, hacia el evaporador. Figura 27.

Previamente, se monta la tubería, desde la válvula de servicio del depósito de líquidos hasta el filtro deshidratador; por ello solo lo situaremos provisionalmente. La unión con las tuberías se realiza fijando el tubo con una tuerca; previamente hemos introducido el tubo por la tuerca y lo hemos abocardado con el abocardado; esta acción la realizamos una vez que terminamos de hacerles las curvas (por medio de muelles o dobla tubos) a las tuberías, desde el depósito de líquidos al filtro y desde el intercambiador al filtro.

Conviene que no esté montado el filtro antes de soldar la línea que lo une con el intercambiador térmico.



*Fig. 27. Filtro deshidratador.*

Independientemente del lado del sistema donde se vaya a instalar el filtro deshidratador, debe asegurarse que se esté respetando el sentido del flujo, el cual está indicado mediante una flecha en la etiqueta. Todos los filtros deshidratadores, a excepción de los reversibles o bidireccionales para bombas de calor, los demás están diseñados para

ofrecer una óptima capacidad con flujo en un solo sentido; es decir, solo tienen una entrada y una salida.

El objetivo principal al buscar una posición para el filtro deshidratador, es asegurar un contacto uniforme entre el refrigerante y el desecante. Para lograr esto, a continuación, se ofrecen algunas recomendaciones de instalación tanto para la línea de líquido, como para la línea de succión.

#### ***2.3.7.11 Montar la válvula solenoide y termostato.***

Las válvulas solenoides son unidireccionales, siendo el sentido que nos marca en la dirección de circulación del gas refrigerante o evaporador.

Se fijará al soporte, después del intercambiador térmico, en el sentido del sistema de expansión capilar.

#### ***2.3.7.12 Montaje del circuito de gas refrigerante.***

Las tuberías, a ser posible, serán de un solo tramo entre elementos; en el caso de tener que utilizar varios tramos, por unión, la uniremos con soldadura rígida, ensanchado la tubería (según figura) del tramo que complementemos en la dirección de circulación del gas refrigerante. La unión a los elementos la realizaremos según la predisposición de los mismos, por soldadura o fijación con tuerca y abocardado el tubo. Figura 28.



*Fig. 28. Ensancho de tubería.*

En el caso de fijar las tuberías por medio de grapas o abrazaderas, entre el tubo y la abrazadera colocaremos material aislante, con el fin de que, a consecuencia de las vibraciones, no se desgaste el tubo, debido a que se suele emplear como grapa o abrazadera distinto tipo de metal, lo que conllevaría, reacciones químicas y oxidación del metal de la tubería.

#### ***2.3.7.13 Montaje de la línea de aspiración.***

Conectando los elementos que la componen desde el compresor al evaporador (compresor, depósito separador de partículas, intercambiador térmico, evaporador).

#### ***2.3.7.14 Montaje de la línea de líquidos.***

Desde el condensador al evaporador (condensador, depósito de líquidos, filtro deshidratador, intercambiador térmico, válvula solenoide, visor, válvula de expansión termostática).

#### ***2.3.7.15 Montaje de la línea de descarga.***

Del compresor al condensador, montar un obús a la salida del compresor de ¼”.

Montar el presostato de alta presión; si es de la marca “Danfoss”, colocar 1 metro de tubería de ¼” (si nos sobrara, roscar el tubo aprovechando el diámetro del filtro deshidratador) y lo podemos conectar directamente a la descarga del compresor.

La unión al compresor se realiza por abocardado a la válvula de servicio, y al condensador por la parte superior, por soldadura rígida. La línea de descarga del compresor, se monta previamente desde la válvula de servicio de descarga, un anti vibrador o latiguillo flexible, y a continuación la línea de cobre, el punto de unión se hace con racor (abocardado), que hay que fijar al chasis o bancada.

#### ***2.3.7.16 Verificación de la estanqueidad del circuito refrigerante.***

Se aplicarán las presiones de prueba del Reglamento de Seguridad de Plantas Frigoríficas, con nitrógeno; el tiempo de verificación mínimo 30'; todas las válvulas de servicio, tienen que estar abiertas.

Ajustar el manorreductor de la botella de nitrógeno a la presión de alta de prueba. Para realizar la prueba de presión, utilizaremos la botella de nitrógeno (gaseoso) y el manómetro de alta presión.

En el caso de tener pérdidas, se verificará en presión por medio de la técnica de aplicar jabón a los puntos de unión de la tubería; se realizará a todos los puntos del circuito, se irán marcando cuando encontremos una fuga y una vez revisados todos, procederemos a su reparación; si es posible, cerraremos todas las válvulas de servicio antes de proceder a la verificación, llamando a este procedimiento sectorizar el circuito.

En esta operación, es conveniente que todo el circuito este a la misma presión, ya que las válvulas pueden hacer que o no circule el gas (válvula solenoide) o no en la cantidad suficiente, dando una medición aparentemente falsa y, por lo tanto, creer que tenemos fugas.

#### ***2.3.7.17 Indicadores de líquido y humedad.***

La Mirilla (también llamada Visor), es un dispositivo auxiliar en los sistemas de Aire Acondicionado y Refrigeración que permite observar la condición del refrigerante en el lugar de su ubicación. Es un indicador de la condición del refrigerante cuyas funciones son determinar su estado líquido y su contenido de humedad.

“Un punto que se debe entender es que el aceite de refrigeración tiene una gran afinidad por el vapor de agua y el refrigerante, esta atracción es debida a que la presión del vapor del aceite es muy baja en comparación con la del refrigerante y la del vapor de agua.”

Figura 29.



*Fig. 29. Indicadores de líquido y humedad.*

### **2.3.7.18 Contenido de humedad.**

Son conocidos los estragos que la humedad puede causar en los sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. La humedad puede entrar a ambos sistemas por una pequeña abertura, rotura, practicas inadecuadas de servicio, llevadas por el aceite o el refrigerante, entre otras.

El refrigerante transporta la humedad hasta que llega a la válvula de expansión donde experimenta una caída de presión, si esta decrece a un valor que corresponda a la solidificación del agua (a menos de cero grados Celsius), se convierte en cristales de hielo, presentándose así el congelamiento del agua en la válvula, restringiendo el flujo de refrigerante y causando la reducción parcial o total del enfriamiento del sistema.

Esta restricción causa que actúe el control de baja presión, o el control de sobrecarga, apagando al compresor. Cuando el compresor no opera, el hielo en la válvula se derrite y ocasiona ciclos de arranque y paros del compresor, los cuales causan un daño ya conocido.

Aunque en la válvula de expansión no ocurriera el congelamiento del agua, en el sistema se producen ácidos, sedimentos, oxidación y corrosión, debidos a la mezcla de vapor de agua, calor excesivo, aceite y refrigerante, mismos que dañarán seriamente al sistema de enfriamiento.

Cuando la humedad, el refrigerante y el calor están presentes, sin duda alguna, hay acidez en el sistema. El calor (o la temperatura), es el catalizador en la reacción química, entre mayor sea la temperatura, la reacción es más rápida y de mayor proporción. (La reacción química es directamente proporcional a la temperatura). Por ejemplo, con R-22 que contiene un cloro en su molécula, entre mayor sea la temperatura, mas es el aumento de formación del ácido clorhídrico. Cuando este acido es llevado a través del sistema, va descomponiendo el aceite, reaccionando y produciendo sedimentos junto con ácidos orgánicos.

Los sedimentos son una mezcla de agua, aceite y acido que pueden tomar la forma de solidos pegajosos, solidos pastosos, líquidos aceitosos, espesos, etc. Deterioran el aceite, haciéndole perder su viscosidad, causándole al compresor danos mecánicos muy severos. Tienen a acumularse en el punto más caliente, que suele ser la descarga del cilindro en el plato de válvulas, ocasionado que pierdan su asentamiento y no sellen. Al no cerrar las válvulas, el vapor es forzado a pasar por una pequeña hendidura u orificio, pasando a una gran velocidad. La fricción hace elevar la temperatura aún más, en el orden de 500°C. Los sedimentos y la corrosión, causan que los elementos de expansión, los filtros, los deshidratadores, los cedazos, se tapen y funcionen mal.

Un punto que se debe entender es que el aceite de refrigeración tiene una gran afinidad por el vapor de agua y el refrigerante, esta atracción es debido a que la presión del vapor del aceite es muy baja en comparación con la del refrigerante y la del vapor de agua.

Hoy en día con el advenimiento de los nuevos refrigerantes HFC, se requieren aceites del tipo Ester para los sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Cuando se menciona Partes Por Millón (PPM) de contenido de humedad en un refrigerante o aceite, se entiende como la Humedad Absoluta de esa mezcla, y es la relación en por ciento o en PPM de la cantidad de masa del agua, entre la cantidad de masa de refrigerante o aceite. Para una mezcla en un estado particular, su Humedad Absoluta no varía con los cambios de temperatura y presión.

A la relación de los Volúmenes del agua y del refrigerante o aceite se denomina Humedad Relativa (HR) y normalmente se expresa en por ciento (%). La Humedad Relativa varia con la temperatura, ya que los volúmenes internos de los componentes que constituyen la mezcla varían con la temperatura en forma diferente. Al aumentar la temperatura de la mezcla líquida, la Humedad Relativa disminuye, y por lo tanto es más difícil detectarla.

#### ***2.3.7.19 Indicador de líquido.***

El Indicador de Líquido se aplica en los casos en que nos permite la visibilidad del refrigerante en estado líquido, entre sus usos tenemos los siguientes:

- En medio de la válvula de expansión y la unidad condensadora, nos provee de una indicación de la carga de refrigerante del sistema.
- Después del separador de aceite, nos permite observar y así asegurar el adecuado retorno de aceite al compresor.
- Indica el aceite retornando al compresor en la línea de succión.

Entre sus usos más importante del Indicador de Líquido (llamado comúnmente “Mirilla” o “Visor”) es el de proporcionarnos una indicación visual de que la carga de refrigerante del sistema es correcta:

Si el indicador de Líquido se ubica en el receptor cerca de la Unidad Condensadora, si existe burbujeo en ella, se determinará que el sistema no tiene suficiente carga de refrigerante. Sin embargo, durante arranques con grandes cargas térmicas del sistema, puede ocurrir burbujeo temporal en el indicador de líquido. Si el tubo de salida del receptor presenta obstrucción o es pequeño, la situación del burbujeo ocurrirá la mayor parte del tiempo, aun con la carga correcta de refrigerante del sistema, esta situación es necesario observarla con cuidado para no llegar a la conclusión errónea de que el sistema está bajo de carga.

### 2.3.8 Diagrama de flujo.

A continuación, se muestra en la figura 30 el diagrama de flujo del equipo.

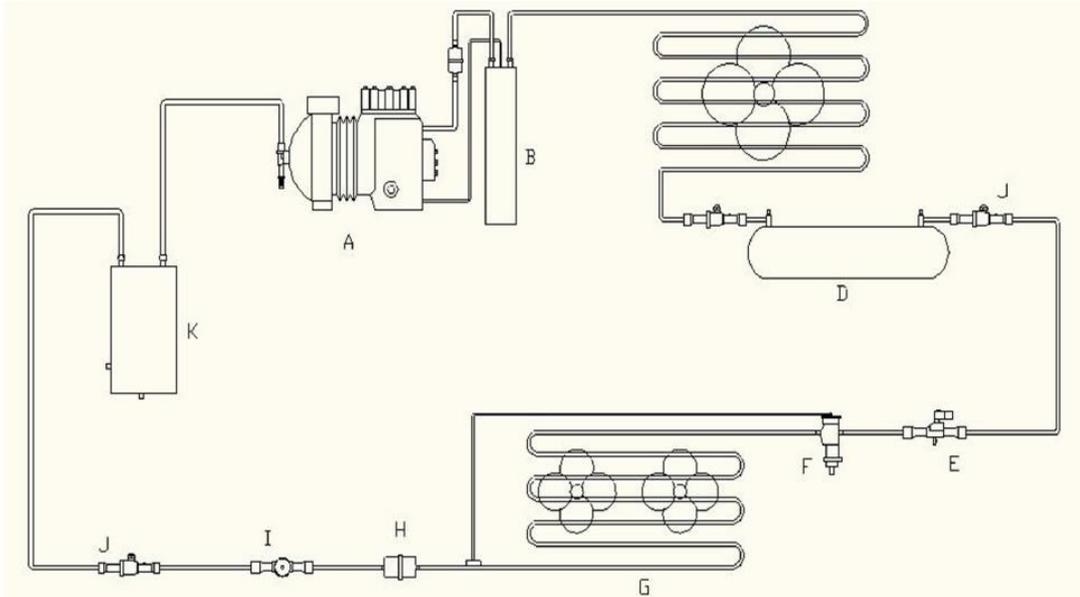


Fig. 30. Diagrama de flujo.

- A. Compresor
- B. Separador de aceite
- C. Condensador
- D. Recibidor
- E. Valvula de selenoide
- F. Valvula de expansion termostatica
- G. Evaporador
- H. Filtro deshidratador
- I. Mirilla del nivel del liquido
- J. Valvula de esfera
- K. Acumulador de succion

## **2.3.9 Arranque y puesta en marcha.**

### ***2.3.9.1 Detección de fugas en el sistema.***

La hermeticidad en un sistema de refrigeración tiene un papel muy importante considerando que la intrusión de humedad al sistema es altamente dañina además de la pérdida de refrigerante que produce deficiencia en la operación y mantenimiento.

Se considera que una fuga promedio es de 0.875 a 1.1312 kg/cm<sup>2</sup> (2 a 3 oz).

Si se toma un sistema pequeño en el cual el monto de la carga de refrigerante no supera los 400 gr entonces el objetivo a alcanzar puede establecerse en 0.218 kg/cm<sup>2</sup> (1/2 oz).

Para lograr los objetivos anteriores se deben tomar en cuenta que las uniones y los acoplamientos deben realizarse lo mejor posible. Las pruebas de fugas se deben realizar mediante las siguientes etapas:

1. Aislar el compresor del sistema mediante el cierre de las válvulas de servicio del mismo.
2. Aislar los controles de presión que puedan resultar dañados al aplicar la presión para la prueba.
3. Aislar válvulas de alivio si existen en el sistema.
4. Abrir todas las válvulas de paso existentes en la línea de líquido y de succión y en dado caso también la línea de gas caliente para deshielo.
5. Presurizar el sistema mediante el uso de nitrógeno incrementando lentamente la presión hasta alcanzar el valor de 10.5 kg/cm<sup>2</sup> (150 PSI).
6. Una vez que el sistema esté sometido a la presión se debe cerrar la válvula del cilindro de nitrógeno.
7. Todas las uniones deben ser revisadas usando una solución jabonosa aplicada con brocha comenzando con las conexiones de los manómetros y estableciendo una secuencia a seguir para asegurar que todas las uniones sean revisadas.

8. Si se observa una disminución en la presión se debe considerar si ha existido variación de temperatura del medio ambiente durante el tiempo en el cual se esté llevando a cabo la inspección.
9. Marcar cuidadosamente el lugar donde se registraron las fugas.
10. Una vez que todo el sistema haya sido revisado se debe dejar escapar el gas antes de proceder a corregir las fugas encontradas.
11. Repetir todo el procedimiento anterior solo que esta vez la presión de trabajo primeramente será de  $10.5 \text{ kg/cm}^2$  y después hasta  $21 \text{ kg/cm}^2$  únicamente el lado de alta presión, para esto se debe cerrar todas las válvulas de la línea de líquido y también en caso de existir válvulas de línea de gas caliente.
12. Liberar toda la presión del sistema y recargar con una mezcla de refrigerante. La cantidad de refrigerante a introducir al sistema depende de la capacidad del equipo. Tomar como base el valor de 1.1 kg (2.5 lb) de refrigerante por cada 10 toneladas de capacidad.
13. Presurizar el lado de baja presión del sistema a  $10.5 \text{ kg/cm}^2$  y el lado de alta a  $21 \text{ kg/cm}^2$ .
14. Probar fugas nuevamente con agua y jabón y si es factible con un detector electrónico.
15. Estando el sistema libre de fugas se recomienda dejar presurizado el equipo durante 24 horas y comprobar que no se ha presentado pérdida de presión durante ese lapso.
16. Por variaciones del medio ambiente pueden manifestarse incrementos o decrementos de presión del orden de  $1.20 \text{ kg/cm}^2$  (3 PSI) por cada  $5^\circ\text{C}$  de variación de temperatura son permisibles. Si este valor es mayor hay que suponer que existe una fuga considerable en el sistema, de ser así repetir todo el procedimiento anterior. Figura 31



*Fig. 31. Detector de fuga de gas.*

Durante los servicios al equipo, el personal encargado ha venido utilizando durante años equipo de detección de fugas. Los detectores de fugas existen, no solo para señalar fugas específicas, sino para monitorear una habitación entera continuamente. Existen varias razones para el señalamiento de fugas o el monitoreo del área, como:

- Conservación del refrigerante.
- Protección de los trabajadores.
- Detección de emisiones pequeñas o fugitivas.
- Protección del equipo.

Los detectores de fugas pueden clasificarse en dos grandes categorías: indicadores de fugas y monitores de área. Antes de adquirir un monitor o un indicador, se deben tomar en cuenta varios factores como sensibilidad, límites de detección y selectividad del equipo.

### **2.3.10 Método de vacío.**

Una vez que se tiene la certeza de que no existen fugas en el sistema el paso a seguir es hacer un buen vacío del sistema, empleando para ello una bomba de vacío.

Este procedimiento se emplea para lograr la eliminación de gases no condensables y la humedad.

- La humedad se ha de eliminar para evitar que las válvulas de expansión o el tubo capilar se obstruyan por un tapón de hielo. También para evitar la posibilidad de oxidación de los materiales.
- Los no condensables ( $O_2$ ,  $N_2$ ) se han de eliminar para evitar el aumento de presión de condensación y la oxidación de los materiales.

La relación entre el vacío y la humedad es muy simple, cuando más baja sea la presión obtenida, menos humedad y aire quedan en el sistema. Es más fácil eliminar agua en forma líquida de un sistema, que en forma gaseosa. A continuación, se explican diversos métodos de vacío para un sistema de refrigeración.

#### ***2.3.10.1 Método de alto vacío.***

Para llevar a cabo este método se requiere una bomba para alto vacío o de doble etapa y un vacuómetro de precisión.

- Se conecta la bomba a la manguera de servicio del múltiple y el vacuómetro a la bomba de vacío.
- Se abren las dos válvulas para hacer vacío simultáneamente por ambos lados de alta y de baja presión y finalmente se enciende la bomba.
- Se deja trabajando varias horas hasta que se alcance una presión de 500 micrones (0.07 KPa, 29.9 in de Hg).

A esta presión de trabajo se han eliminado todos los gases y casi toda la humedad en forma de vapor.

- Se cierran las válvulas del múltiple se apaga la bomba de vacío y se retira.
- Si se desea comprobar la hermeticidad del sistema, se puede dejar así en vacío por algunas horas con el vacuómetro conectado, sin que haya variación en la presión.

### 2.3.11 Método de la triple evacuación

Este método se emplea cuando solamente se cuenta con una bomba de una sola etapa.

- Se hace vacío a una presión absoluta de por lo menos 74,200 micrones (9.8 KPa, 27 in de Hg). Figura 32.
- Se rompe el vacío con vapor de refrigerante hasta una presión positiva de 115 KPa (2 PSI) y se deja así aproximadamente una hora.
- Después de esto se repite toda la operación anterior.
- Y, por último, se hace vacío por tercera vez, pero en esta ocasión al romper el vacío es para realizar la carga completa de refrigerante.

Por último, algunos puntos que deben de tomarse en cuenta para selección de un sistema de vacío son:

- El tipo y la construcción del sistema.
- El grado de impurezas.
- El tiempo necesario para realizar el vacío.



*Fig. 32. Bomba de vacío y vacuómetro.*

### **2.3.12 Carga del refrigerante.**

El funcionamiento adecuado de un sistema de refrigeración depende de la carga de refrigerante. Un sistema con falta de refrigerante vaciara el evaporador, dando como resultado presiones excesivamente bajas en el compresor, una pérdida de capacidad y un posible sobrecalentamiento del mismo.

Una sobrecarga de refrigerante puede inundar el condensador, como resultado de altas presiones de descarga y daño potencial al compresor.

Cada sistema debe ser considerado separadamente, puesto que los sistemas con la misma capacidad o rango en HP pueden no necesitar el mismo refrigerante o la misma carga por lo cual es importante determinar el tipo de refrigerante que se va a emplear en el sistema.

Algunas recomendaciones para la carga de refrigerante:

- Instalar un filtro deshidratador en la línea de suministro de refrigerante entre el manómetro de servicio y el puerto de servicio de líquido de recibidor. Este filtro extra asegurara que todo el refrigerante suministrado al sistema esté limpio y seco.
- Cuando cargue por primera vez un sistema el cual este vacío, el refrigerante en estado líquido puede ser agregado directamente dentro del tanque recibidor.
- En la placa de identificación de la unidad verifique la capacidad del sistema debe estar al 90% de la capacidad del recibidor. No agregar más refrigerante del que indica la placa, pesar el cilindro de refrigerante antes de cargarlo y llevar un control preciso del peso de refrigerante agregado al sistema.
- Arranque el sistema y termine de cargar hasta que el cristal mirilla indique carga llena. Si el refrigerante tiene que ser agregado al sistema a través del lado de la succión del compresor, cargarlo solamente en forma de vapor. La carga en fase liquida debe ser hecha en el lado de alta presión únicamente.

### ***2.3.12.1 Carga de refrigerante en fase líquida.***

La carga con refrigerante líquido es mucho más fácil que la carga en la fase de vapor y debido a esto es la más utilizada en grandes sistemas instalados en el campo. La carga en fase líquida requiere:

- Una válvula de carga en la línea de líquido.
- Una conexión de proceso en el lado de alta presión del sistema o una válvula a la salida del receptor con una conexión de carga.
- Nunca cargue líquido por las conexiones de las válvulas de servicio de succión y descarga del compresor puesto que pueden dañar los flappers del compresor.
- Purgue la línea de carga y abra la válvula de líquido del cilindro y la válvula de carga. El vacío del sistema causará el flujo de líquido a través de la conexión de carga hasta que las presiones del sistema se igualen con la presión en el cilindro del refrigerante.
- Cierre la válvula de salida del receptor y arranque el compresor. El refrigerante será alimentado del cilindro de refrigerante a la línea de líquido, pasando después del evaporador para almacenarse en el condensador y en el receptor.
- Observe la presión de descarga en el manómetro. Un rápido aumento en la presión indica que el condensador está lleno de líquido y la capacidad de bombeo del sistema ha sido excedida. Pare la carga del cilindro inmediatamente si esto ocurre y abra la válvula de la salida receptor.

### ***2.3.12.2 Carga del refrigerante en fase de vapor.***

La carga en la fase de vapor es normalmente usada cuando pequeñas cantidades de refrigerante son agregadas al sistema, hasta 25 lb (11.4 kg), pudiendo controlar más precisamente que en la fase líquida. La carga de vapor es normalmente hecha por medio de un manómetro múltiple en la conexión de la válvula de servicio de succión del compresor.

- Se debe cargar refrigerante en fase de vapor a través de la válvula de servicio de succión de descarga. Cuando agregue refrigerante la presión de descarga

deberá ser observada para asegurarse de no sobrecargar refrigerante y para que el mismo no se agregue muy rápido.

- Cuando hay presiones más altas de lo que normalmente se obtienen indica que el condensador se está llenando de líquido o que el compresor está siendo sobrecargado.
- El múltiple de carga permite el paso de vapor del cilindro. El cilindro está montado en una báscula para medir la cantidad de refrigerante cargado, para operar la válvula del cilindro debe emplearse una llave adecuada. Debe pesar el cilindro antes de cargar para tener un registro de cuanto refrigerante se carga.
- Para determinar si la carga que se agregó es suficiente, cierre la válvula del cilindro del refrigerante y observe la operación del sistema continúe cargando hasta que la carga agregada ha sido adecuada.
- Pese el cilindro del refrigerante, lleve un registro del peso estando cargando el sistema.

### **2.3.13 Alimentación eléctrica.**

Previo a la instalación, se necesita evaluar el sistema y determinar el tipo y calibre de los conductores eléctricos requeridos para la aplicación, en particular si la instalación del equipo es a 440 o 220 V. para cada tramo de conductor eléctrico usted debe de considerar todas las cargas que serán alimentadas por el circuito incluyendo relevadores, contactores, microprocesadores y solenoides.

El suministro de energía eléctrica, voltaje, frecuencia y fases deben coincidir con la placa de datos del compresor. Las terminales eléctricas serán revisadas cuidadosamente contra los diagramas del fabricante todas las conexiones de campo deberán realizarse profesionalmente de acuerdo con todos los códigos vigentes.

Por lo que se deberá estar seguro de haber considerado todas las cargas para poder seleccionar el adecuado calibre de los conductores eléctricos. Además, se debe conocer el tiempo que estarán en servicio y asegurarse de que se cuenta con la suficiente capacidad de conducción de amperaje en su transformador y el calibre del conductor adecuado para el

accionamiento del equipo. Antes de poner en funcionamiento la unidad, realizar una revisión completa de toda la instalación eléctrica, es conveniente considerar los siguientes puntos:

- El tipo de calibre deberá ser un conductor de cobre únicamente y del calibre adecuado para manejar la carga conectada.
- Conectar la unidad a tierra.
- Asegurarse que los arrancadores magnéticos, contactores y dispositivos de protección tengan la capacidad de manejar el voltaje y el amperaje correcto.
- Revisar que el giro de los ventiladores sea el correcto tanto en los evaporadores como en condensadores, si no es así cambiar la polaridad de las terminales.

#### **2.3.14 Herramientas para la instalación.**

Para la instalación de los equipos del sistema de refrigeración se debe de contar con toda la herramienta necesaria y adecuada para la ejecución del trabajo en particular. Dentro de las herramientas con las cuales se debe contar se encuentran las siguientes (figura 33):

- Una válvula manual de servicio (normal), esta obstruirá el paso del flujo.
- Un soplete con todos sus accesorios.
- Una bomba de vacío para evacuar el aire y toda la humedad del interior del sistema. (asegúrese de darle un buen servicio a su bomba de vacío antes de usarla).
- Un medidor de voltaje corriente, para verificar que la alimentación eléctrica cuenta con el voltaje y la corriente adecuados para el funcionamiento de los equipos.
- Manómetros para la medición de las presiones de succión y descarga y también para ayudar en la medición del sobrecalentamiento. Estos también son utilizados para localizar averías y para la adecuada operación del sistema.
- Un termómetro digital para la medición y ajuste del sobrecalentamiento.

Verificar que cada uno de los instrumentos estén correctamente calibrados. Reparar o reemplazar todos los instrumentos usados o dañados. También se necesitará equipo de izaje para la colocación de los evaporadores y la unidad condensadora.



Fig. 33. Medidor de voltaje, manómetro digital, soplete, termómetro digital.

### 2.3.15 Revisión final y puesta en marcha.

Después de realizada la instalación, los siguientes puntos tendrán que ser cubiertos antes de que el sistema sea puesto en operación.

#### 2.3.15.1 Unidad condensadora.

- Verificar que el nivel de aceite del compresor este a  $\frac{1}{4}$  o ligeramente arriba de  $\frac{1}{4}$  del nivel de cristal mirilla, antes de arrancarlo.
- Quitar las tuercas de montaje, espaciadores de embarque, instalar las arandelas de neopreno a pie del compresor. Volver a colocar las tuercas y arandelas, permitiendo  $\frac{1}{16}$ " de espacio entre la tuerca de montaje y el espaciador de neopreno.

#### 2.3.15.2 Evaporador.

- En todos los motores de ventiladores en condensadores enfriados por aire, evaporadores, etc. Debe ser revisado el sentido de giro. El montaje de los motores ventiladores debe ser revisado cuidadosamente para una fijación y alineación adecuada.

- Los motores de los ventiladores de evaporadores por deshielo eléctrico y gas caliente, deberán ser conectado temporalmente para una operación continua hasta que la temperatura de la cámara se haya estabilizado.

#### ***2.3.15.3 Válvula de expansión.***

- Verifique los controles de alta y baja presión válvulas reguladoras de presión, control de seguridad de presión de aceite y todo tipo de control de seguridad y ajústelos si es necesario.

#### ***2.3.15.4 Generales.***

- Revisar todas las conexiones eléctricas y de refrigerante. Asegurarse de que estén correctas.
- Verifique el termostato de cuarto para su buen funcionamiento.
- Leer y archivar para futuras referencias diagramas de alambrado, boletines de instrucciones, etc.
- Observar las presiones del sistema durante la carga y la operación inicial. No agregue aceite al sistema mientras tenga poco refrigerante, a menos que el nivel de aceite este peligrosamente bajo.
- Continuar cargando hasta que el sistema tenga el refrigerante suficiente para una buena operación. No sobrecargue. Recuerde que las burbujas en el indicador de líquido pueden ser debidas a una restricción o bien por una baja de refrigerante.
- Observe detenidamente el funcionamiento del equipo hasta que el sistema haya alcanzado sus condiciones normales de operación y la carga de aceite haya sido ajustada adecuadamente para mantener el nivel de aceite.
- Llenar una hoja de referencias del sistema.

## 2.3.16 Ficha técnica de instalación y operación de Cuarto Frio.

### Datos de referencia del sistema

La información siguiente debe ser llenada por el técnico ó contratista de la instalación

Datos del sistema instalado:

Nombre y Dirección del instalador:

### Unidad de condensación

Modelo:

 / 

Serie:

 / 

Compresor modelo:

Compresor modelo:

Número de serie:

Número de Serie:

### Datos Eléctricos:

Volts

Fases

Voltaje en el compresor

L1

L2

L3

Amperaje en el compresor

L1

L2

L3

### Evaporador (es)

Evaporador modelo:

Evaporador modelo:

Número de serie:

Número de serie:

### Datos Eléctricos:

Volts

Fases

Modelo y Marca de la Válvula de Expansión:

 / 

Temperatura amb. al arranque:

 °C

 °C

Temperatura de cuarto de diseño:

 °C

 °C

Temperatura de cuarto de operación:

 °C

 °C

Ajuste de Termostato:

 °C

 °C

Ajuste del Deshielo:

 / día 

Tiempo de seguridad para el deshielo en min.

 / día 

Tiempo de seguridad para el deshielo en min.

### Refrigerante

Presión de descarga del compresor:

 Psig

 Psig

Presión de succión del compresor:

 Psig

 Psig

Presión de descarga de la bomba de aceite:

 Psig

 Psig

Diferencial de presión de aceite:

 Psig

 Psig

Temperatura de la línea de succión a la entrada del compresor:

 °C

 °C

Temperatura de la línea de descarga a la salida del compresor:

 °C

 °C

Sobrecalentamiento del compresor:

 °C

 °C

Temperatura de la línea de succión en el evaporador:

 °C

 °C

### Sobrecalentamiento en el Evaporador

Tipo de aceite y viscosidad

 / 
 / 

Vacío # de veces: \_\_\_\_\_ Micrones finales

 / # de veces 

Micrones finales

Tiene ciclo de bombeo completo:

Si  No

Si  No

Trampa de Vapor en la Línea dren del Evaporador fuera del Cuarto:

Si  No

Nivel de Aceite de la Mirilla del Compresor

1/4  1/2  Vacío

1/4  1/2  Vacío

Ubicación de la VSL:

Al pie de la U.C. Si  No

Cerca de la VET. Si  No

Comentarios previos a la falla:

Fuente: Bohn México.

## **Capítulo III. Mantenimiento de Caldera, Chiller y Cuarto Frio**

### **Introducción a la elaboración del plan de mantenimiento**

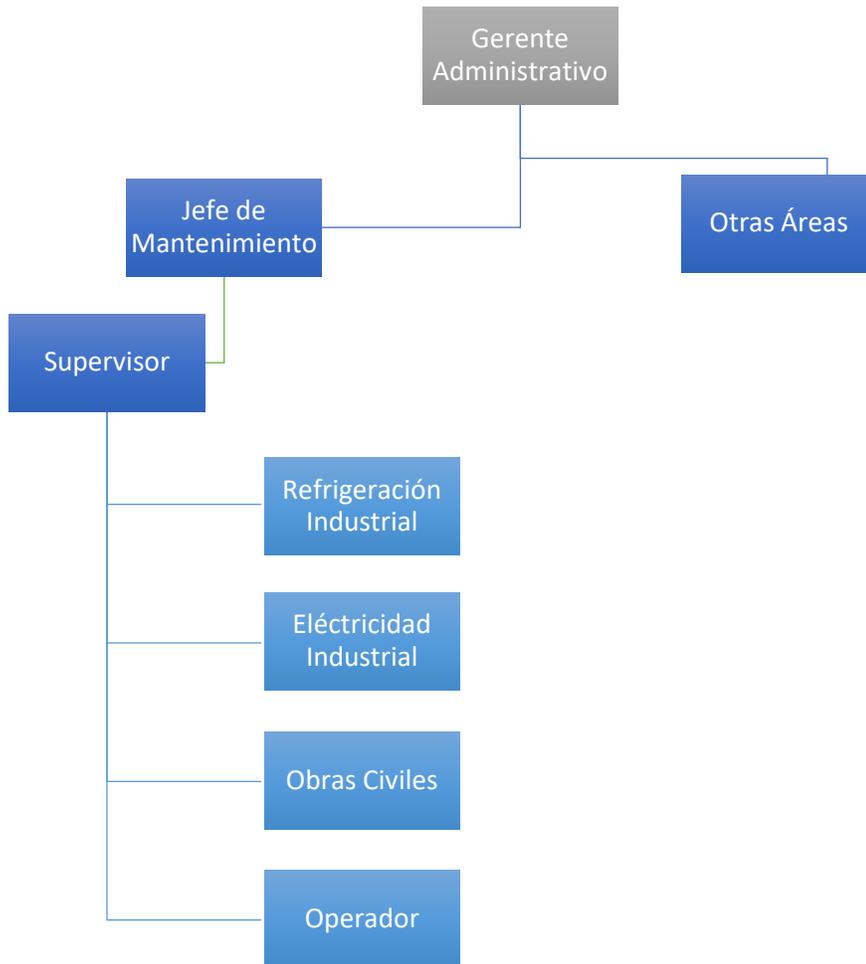
Para la elaboración de este plan se tiene que tomar en cuenta las técnicas del Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) las cuales se adecuan más a las condiciones actuales de labor nacional e internacional, tiene como objetivo aprovechar el máximo la vida útil de los equipos. En la etapa de reconocimiento y recolección de información sobre los tipos de mantenimiento, se propuso realizar un plan de Mantenimiento Preventivo Planificado para los equipos térmicos: Caldera piro-tubulares, Equipos Chiller y Cuarto Frio, puesto a que, en los últimos años en Nicaragua en los planes de mantenimiento, solo se actuaba en mantenimiento correctivo, lo cual se elevaban drásticamente los costos de mantenimiento. El propósito del Mantenimiento Preventivo Planificado es bajar los costos energéticos y disminuir los costos de mantenimiento.

### **Organización administrativa**

La organización administrativa tendrá la función de dar forma a la estructura y delegación de trabajos según la formación y cargo de los integrantes del departamento de mantenimiento, actualmente no existe una forma correcta u ordenada de realizar los trabajos, todas las delegaciones se hacen de forma oral y como estime conveniente el gerente administrativo. Esto causa que trabajos de alta prioridad queden sin concluir o que demanden más personal de lo necesario. En el sistema de organización actual el jefe de mantenimiento cumple la funcionalidad de varios cargos, provocando exceso de carga de trabajo, mala organización de trabajo, no se crean los registros pertinentes de mantenimiento y el departamento no marcha eficientemente.

Un componente importante para el éxito de cualquier organización es el tipo de estructura que implementa. Por eso, en todo momento deben estar pendientes de las consecuencias de una mala estructura organizativa, ya que esto no sería beneficioso viéndolo desde todas las perspectivas posibles y determina el número de capas de gestión y funcionamiento de los departamentos que interactúan entre sí. La estructura organizacional deficiente puede crear una variedad de problemas, entre estos podemos mencionar la sobre gestión y la falta de comunicación, decir, con todos y cada uno de los empleados que tengan que ver con la parte administrativa de cualquier empresa.

## Organigrama administrativo para mantenimiento



## Perfiles del personal administrativo

### Jefe de mantenimiento

El Jefe de Mantenimiento será responsable de gestionar el mantenimiento global de la empresa, coordinando un grupo de personas calificadas en diferentes tareas para asegurar los planes de mantenimiento preventivo y correctivo de todas las instalaciones de la empresa.

Planificar, coordinar y dar seguimiento al mantenimiento preventivo y correctivo en los equipos, garantizando el funcionamiento óptimo y adecuado de las instalaciones contribuyendo al cumplimiento de los objetivos estratégicos institucionales.

## **Supervisor**

La misión es supervisar y llevar el control de manera oportuna de la logística de procedimientos, administrativos y operativos en el departamento de mantenimiento, bajo lineamientos del jefe superior inmediato, a fin de contribuir al cumplimiento del plan operativo del área, coordinando, programando, asignando, ejecutando y controlando las labores propias del proceso de mantenimiento a su cargo, se podrá garantizar un buen mantenimiento.

## **Electrico**

Realizar trabajo de carácter operativo que exige eficacia en el mantenimiento preventivo y correctivo, referente a todo tipo de instalación eléctrica, bajo los lineamientos del jefe superior inmediato, con el propósito de mantener en óptimo funcionamiento las instalaciones.

## **Tecnico en refrigeración**

Realizar mantenimiento en equipos de refrigeración y aire acondicionado, de acuerdo a los lineamientos emanados por el jefe superior inmediato, con el fin de que estén en óptimas condiciones.

## **Operador**

Mantener un sentido de previsión y seguridad durante todo el proceso de operación, cuidando los puntos y medidas de seguridad personal.

## **Obras civiles**

### Actividades

- Instalar, mantener y reparar tuberías.
- Inspeccionar y probar sistemas de tuberías para la reparación de fugas y averías.
- Limpiar y despejar cualquier obstrucción en las tuberías de aguas residuales.
- Preparar materiales.
- Soldar.

- Pegar ladrillo y cerámicas.
- Dar mantenimiento a la infraestructura de los Cuarto frio.
- Realizar tras actividades delegadas por el jefe inmediato en relación con el puesto de trabajo.

En el siguiente cuadro se especifica el personal necesario para que las labores de mantenimiento

**Tabla N° 7. Personal administrativo**

<b>CARGO</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>AREA</b>
<b>Jefe de Mantenimiento</b>	1	Administrativa
<b>Supervisor</b>	1	Administrativa
<b>Técnico Eléctrico</b>	1	Electricidad Industrial
<b>Técnico en Refrigeración</b>	1	Refrigeración
<b>Operador</b>	3	Operadores
<b>Fontanero</b>	1	Obra Civil

*Fuente: Propia*

## **3.1 Caldera**

### **3.1.1 Preparación al mantenimiento de caldera.**

Parafraseando la obra de A. y F. Fontanet SRL (2012) las calderas son elementos industriales que garantizan la continuidad de una empresa o la línea de producción del producto, es vital mantener este componente en óptimas condiciones, para ello hay que localizar cuales son las partes que sufren más desgaste debido a la carga de trabajo y temperatura sometida.

El llevar un control de la maquinaria permitirá alargar la vida útil de la Caldera, eso conllevará a ahorrar tiempo en mantenimientos correctivos que acarrearán pérdidas de dinero tanto en insumos como pérdida de tiempo de producción.

Habrán que separar los tipos de mantenimientos del equipo semanal, mensual y anual para escalar los tiempos y vida útil de componentes de la caldera. Como menciona W. Barreto en (Calderas de vapor 2008) “Los objetivos del mantenimiento de caldera deben ser:

1. Satisfacción de los requisitos operacionales necesarios.
2. Eficiencia.
3. Seguridad de funcionamiento.
4. Costos mínimos de mantenimiento.
5. Vida útil lo más larga posible”.

### **3.1.2 Descripción y definición de mantenimiento.**

#### ***3.1.2.1 Manual de mantenimiento.***

Documento que resume los componentes del Sistema de Gestión de Mantenimiento, incluyendo: Misión, Visión, Política y Objetivos de Mantenimiento, los procedimientos indicados en la presente especificación, perfiles de los cargos de mantenimiento, obligaciones y responsabilidades del personal de mantenimiento, y toda otra información considerada necesaria e importante.

### ***3.1.2.2 Preparación de gestión de mantenimiento.***

Etapa del sistema de gestión de mantenimiento, en la cual se prepara información requerida de forma previa a la etapa de planificación. Esta información habitualmente está referida a datos técnicos de los activos, listados codificados de activos, categorización de activos, determinación de acciones de mantenimiento y recursos, determinación de indicadores de gestión, procedimientos referidos a los aspectos indicados, y cualquier otra información relevante relacionada.

### ***3.1.2.3 Planificación estratégica.***

Conjunto de actividades realizadas en las fases de formulación de la estrategia, ejecución de la estrategia y evaluación de la estrategia, cuyos resultados se retroalimentan cíclicamente.

### ***3.1.2.4 Planificación de mantenimiento.***

Etapa del sistema de gestión de mantenimiento, en la cual se elaboran los planes de mantenimiento, principalmente en base a las acciones determinadas en la etapa anterior. La planificación se comunicará y se consensuará con las otras funciones empresariales involucradas.

### ***3.1.2.5 Programación de mantenimiento.***

Etapa del sistema de gestión de mantenimiento, en la cual se programan de forma periódica las actividades determinadas en los planes de mantenimiento. Los programas deben considerar los recursos logísticos, financieros y otros, necesarios y suficientes para la ejecución de los programas correspondientes. Los programas deben ser comunicados a los involucrados con suficiente oportunidad, pertinencia y deben ser documentados. Los registros de las actividades correspondientes deben ser realizados en papel y en medio magnético para fines de sistematización.

### 3.1.3 Mantenimiento diario.

- Efectuar revisión del nivel de combustible en los tanques.
- Inspeccionar las uniones flexibles.
- Inspeccionar según bitácora los niveles del agua.
- Mantener el cuarto de caldera limpio de basura y cualquier otro material impropio de la sala.
- Agregar el producto químico para tratamiento interno de la caldera, de acuerdo a la dosificación establecida por el análisis de agua.
- Efectuar revisión visual de la llama. Notar si es de forma normal.
- Llenar la bitácora de funcionamiento operacional de la caldera.
- Limpiar la caldera con regularidad. El número y frecuencia del régimen de limpieza se determinan en base a los resultados del análisis del agua.
- Procedimiento de limpieza:
  - ✓ Con la caldera a su operación de trabajo, se espera a que trabaje la bomba de alimentación de agua, y cuando esta se pare se proceda a limpiar la caldera.
  - ✓ Abrir válvula de cierre lento.
  - ✓ Abrir válvula de cierre rápido.
  - ✓ Prenda en sentido inverso para el cierre total de las válvulas.
- La espuma de la superficie debe ser limpiada a diario.
- Limpiar la columna de agua dos veces al día o cuando menos una por turno, abriendo la válvula de drenaje de la columna de agua aproximadamente por 4 segundos.
- Si el trabajo de la caldera es discontinuó, es decir, trabajando de 8 a 12 horas diarias, cerciorarse que el procedimiento de encendido y apagado sea el correcto.
- Chequear motores eléctricos:
  - ✓ Contacte los ruidos característicos
  - ✓ Constate el calentamiento. Coloque la mano sobre el motor, si puede mantener la mano por más minutos no hay sobrecalentamiento.

- Inspeccione el Ventilador:
  - ✓ Observe visualmente.
  - ✓ Chequee ruidos característicos.
- Revisar prensa estopas y sellos mecánicos de las bombas, el goteo permisible es 1 gota por minuto.
- Verificar el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua en todas sus operaciones.
- Limpiar tanque de condensado por espacio de 5 segundos.
- Efectuar análisis de agua.

#### **3.1.4 Mantenimiento semanal.**

- Chequear control de alta y baja:
  - ✓ Limpie la caldera hasta su punto más bajo.
  - ✓ El quemador en este punto se tiene que apagar.
  - ✓ La bomba de alimentación se tiene que medir.
  - ✓ Una vez recuperado el nivel, la bomba se tiene que apagar.
  - ✓ El quemador vuelve a funcionar.
- Efectuar limpieza en la caldera un poco más a fondo que en las diarias.
- Limpiar los tanques de combustible; esto hacerlo con un balde de 5 galones.
- Accionar manualmente las válvulas de seguridad y verificar su funcionamiento.
- Limpiar los filtros colocados antes y después de las bombas de combustible.
- Procedimiento:
  - ✓ Seleccionar herramientas.
  - ✓ Abrir interruptor.
  - ✓ Sacar válvula de combustible.
  - ✓ Sacar tornillos y tapas.
  - ✓ Colocar un recipiente para recoger el combustible que caiga.
  - ✓ Desmontar, limpiar y montar el filtro.
  - ✓ Colocar tornillos y tapas.
  - ✓ Abrir llave de combustible.

- ✓ Limpiar aire del filtro.
- Lubricar varillas del dámper.
- Lubricar palanca del sector de aire primario.
- Inspeccionar las bandas de los distintos motores.
- Limpieza de la foto celda de los quemadores.
- Evaluar los resultados de la bitácora de registro, comparando los resultados.
- Chequear los ruidos característicos de todas las bombas, ventiladores y otros motores.
- Inspeccionar niveles de vidrio de caldera.
- Inspeccionar válvula termostática diferencial.
- Inspeccionar válvula presostática diferencial.
- Accionamiento manual de los niveles electromagnéticos de nivel bajo y nivel alto.

### **3.1.5 Mantenimiento mensual.**

- Bomba de alimentación de agua y bomba de condensado.
- Comprobar la temperatura de los cojinetes con la mano. En caso de recalentamiento, engrase. Si persiste el problema investigue la causa.
- Observar el alineamiento de la bomba y socar los anclajes.

#### ***3.1.5.1 Controles de nivel.***

- En los cristales visuales de la caldera, observar si hay fugas; si las hay, repárelas. En caso de cristal defectuoso, cámbielo.
- Niveles de Operación: Comprobar que los niveles de arranque y paro de la bomba de condensado y alimentación sean los correctos. Revisar y limpiar los contactos.
- Comprobar la operación de los niveles electromagnéticos.

#### ***3.1.5.2 Sistema de combustible.***

- Verificar las fugas en las líneas de combustible. Si los hay, repararlos.

- Filtro de Tubería: Limpiarlo. Verificar accionando el microswitch de cambio de combustible.
- Verificar limpieza de filtros antes y después de las bombas de combustible.
- Verificar las bandas de las bombas, su estado y función; de ser necesario cambie el juego.
- Alineación de la bomba: verificar alineación de las poleas y revisar pernos de anclaje.

### ***3.1.5.3 Ventiladores.***

- Revisar el estado de las bandas y su función. De ser necesario cambie el juego.
- Limpiar la pantalla contra polvo de los ventiladores.
- Verificar la alineación de los rodets, en caso de desequilibrio apretar.
- Revisar los anclajes y corregir las vibraciones.
- Revisar la temperatura de los cojinetes con la mano, en caso de no poder apoyarla por segundos investigar la causa y corregir.

### ***3.1.5.4 Controles eléctricos.***

- Conservar los controles eléctricos tanto de bastidor, motores y controles, cerrados herméticamente para evitar en lo posible la entrada de polvo.
- Limpiar con solvente adecuado todos los contactos de los diversos accesorios y componentes eléctricos.
- Sopletear con aire comprimido los controles, bastidores, motores y demás aparatos eléctricos.
- Manómetros y Termómetros: revisar la calibración de los mismos, desmontándolos y colocando en su lugar los patrones de prueba. Si tienen lectura diferente cambiarlos.
- Revisar los interruptores de mercurio.
- Revisión de todas las válvulas. En caso de fugas, repararlas o cambiarlas.
- Inspeccionar válvula principal.
- Presostatos de mercurio accionarlos manualmente.

### **3.1.5.5 Quemadores.**

- Limpiar las boquillas de los quemadores.
- Ajustar los electrodos de los quemadores.
- Ajustar cabeza de combustión y difusor.
- Ajustar y regular precalentador.
- Chequear las válvulas solenoides y los quemadores.

### **3.1.6 Mantenimiento trimestral.**

- Revisión de los sellos mecánicos de las bombas; si hay goteo fuerte, cambiarlo.
- Engrasar chumacera del ventilador inducido y forzado.
- Revisión del material refractario en toda la caldera. Si se observa grietas, repararlos.
- Revisión de los registros de inspección.
- Limpieza y engrase del eje del ventilador inducido.
- Revisión de la chimenea para ver si hay fugas o corrosión.
- Revisión de los descenizadores para comprobar su estado interno.
- Revisión del sistema impulsor de las bombas de combustible, desarmar.
- Quemadores: Chequear servomotor, transformador de ignición y programador.
- Revisar y alinear coupling del ventilador forzado.
- Revisión y chequeo de todo el refractario de la caldera.
- Niveles de vidrio: mantenimiento total.
- Inspección del aislante de las tuberías
- Inspección del aislante externo de la caldera.
- Limpieza de las agujas de regulación de las bombas de combustible.
- Limpieza y mezclador de Diesel y bunker.
- Limpieza de los restos de combustión en las paredes refractarias y tubos de agua.

### 3.1.7 Mantenimiento anual.

- Bomba de Combustible: desarmarlas en su totalidad para revisar todas sus partes. Se incluye el motor. Reemplazar lo defectuoso.
- Válvulas en general: Desarmar todas las válvulas de la instalación, limpiarlas, repararlas o cambiarlas por nuevas en caso de no tener reparación.
- Limpieza interna de la caldera.
- Limpieza interna del tanque de condensado.
- Limpieza interna del calentador.
- Limpieza interna del des aireador.
- Comprobar el aislamiento externo de la caldera, cambiarlo en caso necesario.
- Bombas de Alimentación y condensados: desarmarlas en su totalidad para revisar todas sus partes.
- Abrir las puertas traseras con el fin de:
  - ✓ Hacer limpieza del hollín de los tubos.
  - ✓ Efectuar revisión del refractario.
  - ✓ Efectuar revisión de la tubería
  - ✓ Es recomendable pintar la parte de fuego con pintura a base de grafito o disulfuro de Molibdeno para impedir la corrosión.
- Es recomendable cambiar los rodamientos de los ventiladores debido a las severas condiciones de trabajo.
- Revisión del refractario del lado de agua.
- Revisión de la tubería del lado de agua.
- Desarme y limpieza de los ventiladores de tiro inducido y reforzado.
- Mantenimiento integral del quemador. Esto incluye: bomba integrada, precalentador integrado, blower integrado, boquillas, porta-boquillas, electrodos, difusor, válvulas solenoides integradas, termómetros de carátula integrados, transformador.

### **3.1.8 Mantenimiento de las bombas.**

#### ***3.1.8.1 Bomba de alimentación de agua.***

Engrase y verificación del juego de los rodamientos (cada ocho mil horas).  
Desmontar y limpiar los rodamientos con petróleo, así como su alojamiento, y montarlos de nuevo con una cantidad de grasa equivalente a los 2/3 de volumen de la caja, antes del montaje verificar el juego de los rodamientos, si es muy grande reemplazarlos. Cuidar el sentido de montaje de los rodamientos, estos son del tipo Z (1 deflector). El deflector que equipa los rodamientos debe ser colocado del lado de la masa rotatoria del motor, con el fin de mantener la grasa en los alojamientos. Utilizar una grasa MOBILPLEX 47 o similar (ALBANIA 3)

Verificación de estanqueidad de salida del árbol de bomba (cada ocho mil horas).  
Cambio de sello mecánico.

#### ***3.1.8.2 Bomba del condensador.***

Es ajustado en la fábrica y no requiere mantenimiento. El mantenimiento para el motor es prácticamente nulo. Estos motores están provistos de rodamientos engrasados sellados diseñados para 15,000 horas de operación.

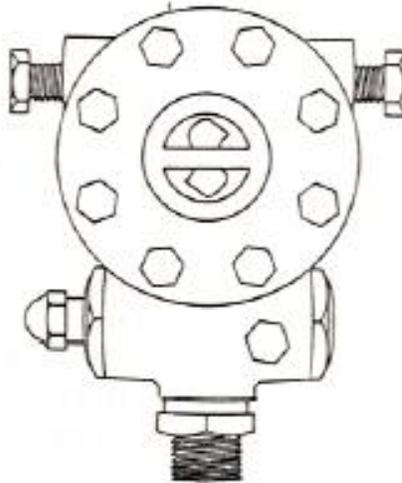
#### ***3.1.8.3 Bomba de combustible (Bunker).***

Para el armado y desarmado de estas bombas se deberá de consultar en todo momento los planos y las instrucciones que se encuentran en el taller de mantenimiento. Aplicar solo condiciones de seguridad, sobre todo al momento de quitar la bomba del sitio para evitar derrames de combustible. El mantenimiento de este equipo requiere la sustitución de los engranajes internos los cuales vienen en el kit, estos se cambian cada dos años.

El mantenimiento para el motor es prácticamente nulo. Estos motores están provistos de rodamientos engrasados sellados diseñados para 15,000 horas de operación.

#### **3.1.8.4 Bomba de combustible incorporada en el quemador.**

Antes de la puesta en marcha debe de llenarse de combustible la tubería de aspiración y limpiar la bomba. De no hacerlo existe el peligro de agarrotamiento de la bomba por funcionar en seco.



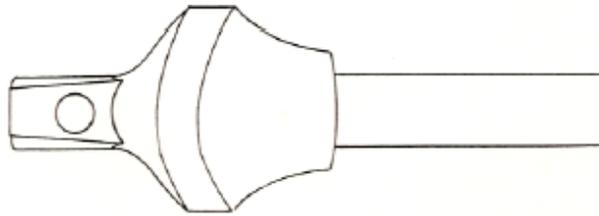
*Fig. 34. Bomba de combustible.*

Regulaciones:

- Para medir la presión o depresión de llegada montar un manómetro o vacuómetro en el orificio. Para regular la presión de la bomba soltar el tapón y regular la presión.
- Giro derecho: Aumenta presión.
- Giro izquierdo: Disminuye presión.
- La depresión no debe exceder los 0.5 bar.
- La presión de alimentación máxima 3.5 bar.
- Temperatura máxima en la entrada de la bomba 90 grados centígrados.

Estas bombas poseen dos filtros internos, uno en la entrada y otro en la salida, para tener acceso a estos hay que desmontar la tapa delantera aflojando los tornillos.

Acoplamiento de la bomba: entre la tubería y la bomba se monta un acoplamiento elástico de cruceta. Una vez montado y regulado el acoplamiento hay que evitar esfuerzos sobre el eje de la bomba. El acoplamiento de la bomba debe estar regulado manteniendo una separación con respecto al acoplamiento de 1.5 milímetro. La regulación se afecta después de soldar el prisionero. El tornillo está provisto como punto de ruptura en caso de agarrotamiento de la bomba. Este tornillo se suelta por rosca, en caso de ruptura se puede reemplazar el acoplamiento.



*Fig. 35. Acoplamiento de la bomba.*

### **3.1.9 Procedimiento de sopleteado de los tubos de fuego.**

En la vista de que la caldera no trae sopladores de hollín, se ideó un sistema, el cual reemplaza esta actividad, con los pasos que se dan a continuación, suponiendo que la caldera esté en funcionamiento:

- Apagar los quemadores en el orden descrito.
- Sacar los quemadores en el orden descrito.
- Mantener encendido los dos ventiladores y esperar diez minutos.
- Abrir las puertas traseras y las ventanas de inspección de los pasos.
- Hacer la conexión del brazo extensor a la línea viva de vapor. Esto se puede ir haciendo paralelo a la apertura de las puertas y ventanas de inspección.
- Una vez realizado esto, se produce a introducir por las ventanas de inspección de los pasos, el brazo extensor.
- Limpiar tubo por tubo, por un espacio no menor de 5 segundos ni mayor de 10.
- Para la iluminación se utilizará una lámpara de doce voltios de corriente directa.
- Se comenzará por el paso 3; luego por el paso 2 y por último por el paso uno.
- A medida que se van limpiando los pasos, se van cerrando las ventanas de inspección y las puertas traseras respectivas.

- Una vez concluida la operación, se procederá a introducir los quemadores nuevamente, y se encenderán en el orden descrito anteriormente.

En la limpieza anual, se procederá con la caldera fría. Una vez que todas las puertas estén abiertas, limpiar los tubos con los escobillones metálicos; luego, la limpieza se hará con el compresor de aire.

### **3.1.10 Mantenimiento de los niveles visuales de cristal.**

El mantenimiento de estos equipos se hará de la forma en que se describen los pasos de ejecución. Hay que leer bien el documento en su desarrollo y aclaraciones antes de proceder.

Desarrollo:

- Cerrar las válvulas que comunican el nivel con la caldera.
- Limpiar el nivel.
- Desmontar el nivel de las válvulas.
- Aflojar los pernos de lámina de ajuste en forma cruzada e invertida; hacer esto suavemente.
- Retirar los empaques y el vidrio.
- Limpiar con cepillo de alambre el cuerpo del indicador, la pieza central, los pernos de la caja, y la cuña de ajuste.
- Si el vidrio está roto, cambiarlo; si se vuelve a usar el mismo vidrio, se debe limpiar bien para sacar toda suciedad producto del ataque de agua y el vapor. Esta limpieza se hará con ácido clorhídrico o ácido muriático. Si se procede a efectuar este tipo de limpieza con ácido, se deberá mantener el vidrio inmerso en agua por espacio de cinco minutos y luego enjuagarlo.
- En caso de que el cristal presente una pequeña ondulación, se puede tratar de emparejarlo con tela de esmeril mediana; esto se hace sobre una superficie plana (mármol o vidrio).
- Comenzar a armar el nivel colocando el empaque nuevo en el cuerpo indicador, previamente lubricado con grafito.
- Colocar el vidrio.

- Colocar el otro empaque también lubricado.
- Colocar la pieza central sobre el vidrio con su empaque.
- Introducir la cuña en su guía, con los pernos flojos.
- Ajustar los pernos con la mano hasta que hagan tope.
- Continuar ajustando parejo en forma cruzada e invertida con una llave, todos los pernos por igual, hasta lograr un buen sellado entre las partes.
- Una vez armado el nivel, montarlo nuevamente en sus válvulas de comunicación con la caldera.

Aclaraciones:

- Esta operación se podrá realizar con la caldera en funcionamiento, únicamente si las válvulas que unen el nivel con la caldera, no tienen fuga.
- Los pernos de la cuña de ajuste se tendrán que aflojar en forma de cruceta y no de un solo, para evitar deformaciones.
- Esta operación se tiene que llevar con mucho cuidado, pues un perno más ajustado que otro, causaría inmediatamente la rotura del cristal.
- Los empaques entre válvulas y el nivel, se tienen que cambiar por nuevos al ejecutar esta operación.

### **3.1.11 Procedimiento de condenar un tubo de fuego en operación.**

Cuando la caldera está trabajando, puede darse el caso, de que un tubo del área pirotubular se fisura o se agriete, en este caso tenemos las observaciones siguientes:

- Por una disminución brusca de la presión.
- Disminución de la temperatura del humo.
- Aparición de humedad en los descenizadores.
- El humo de la chimenea toma un color blancuzco

Cuando se presenta este caso es necesario proceder de forma rápida:

- Apagar los quemadores.
- Sacar los quemadores.
- Dejar funcionando los ventiladores, hasta enfriar la caldera.

- Abrir las puertas traseras y localizar el tubo averiado.
- Abrir la ventana de inspección del paso que corresponda.
- Se traen los tapones de acero según sea el diámetro del tubo.
- Este tapón de acero es cónico.
- Se introduce el tapón en el tubo y se le efectúa un cordón de soldadura sobre el borde ribeteado del tubo a condenar.
- Lo mismo se hace en la cara opuesta del espejo donde va el tubo a condenarse.
- Una vez concluido el trabajo, se procede a cerrar la caldera. Girar los quemadores hacia adentro; se procede a encenderla nuevamente. El vapor que se escape por ese tubo dañado evitara que el tapón de acero se queme.

Este trabajo es solo provisional y hay que ponerle mucha atención, porque en caso contrario se nos pueden presentar desperfecto mayor.

### **3.1.12 Diagnostico de problemas, causas y soluciones ante una avería.**

La caldera posee varios equipos auxiliares sobre todo bombas a las cuales hay que dictaminarles de forma rápida cualquier falla o avería que presenten. Para lograr esto haremos uso de una guía de fallas comunes y soluciones (Troubleshooting).

### **3.1.13 Mantenimiento de bombas, diagnóstico de problemas en bombas.**

Los problemas de operación en las bombas pueden ser de naturaleza hidráulica o mecánica. En la primera categoría, una bomba puede fallar en la entrega del líquido; puede entregar una insuficiente capacidad o desarrollar presión insuficiente, o perder su cebado después del arranque. En la segunda categoría, puede darse el consumo de una potencia excesiva, o pueden desarrollarse síntomas de dificultades mecánicas en los prensaestopas o cojinetes, o vibración, ruidos, o puede ocurrir la rotura de algunas piezas de la bomba.

Existe una interdependencia definida entre algunas dificultades de ambas categorías. Por ejemplo, el incremento de desgaste en las piezas móviles debe clasificarse

como un problema mecánico, pero este resultara en una reducción de la capacidad neta de la bomba un síntoma hidráulico sin causar necesariamente una avería mecánica o una vibración. excesiva. Como resultado, es más útil clasificar los síntomas y las causas por separado, y elaborar para cada síntoma una lista de posibles causas.

#### ***3.1.13.1 Problemas de succión.***

- La bomba no está cebada.
- La bomba o la tubería de succión no está completamente llena de líquido.
- La elevación de la succión tiene demasiada altura.
- Margen insuficiente entre la presión de succión y la presión de vapor.
- Cantidad excesiva de aire o gas en el líquido.
- Bolsa de aire en la línea de succión.
- Filtración de aire hacia la línea de succión.
- Filtración de aire a la bomba a través de los prensaestopas.
- Válvula de pie demasiado pequeña.
- Válvula de pie parcialmente obstruida.
- Entrada de la tubería de succión insuficientemente sumergida.
- Sello de agua de la tubería tapado.
- Jaula del sello líquido mal instalado en los prensaestopas, impidiendo la entrada del líquido sellador para la formación del sello.

#### ***3.1.13.2 Problemas en el sistema.***

- Velocidad muy baja.
- Velocidad muy alta.
- Dirección de rotación equivocada
- Cabeza total del sistema mayor que cabeza de diseño de la bomba.
- Cabeza total del sistema menor que cabeza de diseño de la bomba.
- Gravedad específica del líquido diferente de la de diseño.
- Viscosidad del líquido diferente de la de diseño.
- Operación a muy baja capacidad.

- Funcionamiento paralelo de bombas inapropiado para tal operación.

### ***3.1.13.3 Problemas mecánicos.***

- Materiales extraños en el impulsor de la bomba.
- Desalineación.
- Cimientos no rígidos.
- Eje doblado.
- Rozamiento entre piezas rotatorias y piezas fijas.
- Cojinetes desgastados.
- Anillo de rozamiento, gastados.
- Impulsor dañado.
- Empaque de la carcasa defectuoso, permitiendo fugas internas.
- Eje o mango del eje desgastado o rayado en la empaquetadura.
- Empaque mal instalado.
- Tipo de empaque incorrecto para las condiciones de operación.
- Funcionamiento del eje fuera de su centro a causa del desgaste de los cojinetes o por desalineación.
- Rotor fuera de balance, causando vibración.
- Brida muy apretada, interrumpiendo el flujo de líquido para lubricación de la empaquetadura.
- Falla en el suministro de líquido refrigerante a los prensaestopas enfriados por agua.
- Excesiva tolerancia al en los prensaestopas entre el eje y la carcasa, permitiendo que el empaque sea forzado hacia el interior de la bomba.
- Suciedad o arena en el líquido sellador, conduciendo a rayaduras en el eje o el mango del eje.
- Empuje excesivo causado por falla mecánica en el interior de la bomba o por la falla del mecanismo de balance hidráulico, si existe.
- Excesiva cantidad de grasa o aceite en el cuerpo del cojinete antifricción o carencia de enfriamiento, causando una excesiva temperatura en el cojinete.
- Falta de Lubricación.

- Mala instalación de los cojinetes antifricción (daño durante el ensamblaje, ensamble incorrecto de cojinetes en serie, uso de cojinetes que nos calzan con su par, etc.).
- Suciedad en los cojinetes.
- Excesivo enfriamiento proveniente de humedad en el cuerpo, resultando en la condensación de humedad de la atmósfera contenida en el cuerpo del cojinete.

### 3.1.14 Banda en V.

El siguiente cuadro indica las fallas más comunes que se presentan en las bandas en V, sus posibles causas y soluciones. Los equipos que utilizan estas bandas son: bombas de combustible, ventiladores.

AREA DE PROBLEMA	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIONES
<p><b>BANDAS ESTIRADAS MAS DEL ELCANCE DEL TENSOR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las bandas no se estiran igual.</li> <li>- Todas las bandas se estiran casi en forma igual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mala alineación de la transmisión, las bandas no trabajan parejas.</li> <li>- Núcleo tensor roto debido a mala instalación.</li> <li>- Tolerancia insuficiente para el tensor.</li> <li>- Transmisión sobrecargada o diseño abajo del requerido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensiones y vuelva a alinear la transmisión</li> <li>- Reemplace todas las bandas con juegos hermanados; instálelas adecuadamente.</li> <li>- Examine el tensor y siga las tolerancias dadas por el fabricante.</li> <li>- Rediseñar la transmisión</li> </ul>
<p><b>CORTA DURACIÓN DE LA BOMBA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallas relativamente rápidas, sin razón obvia.</li> <li>- Lados blandos y pegajosos. Falta de adhesión entre las capas de la cubierta. Sección transversal hinchada.</li> <li>- Lados endurecidos y secos. Falta de adhesión entre las capas de la cubierta. Cara inferior de la banda agrietada.</li> <li>- Desgastes excesivo en la cubierta de la banda.</li> <li>- Banda quemada.</li> <li>- Agrietamiento del fondo de la banda.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Núcleo tensor dañado debido a la mala instalación.</li> <li>- Ranuras de poleas gastadas.</li> <li>- Diseño de transmisión abajo del requerido.</li> <li>- Presencia de grasa y aceite en las bandas y poleas.</li> <li>- Altas temperaturas.</li> <li>- Las bandas rozan con el protector o cualquier otra obstrucción.</li> <li>- Las bandas resbalan durante el arranque o cargas intermitentes.</li> <li>- Poleas muy pequeñas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reemplace todas las bandas con juegos hermanados; instalarlas adecuadamente.</li> <li>- Reemplace las poleas.</li> <li>- Rediseñar la transmisión.</li> <li>- Elimine el origen del aceite y grasa. Limpie las bandas y poleas con paño húmedo, con solvente de grasas no inflamable o con agua y jabón común.</li> <li>- Elimine la fuente de calor.</li> <li>- Verifique la transmisión.</li> <li>- Quitar la obstrucción y alinear la transmisión dando suficiente espacio libre.</li> <li>- Tensiones la transmisión hasta eliminar el resbalamiento.</li> <li>- Rediseñar las poleas con un diámetro mayor.</li> <li>- Reemplace con un juego hermanado de</li> </ul>

- Bandas rotas.	- Objetos cayendo o golpeando la transmisión.	bandas. Provea de protección a la transmisión.
BANDAS QUE HACEN RUIDO	- Las bandas se resbalan	- Retención la transmisión hasta eliminar el resbalamiento.
VELOCIDAD IMPULSADA IMPROPIA - Relación de velocidad de polea impulsada a motriz incorrecta. - Bandas quemadas.	- Error en diseño. - Las bandas se resbalan.	- Use los tamaños correctos de poleas. - Retensionar la transmisión hasta eliminar el resbalamiento.
LA BANDA SE VOLTEA	- Excesivo golpeo lateral - Ranuras sucias.  - Poleas mal alineadas. - Ranuras gastadas en la polea - Núcleo tensor roto debido a mala instalación. - Polea intermedia plana en sitio inapropiado.	- Cambiar por otro tipo de banda - Eliminar la causa de la suciedad y proteger la transmisión.  - Realignar la transmisión. - Reemplace las poleas. - Reemplazar las bandas con un juego hermanado e instalarlo adecuadamente - Cuidadosamente realinear la polea intermedia plana en el lado flojo de transmisión tan cerca como sea posible de la polea matriz.
LOS RODAMIENTOS SE CALIENTAN  - Demasiada tensión en la transmisión.  - Poleas muy pequeñas.  - Condiciones pésimas de rodamientos  - Poleas muy fuera de eje.  - Bandas flojas.	- Cavidades de polea desgastadas provocando que las bandas se vayan al fondo y no transmitan la potencia hasta que se sobre-tensiones  - Tensión inapropiada.  - No se han seguido las especificaciones sobre diámetro de polea por el fabricante del motor.  - Rodamientos de baja calidad o mantenimiento inadecuado.  - Error o problemas de obstrucción.  - Resbalamiento de bandas producen el calentamiento de la polea.	- Reemplace las poleas. - Tensiones la transmisión adecuadamente  - Vuelva a tensionar la transmisión  - Rediseñar la transmisión  - Observe el diseño y el mantenimiento recomendado de los rodamientos.  - Siempre coloque las poleas lo mas cerca posible a los rodamientos. Elimine los obstáculos.  - Retensar la transmisión nuevamente.

### 3.1.15 Quemadores.

Antes de buscar las posibles causas de una avería, se comprobará si están en regla los puntos principales para un funcionamiento seguro, es decir:

- Si hay corriente eléctrica.
- Si hay combustible en el depósito.
- Si se han graduado debidamente todos los reguladores como termostato de caldera y de temperatura ambiente, interruptor de seguridad contra falta de agua, interruptor de final de carrera, etc.,

AVERIA	CAUSAS POSIBLES	ELIMINACION
1.- ENCENDIDO No se produce el encendido	- Electrodo cortocircuitado - Electrodo muy separados - Electrodo sucios y húmedos - Aislamiento roto (porcelana) - Transformador defectuoso - Cable de encendido fundido	- Ajustarlos - Ajustarlos - Limpiarlos - Cambiarlo - Cambiarlo - Cambiarlo, buscar causa y alinearla
2.- MOTOR No funciona.	- Condensador defectuoso - Motor defectuoso	- Cambiarlo - Cambiarlo
3.- BOMBA No llega combustible  Fuerte ruido mecánico	- Engranaje averiado - Válvula de aspiración con fugas - Tubería con fugas - Válvula de paso cerrada - Filtros obturados - Filtros con fugas - Válvula de cierre rápido con fugas - Pérdida de presión - Bomba aspira aire - Vacío excesivo en la tubería de combustible	- Cambiarlo - Cambiarla o desmontarla y limpiarla - Apretar tornillos - Abrirla - Limpiarlos - Cambiarlos - Cambiar la bomba - Cambiar la bomba - Apretar tornillos y racores - Limpiar los filtros y abrir las válvulas
4.- INYECTORES Pulverización irregular  No sale combustible Inyector con fugas	- El disco estriado está flojo - Orificio obturado - Filtro muy sucio - Desgastado por el uso - Inyector obturado - Cierre de inyector defectuoso	- Desmontar el inyector y apretarlo - Desmontarlo y limpiarlo - Desmontarlo y limpiarlo - Cambiarlo - Desmontarlo y limpiarlo - Cambiarlo
5.- PROGRAMADOR Y FOTOCÉLULA No reacciona a la luz de llama El motor no arranca No se produce encendido Se ha encendido la lámpara de perturbación.	- Fococélula sucia - Programador defectuoso - Programador defectuoso  - Programador defectuoso	- Limpiarla - Cambiarlo - Cambiarlo  - Desbloquear

### 3.1.16 Solicitud de servicio.

SISTEMA DE INFORMACION DE INGENIERIA Y MANTENIMIENTO		
<b>SOLICITUD:</b> _____	<b>No.</b> _____	
<b>SOLICITUD DE SEVICIO</b>		
FECHA SOLICITUD _____		
ZONA DE TRABAJO: _____ SERVICIO/DEPARTAMENTOSOLICITANTE _____		
EQUIPO _____	CODIGO _____ No. DE INVENTARIO _____	
MARCA _____	MODELO _____ SERIE _____	
DESCRIPCION DE FALLA/TRABAJO SOLICITADO _____		
_____ NOMBRE Y CARGO DEL SOLICITANTE	_____ FIRMA DEL JEFE DEL SERVICIO	
_____ SOLO PARA USO DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
FECHA DE RECEPCION DE LA SOLICITUD: ESCRITA _____ TELEFONICA _____ VERBAL _____ PROGRAMADA _____		
RECIBIDA POR: _____	_____	_____
NOMBRE	CARGO	FIRMA

*Fuente: ENABAS*







### 3.1.20 Control de mantenimiento.

#### CONTROL GENERADOR DE VAPOR

FECHA \_\_\_\_\_ A LAS \_\_\_\_\_ OPERADOR \_\_\_\_\_  
 TURNO DESDE \_\_\_\_\_

RESPONSABILIDADES	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00
1.- PRESION DE VAPOR EN CALDERA (BAR)													
2.- PRESION COMBUSTIBLE DE ALIMENTACION DEL QUEMADOR (PSI)													
3.- PRESION DEL COMBUSTIBLE DEL RETORNO DEL QUEMADOR (PSI)													
4.- TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE ( 0 C )													
5.- TEMPERATURA DEL AGUA DE ALIMENTACION (0 C)													
6.- TEMPERATURA DE LOS GASES DE ESCAPE (0 C)													
7.- DEPRESION DEL TRABAJO DEL HOGAR (mm Hg)													
8.- PRESION BOMBA DE ALIMENTACION DE AGUA EN MARCHA (PSI)													
9.- PURGAS.													
ALTA													
MEDIA													
BAJA													
10.- NIVEL DE COMBUSTIBLE TANQUE # _____													
11.- NIVEL DE QUIMICOS ( )													
12.- APLICACIÓN DE QUIMICOS (TRAT. INTERNO)													
13.- REGULACION DEL TIRO FORZADO													
14.- CONSUMO DE AGUA DE ALIMENTACION													
15.- TEMP. DE CALEFACCION DE COMBUSTIBLE BUNQUER (0 F)													
QUEMADOR 1													
QUEMADOR 2													
QUEMADOR 3													
16.- NIVEL DE CALDERA (MM)													
17.- NIVEL DE CALENTADOR DE AGUA (MM)													
18.- NIVEL DE TANQUE DE CONDENSADO (MM)													
19.- PRESION DE LA BOMBA DE CONDENSADO EN MARCHA													
20.- TEMPERATURA DEL CONDENSADO													
21.- TEMPERATURA DEL TANQUE CALENTADOR													
OBSERVACIONES: _____													
_____													
_____													

Fuente: ENABAS

## 3.2 Chiller

### 3.2.1 Mantenimiento periódico.

Siga todos los procedimientos de manutención e inspección en los intervalos recomendados. Esto prolongará la vida útil del enfriador y minimizará la posibilidad de mal funcionamiento. Después de que la unidad ha operado durante aproximadamente 30 minutos y el sistema se ha estabilizado, revise las condiciones de operación y complete los procedimientos indicados.

### 3.2.2 Mantenimiento semanal.

Verifique las presiones del refrigerante en el evaporador y en el condensador en el menú de informe del refrigerante a través del visor del energizador. Las presiones son con referencia al nivel del mar (14,6960 psi).

Observe la Mirilla de la Línea de Líquido. Si la mirilla de línea de líquido contiene burbujas, mida el subenfriamiento. El subenfriamiento nunca debe ser menor a 4° F bajo ninguna circunstancia.

Verifique los visores de la válvula de expansión electrónica.

*Nota: la válvula de expansión electrónica recibe el comando para cerrar en la desconexión de la unidad y si la unidad estuviera desactivada no habrá flujo de refrigerante a través de los visores. El flujo de refrigerante solamente estará presente cuando haya un circuito en operación.*

El flujo del refrigerante que pasa por los visores debe ser claro. Burbujas en el refrigerante indican que la carga de refrigerante está baja o que hay una caída de presión excesiva en la línea de líquido. Una limitación en la línea puede a veces ser identificada por un diferencial de temperatura perceptible entre los dos lados de la limitación. Con frecuencia, en este punto de la línea habrá formación de hielo. Las cargas correctas de refrigerante son mostradas en las tablas de datos generales del manual.

Verifique el supercalentamiento del sistema, el subenfriamiento, la caída de temperatura del evaporador, el caudal de agua del evaporador, la temperatura de aproximación del evaporador, el supercalentamiento de descarga del compresor y la memoria del compresor.

Condiciones normales de operación conforme las Condiciones ARI:

- Presión del evaporador: 120 psi.
- Aproximación del evaporador: 5-10 F.
- Supercalentamiento del evaporador: 12 F.
- Válvula de expansión electrónica: 40-50% abierta.
- Caída de temperatura en el evaporador: 10 F.
- Temperatura de descarga del compresor: 63 F o más.
- Presión de condensación: 420-440 psi.
- Temperatura de aproximación del condensador: 25 F.
- Subenfriamiento del sistema: 15-20 F.
- Memoria del compresor: 100%.

Si las presiones operativas y las condiciones del visor parecieran indicar una falta de refrigerante, mida el supercalentamiento y el subenfriamiento del sistema.

Si las condiciones operativas indicasen una sobrecarga de refrigerante, haga la retirada de refrigerante usando la válvula de servicio de la línea de líquido. Deje que el refrigerante salga lentamente para minimizar la pérdida de aceite. Use un cilindro de recuperación de refrigerante y no descargue el refrigerante en la atmósfera.

Inspeccione el sistema entero para detectar condiciones raras y verifique si hay suciedad o desechos en las serpentinas del condensador.

***Nota:** No permita que el refrigerante entre en contacto directo con la piel, pues podrán ocurrir lesiones por congelamiento.*

### 3.2.3 Mantenimiento mensual.

Siga todos los procedimientos de la manutención semanal.

Mida y registre el supercalentamiento del evaporador.

Mida y registre el subenfriamiento del sistema.

Gire manualmente los ventiladores del condensador para asegurar que el alejamiento en las aberturas de la cobertura del ventilador está correcto.

*Nota: Posicione todas las llaves de desconexión en la posición abierta y sujételas para prevenir muertes causadas por choque eléctrico o partes móviles.*

### 3.2.4 Mantenimiento anual.

Realice los procedimientos semanales y mensuales.

Verifique la carga de refrigerante y el nivel de aceite.

El cambio de aceite de rutina no es necesario.

Realice pruebas de fugas en la enfriadora, para revisar los controles de seguridad y de operación e inspeccione los componentes eléctricos en busca de deficiencias.

Inspeccione todos los componentes de la tubería para verificar si hay pérdidas y daños.

Limpie todos los filtros de agua.

Limpie y pinte nuevamente cualquier área que muestre señales de corrosión.

Limpie las serpentinas del condensador.

Limpie los ventiladores del condensador.

Verifique en los conjuntos de ventiladores si el alejamiento en las aberturas de las coberturas de los ventiladores está correcto, si el eje del motor está desaliñado y se hay holguras, vibración o ruidos anormales.

Revise y apriete todas las conexiones eléctricas si fuera necesario.

*Nota: Posicione todas las desconexiones eléctricas en posición de ABIERTO y bloquéelas para prevenir lesiones o la muerte a causa de electrocución.*

### **3.2.5 Procedimientos del mantenimiento.**

#### ***3.2.5.1 Nivel del aceite.***

El aceite también debe estar visible en el visor mientras el compresor está en funcionamiento. Durante la operación, cada compresor en tándem o en un conjunto triple pueden tener un nivel de aceite diferente. Para verificar el nivel de aceite del compresor, consulte la etiqueta próxima al visor del compresor.

El compresor debe de estar desconectado, durante tres minutos. En compresores tándem o triples, el nivel del aceite debe equalizarse después de la desconexión. El nivel de aceite del compresor debe ser claramente visible dentro del visor cuando los compresores están desconectados.

#### ***3.2.5.2 Abastecimiento, retirada y capacidad del aceite.***

Los compresores tienen una válvula de abastecimiento de aceite con un tubo de inmersión que va hasta el fondo del compresor. El mismo puede ser usado para agregar o retirar aceite del compresor.

Los compresores tienen una válvula Schrader en el medio del compresor, que es usada para agregar aceite. Para retirar aceite de estos compresores, la carga de refrigerante del sistema debe ser retirada y después el aceite puede ser retirado usando una bomba manual de succión y tubo en la conexión del tubo del equalizador de aceite. También es posible agregar aceite en estos compresores por medio de la conexión del tubo del equalizador de aceite. Se debe tomar cuidado para impedir la entrada de humedad en el sistema durante el abastecimiento de aceite.

*Nota: jamás reutilice el mismo aceite.*

#### ***3.2.5.3 Sistema de lubricación.***

El sistema de lubricación está diseñado para mantener la mayoría de las tuberías de aceite llenas mientras exista el nivel adecuado en el cárter de aceite. La carga de aceite se puede extraer por completo vaciando el sistema de lubricación, la tubería de retorno de

aceite del evaporador, el evaporador y el compresor. Puede haber cantidades muy pequeñas de aceite en otros componentes. Cargar correctamente el sistema de lubricación resulta fundamental para la fiabilidad del compresor y de la enfriadora. Si el nivel de aceite es insuficiente, el compresor puede calentarse en exceso y ser poco eficaz. En un caso extremo, un nivel insuficiente de aceite puede provocar un fallo inmediato del compresor. Si el nivel de aceite es excesivo, circulará demasiado aceite, lo que perjudicará el rendimiento del condensador y del evaporador. Esto implica una disminución de la eficacia de la enfriadora. En un caso extremo, un nivel excesivo de aceite puede provocar un control irregular de la válvula de expansión o la desconexión de la enfriadora por baja temperatura del refrigerante del evaporador. Si el nivel de aceite es excesivo, se acentuará el desgaste de los cojinetes a largo plazo. Además, es probable que se produzca un desgaste excesivo del compresor si se arranca con las tuberías de aceite secas.

El sistema de lubricación consta de los siguientes componentes:

- Compresor.
- Separador de aceite.
- Tubería de descarga con válvula de servicio.
- Tubería de aceite entre el separador y el compresor.
- Drenaje de la tubería de aceite (punto más bajo del sistema).
- Enfriador de aceite (con la opción de salmuera a baja temperatura).
- Sensor de temperatura del aceite.
- Válvula de corte de la tubería de aceite con conexión de servicio abocardada.
- Filtro de aceite (en el interior del compresor) con conexión de servicio abocardada y válvula Schrader.
- Válvula de control del caudal de aceite (en el interior del compresor después del filtro).
- Tubería de aceite del evaporador con válvula de corte, filtro de aceite y válvula de solenoide de control (para los circuitos de los compresores interconectados solamente).

**Nota:** La cantidad de aceite se indica en la placa de identificación de la unidad.

#### ***3.2.5.4 Limpieza operativa del compresor.***

La limpieza operativa es usada para administrar la carga del refrigerante y evitar el golpe de líquido en los compresores, la dilución del aceite y la falta de aceite. La limpieza será completada por el último compresor en operación en el circuito de refrigerante y ocurre durante condiciones de desconexión normal. La válvula de expansión electrónica cerrará.

La secuencia de limpieza operacional terminará cuando:

- La temperatura saturada del evaporador caiga abajo del setpoint de la limpieza operacional.
- El diferencial de presión del compresor exceda 348 psi (presión del condensador).
- El tiempo de limpieza operacional expirará a capacidad del circuito de 100 %.

#### ***3.2.5.5 El procedimiento de limpieza de servicio del compresor.***

Es usado para almacenar el refrigerante en el condensador. El condensador es dimensionado para contener la carga completa de refrigerante.

Procedimiento:

- Seleccione el compresor que será usado en la limpieza.
- Todas las protecciones del enfriador continúan en vigor.
- El caudal de agua en el evaporador debe ser comprobada.
- Los ventiladores del condensador operan normalmente.
- Cierre manualmente la válvula de servicio de la línea de líquido del refrigerante.

La purga de servicio estará completa cuando:

- El tiempo de limpieza del servicio expire a capacidad del circuito de 100 %.
- La presión saturada del evaporador caiga abajo del corte por baja presión x 1,15 por un segundo.

### **3.2.5.6 Tubería de refrigerante.**

Las líneas de succión y descarga del compresor son de cobre. En la mayoría de los casos, la tubería puede ser reutilizada. Si la tubería no fuera reutilizable, encomiende los componentes de servicio correctos. Corte toda la tubería con un cortador de tubos para evitar que residuos de cobre entren en el sistema. Corte la tubería en una longitud recta de tubo después de la conexión del compresor haber sido desoldada. La línea puede entonces ser reinstalada usando un acoplamiento deslizante y soldadura fuerte.

***Nota:** La configuración de la línea de succión del compresor no debe sufrir ninguna alteración. Alterar la configuración de la línea de succión del compresor comprometerá el retorno correcto de aceite para el compresor.*

### **3.2.5.7 Gestión de la carga de refrigerante y de aceite.**

Es esencial que la carga de refrigerante y de aceite se realice correctamente para que tanto el funcionamiento como el rendimiento de la unidad y la protección del medio ambiente sean los adecuados. Los trabajos de servicio de la enfriadora los debe llevar a cabo solamente personal de servicio debidamente cualificado.

Estos son algunos de los síntomas de una unidad con un nivel insuficiente de refrigerante:

- Temperaturas de acercamiento del evaporador superiores a lo normal (temperatura del agua de salida - temperatura de saturación del evaporador).
- Si la carga de refrigerante es correcta, la temperatura de acercamiento se encuentra entre 1 °C y 1,5 °C en el circuito 1 y entre 2 °C y 2,5 °C en el circuito 2. Estos valores corresponden a unidades que funcionen a plena carga y con agua sin anticongelante.
- Límite de baja temperatura del refrigerante del evaporador.
- Diagnóstico de desconexión por baja temperatura del refrigerante.
- Válvula de expansión completamente abierta.
- Posible silbido procedente de la tubería de líquido (generado por la alta velocidad del vapor).

- Posibilidad de que el sobrecalentamiento de descarga sea bajo con cargas elevadas.
- Alta pérdida de presión del condensador y el subenfriado.

Estos son algunos de los síntomas de una unidad con un nivel excesivo de refrigerante:

- Límite de presión del condensador.
- Diagnóstico de desconexión por alta presión.
- Número de ventiladores en marcha superior a lo normal.
- Control irregular de los ventiladores.
- Potencia del compresor superior a lo normal.
- Un sobrecalentamiento de descarga muy bajo durante la puesta en marcha; si la carga de refrigerante es correcta, el sobrecalentamiento de descarga se encuentra a entre 10 °C y 15 °C cuando la unidad funciona a plena carga.
- Golpeteos o chirridos procedentes del compresor durante la puesta en marcha.

Estos son algunos de los síntomas de una unidad con un nivel excesivo de aceite:

- Temperaturas de acercamiento del evaporador superiores a lo normal (temperatura del agua de salida - temperatura de saturación del evaporador).
- Límite de baja temperatura del refrigerante del evaporador.
- Diagnóstico de desconexión por baja temperatura del refrigerante.
- Baja capacidad de la unidad.
- Sobrecalentamiento de descarga bajo (especialmente con cargas altas).
- Golpeteos o chirridos procedentes del compresor.
- Nivel del cárter de aceite alto tras una desconexión normal.

Estos son algunos de los síntomas de una unidad con un nivel insuficiente de aceite:

- Golpeteos o chirridos procedentes del compresor.
- Pérdida de presión inferior a lo normal a través del sistema de lubricación.
- Compresores atrancados o soldados.

- Nivel del cárter de aceite bajo tras una desconexión normal.
- Concentraciones de aceite inferiores a lo normal en el evaporador.

### ***3.2.5.8 Procedimiento de carga del R134a en obra.***

Debe seguirse este procedimiento cuando se haya vaciado todo el refrigerante de la unidad y se haya hecho el vacío. Cargue la unidad a través de la válvula de servicio del evaporador.

- Respete el tipo de refrigerante indicado en la placa de identificación y no mezcle el refrigerante R134a con otras sustancias.
- Anote el peso de la cantidad de refrigerante extraído. Compárelo con el valor de la placa de identificación. Si existe diferencia, puede que haya una fuga.
- Conecte el tubo flexible de carga a la válvula de servicio del evaporador (conexión abocardada de 9 mm [3/8 pulg.]). Abra la válvula de servicio.
- Añada refrigerante al evaporador para que la carga total del circuito coincida con el nivel indicado en la placa de identificación de la unidad.
- Cierre la válvula de servicio y desconecte el tubo flexible de carga.

Configuración de la enfriadora:

Antes de iniciar la optimización de la carga de refrigerante, el técnico debe asegurarse de que se dan las siguientes condiciones en la enfriadora:

- Es estrictamente necesario un caudal de agua constante en un circuito purgado de aire durante todo el funcionamiento (el caudal de agua debe encontrarse dentro del rango de funcionamiento permitido).
- Es muy recomendable que la enfriadora se encuentre totalmente cargada para que la operación se realice correctamente. En caso de que el técnico no pueda garantizar una enfriadora de 2 circuitos totalmente cargada, debe bloquear un circuito y realizar la optimización de la carga para un circuito cada vez.
- Cuando la optimización de la carga de refrigerante se realiza por circuito, la carga de la enfriadora no debe ser inferior al 60%.

### ***3.2.5.9 Procedimientos de sustitución del filtro de refrigerante.***

Se sabe que el filtro está sucio cuando en él se produce una disminución de la temperatura debido a la pérdida de presión. Si la temperatura posterior al filtro es 4,4 °C inferior a la temperatura anterior al filtro, este deberá sustituirse. Un descenso de la temperatura puede indicar también que la carga de refrigerante es insuficiente.

- Con la unidad desactivada, cierre la válvula de aislamiento de la tubería de líquido.
- Conecte el tubo flexible de vacío al orificio de servicio de la brida del filtro de la tubería de líquido.
- Evacue el refrigerante de la tubería de líquido y guárdelo.
- Desconecte el tubo flexible de vacío.
- Presione la válvula Schrader para igualar la presión de la tubería de líquido a la presión atmosférica.
- Retire los tornillos que sujetan la brida del filtro.
- Retire el cartucho del filtro usado.
- Compruebe el cartucho del filtro de repuesto y lubrique la junta tórica con aceite.
- Monte el cartucho del filtro nuevo en el alojamiento del filtro.
- Compruebe la junta de la brida y sustitúyala por una nueva si está dañada.
- Monte la brida y apriete los tornillos a 19-22 Nm (14-16 lb-ft).
- Conecte el tubo flexible de vacío y haga el vacío en la tubería de líquido.
- Desconecte el tubo flexible de vacío de la tubería de líquido y conecte el tubo flexible de carga.
- Vuelva a introducir en la tubería de líquido el refrigerante que se había guardado.
- Desconecte el tubo flexible de carga.
- Abra la válvula de aislamiento de la tubería de líquido.

### **3.2.6 Mantenimiento del condensador.**

#### ***3.2.6.1 Limpieza de la serpentina del condensador.***

Limpie las serpentinas del condensador por lo menos una vez por año o con mayor frecuencia si la unidad estuviera en un ambiente “sucio”. La limpieza de la serpentina del condensador ayuda a mantener la eficiencia operativa del enfriador. Siga las instrucciones del fabricante del detergente para evitar daños a las serpentinas del condensador.

Use un cepillo suave y un pulverizador, como del tipo para jardinería o de alta presión, para limpiar las serpentinas del condensador. Recomendamos un detergente de alta calidad, como el Trane Coil Cleaner (código para encomienda CHM-0002).

*Nota: Si la mezcla de detergente tuviera alto tenor alcalino (valor de pH mayor que 8,5) será necesario adicionar un inhibidor.*

### **3.2.7 Mantenimiento del evaporador.**

El enfriador de líquidos usa un evaporador con cambiador de calor de placas soldadas con llave de flujo electrónica instalada en fábrica posicionado en la tubería de agua del evaporador. La entrada del evaporador también incluye un calentador de inmersión instalado en fábrica para protección anti-congelamiento y un filtro de agua que debe ser mantenido en el lugar para impedir la presencia de residuos en el evaporador.

La tasa de caudal mínima del agua debe ser mantenida a fin de evitar el flujo laminar, un posible congelamiento del evaporador, incrustaciones y deficiencia en el control de temperatura. El microprocesador y los algoritmos de control de capacidad son proyectados para aceptar una alteración de 10% en la tasa de caudal del agua por minuto, manteniendo una precisión de control de la temperatura de salida del agua de  $\pm 2^{\circ}\text{F}$  ( $1,1^{\circ}\text{C}$ ). El enfriador tolera una variación del caudal del agua de hasta 30% por minuto, con tanto que el caudal sea igual o mayor que los requisitos mínimos de caudal.

El caudal máximo de agua es de 1835m<sup>3</sup>/h. Tasas de caudal mayores causarán erosión excesiva.

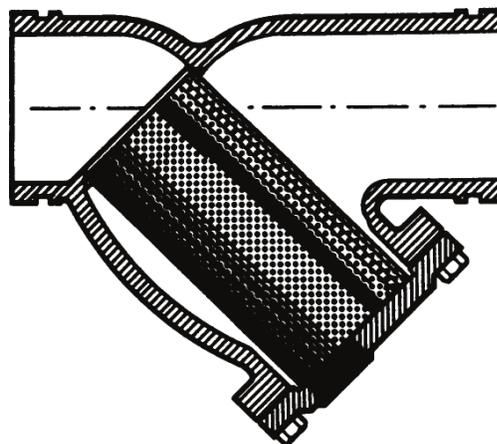
*Nota: La manutención del filtro es crítica para la operación correcta y la confiabilidad de la unidad. Partículas mayores que 1 mm que entren en el evaporador pueden causar fallas en el evaporador, exigiendo su cambio.*

### **3.2.7.1 Cambio del evaporador.**

Si fuera necesario cambiar el evaporador, es muy importante que el nuevo evaporador sea sustituido correctamente y con las conexiones de tubería de refrigerante y agua correctas. La conexión de entrada de refrigerante/líquido queda en la parte inferior del evaporador y la conexión de salida de refrigerante/succión queda en la parte superior del evaporador, estando ambas del mismo lado. Preste bastante atención a evaporadores con circuitos dobles. Evite circuitos cruzados al instalar el nuevo evaporador.

### **3.2.8 Mantenimiento del filtro de agua.**

El filtro de agua instalado en fábrica es del tipo Y. El filtro es equipado con una válvula de descompresión. El filtro es fabricado con malla 16 (cerca de 1 mm). Para mayor eficiencia, un medidor de diferencial de presión instalado en la entrada y en la salida indicará la pérdida de presión causada por obstrucción y podrá ser usado como guía para determinar cuando la limpieza es necesaria. Las tomas para los manómetros son incluidas en fábrica, por estándar. En general, la pantalla debe ser limpiada cuando el diferencial de presión alcanza 5-10 psi. El filtro es equipado con una válvula de descompresión en la tapa. Para limpiarla, abra y lave hasta la retirada total de los sedimentos.



*Fig. 36. Filtro de agua.*

### 3.2.9 Planilla de mantenimiento.

Planilla de Mantenimiento	
Nombre del servicio	Lugar del servicio
Modelo #	Número de serie
N° pedido Fecha de envío	Elevación del servicio (pies por sobre el nivel del mar)
<b>Setpoint</b>	
Unidades de temperatura (grados) del panel frontal (circular uno)	F o C
Punto de configuración del agua refrigerada del panel frontal	
Límite de corriente del panel frontal	
Diferencial para detención	
Diferencial para arranque	
Interrupción por la temperatura de agua de salida	
Interrupción por baja temperatura del refrigerante	
Límite del condensador	
Punto de configuración de bloqueo por baja temperatura ambiente	
Bloqueo por baja temperatura ambiente (circular uno)	Habilitar o inhabilitar
Protección contra sub/sobretensión	Habilitar o inhabilitar
Presión atmosférica local	psi
Temperatura delta proyectada	
Tipo de restablecimiento (circular uno)	Ninguno Tipo restab. retorno temp. aire externo retorno constante
Tasa de restablecimiento de retorno	%
Restablecimiento de arranque de retorno	
Restablecimiento máximo de retorno	
Tasa de restablecimiento externo	%
Restablecimiento de arranque externo	
Restablecimiento máximo externo	
Tiempo de retardo de la bomba de agua refrigerada	minutos
Tiempo de ajuste de filtrado del punto de configuración de agua refrigerada	s
Rango inactivo de escalonamiento del compresor	
<b>Compresor Service</b>	
Estado de la unidad	
Control del circuito 1	
Bloqueo del circuito del panel frontal (circular uno)	Bloqueado o desbloqueado
Válvula de expansión electrónica (circular uno)	Abierta o auto
Control del circuito 2	
Bloqueo del circuito del panel frontal (circular uno)	Bloqueado o desbloqueado
Válvula de expansión electrónica (circular uno)	Abierta o auto
<b>Configuration</b>	
Plaqueta de identificación	
Modelo #	
Código de confirmación	
Número de serie	

*Fuente: Manual Trane.*

Planilla de Mantenimiento						
Nombre del servicio	Lugar del servicio					
Modelo #	Número de serie					
<b>Setpoint</b>						
Carpeta del enfriador	15 min	30 min	45 min	15 min	30 min	45 min
Modo de funcionamiento						
Temperatura de aire externo F o C						
Pto. config. activo agua refrigerada F o C						
Pto. config. activo de límite de corriente						
Temp. del agua de entrada en el evap. F o C						
Temp. del agua de salida en el evap. F o C						
	<b>Carpeta circuito 1</b>			<b>Carpeta circuito 2</b>		
Bloqueo con hardware externo	No bloqueado/bloqueado			No bloqueado/bloqueado		
	No bloqueado/bloqueado			No bloqueado/bloqueado		
	15 min	30 min	45 min	15 min	30 min	45 min
Flujo de aire %						
Velocidad del inversor %						
Presión refrig. en el condensador psig/kPa						
Temp. saturada refrig. condensador F o C						
Presión diferencial del refriger. psid/kPA						
Presión del refrig. en el evap. psig/kPa						
Temp. saturada refrig. evaporador F o C						
Posición EXV %						
Nivel de líq. refrig. en el evaporador pul/mm						
	<b>Carpeta compresor 1A</b>			<b>Carpeta compresor 1B</b>		
Modo de funcionamiento						
Horas	h/min			h/min		
Arranques	15 min	30 min	45 min	15 min	30 min	45 min
Tensión fase A-B voltios						
Corriente de línea promedio %RLA						
Corriente línea 1 amps						
Corriente línea 2 amps						
Corriente línea 3 amps						
Corriente línea 1 %RLA						
Corriente línea 2 %RLA						
Corriente línea 3 %RLA						
Solenoides de retorno de aceite del evaporador	abierto/ cerrada	abierto/ cerrada	abierto/ cerrada	abierto/ cerrada	abierto/ cerrada	abierto/ cerrada
Temp. de aceite alimentado F o C						
Presión intermed. aceite psig/kPa						
Solenoides de paso hembra	carga/ descarga	carga/ descarga	carga/ descarga	carga/ descarga	carga/ descarga	carga/ descarga
Interruptor de corte por alta tensión	bueno/ accionado	bueno/ accionado	bueno/ accionado	bueno/ accionado	bueno/ accionado	bueno/ accionado
Comentarios:						

*Fuente: Manual Trane*

### 3.3 Cuarto Frio

#### 3.3.1 Procedimientos para el mantenimiento.

##### 3.3.1.1 Lubricación.

La función principal del aceite es la de lubricar dos superficies que están en movimiento, una con relación a la otra, reduciendo la fricción entre ellas, para evitar su desgaste. En refrigeración es necesario para una operación adecuada del compresor.

El conocimiento de las características de los aceites para refrigeración incumbe principalmente a los fabricantes de equipo, en este caso *Bitzer y Copeland*, que son las marcas de compresor para los Cuartos Fríos en general, sin embargo, es importante para los técnicos en refrigeración deben comprender los principios básicos de selección de aceites, para que puedan resolver los problemas que pudieran resultar, por no usar los aceites adecuados en las instalaciones de refrigeración. Un buen aceite para refrigeración debe reunir las cualidades para una buena utilidad en el equipo.

A continuación, se enlistan las siguientes cualidades:

- Mantener su viscosidad a altas temperaturas.
- Mantener buena fluidez a bajas temperaturas.
- Ser miscible con los refrigerantes a las temperaturas de trabajo.
- Tener buena (alta) capacidad dieléctrica.
- No tener materia en suspensión.
- No debe contener ácidos corrosivos o compuestos de azufre.
- No formar depósitos de cera a las bajas temperaturas del sistema.
- No dejar depósitos de carbón al entrar en contacto con superficies calientes dentro del sistema.
- No contener humedad.
- No formar espuma.

Sus propiedades deben de ser químicas y térmicamente estable en presencia de refrigerantes, metales, aislamientos, empaques, oxígeno, humedad y otros contaminantes.

La práctica cambios de aceite en los equipos es de cada 6 meses, ésta práctica si bien es estrictamente conservadora y eleva los costos de mantenimiento debido al precio de los lubricantes.

Copeland Discus Colombia propone que el cambio de aceite a sus compresores puede ser cada 2 años, y teniendo un criterio conservador aconseja hacer test de acidez semestralmente tomando en cuenta que sus compresores funcionen 24/7. Esta práctica permite tener un ahorro considerable en la compra de lubricantes y aprovechar al máximo sus propiedades.

Según los datos de estudio en compresores, considerando su aplicación y el tipo de refrigerante recomienda usar aceite POE.

Tomando en cuenta las recomendaciones se debe utilizar aceite POE 32, realizar pruebas de acidez semestralmente y para tener un criterio estrictamente conservador se debe realizar cambio de aceite sea anualmente.

### ***3.3.1.2 Pasos para el cambio de aceite.***

- Cierre de la válvula de paso manual que comunica el separador de aceite con el carter del compresor.
- Cierre de la válvula de paso de la línea líquido y conexión del juego de manómetros en la válvula rotolock de succión del compresor.
- Se enciende equipo para almacenar refrigerante y cuando las presiones de succión llegan a cero, se procede a enroscar por completo el vástago de la válvula rotolock de succión del compresor y se apaga.
- Se procede a cerrar la válvula de descarga.

- Para hacer el drenaje del aceite se verifica que la presión no suba, si esto ocurre se debe purgar un poco.
- A continuación, se quita el tapón de drenado y se drena el aceite.
- Reemplaza o limpia el filtro de aceite.
- Hacer vacío al compresor por la válvula de presión de baja para una mayor seguridad de evitar contaminantes en el sistema.
- Por la diferencia de presión el aceite será absorbido por el cárter del compresor.
- Cargar aceite hasta que el nivel esté a  $\frac{3}{4}$  del visor.
- Abrir válvulas de succión, líquido y descarga.
- Encender compresor, verificar nivel y presión de aceite.

Este proceso aplica tanto para los compresores de distinto fabricantes y marcas puesto que todos son compresores semi-herméticos con diseños altamente similares.

#### ***3.3.1.3 Verificación de filtros deshidratadores.***

Un filtro deshidratador está diseñado para mantener seca la mezcla de refrigerante y aceite, adsorbiendo los contaminantes líquidos disueltos, tales como humedad y ácidos; y también, para retener por medio de filtración todas las partículas sólidas que estén siendo arrastradas a través del sistema por la mezcla de aceite-refrigerante.

#### ***3.3.1.4 Cuando cambiar un filtro deshidratador.***

El cambio del filtro se da cuando haya una caída de presión arriba del límite recomendado, cuando el desecante se haya saturado de humedad, cuando se haya abierto el sistema por alguna falla en el compresor o la tubería presentase una ruptura total dejando expuesto el sistema.

Por otra parte, es norma que los filtros deshidratadores también deban de cambiarse cada que se abra el sistema por cualquier razón.

En la siguiente tabla se muestran las caídas de presión máximas en PSI recomendadas a través de los filtros deshidratadores de la línea de succión y línea de líquido, para instalación permanente o temporal.

REFRIG.	TIPO DE INSTALACION	LINEA DE SUCCION						LINEA DE LIQUIDO					
		TEMPERATURA DE EVAPORACION (°C)						TEMPERATURA DE CONDENSACION (°C)					
		-40	-30	-20	-10	0	10	30	35	40	45	50	55
R-12	Temporal	---	2.5	3.5	5.2	7.3	10.7	12.2	12.7	13.4	14.5	15.8	18.0
	Permanente	---	0.8	1.2	2.0	3.0	4.2	5.0	5.3	5.6	6.1	6.7	7.6
R-22 / R-502	Temporal	2.5	4.0	6.2	8.6	12.0	20.0	18.4	20.3	22.5	24.7	27.7	32.0
	Permanente	0.8	1.5	2.5	3.5	5.0	7.0	7.8	8.4	9.2	10.2	11.3	12.7
R-134a	Temporal	---	3.5	5.0	7.5	10.0	17.0	16.0	18.0	19.0	20.0	24.0	28.0
	Permanente	---	1.0	2.0	3.0	4.5	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	10.0	10.5

Fig. 37. Caída de presión máxima recomendada en filtros deshidratadores.

### 3.3.1.5 Revisión de parámetros eléctricos.

En los parámetros eléctricos es fundamental asegurarse que estos están en los rangos adecuados para asegurar el correcto funcionamiento del equipo, entre estos destacan intensidad (corriente) y tensión (voltaje).

### 3.3.1.6 Medición de intensidad (amperaje).

Es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material. Los en quipos trifásicos se debe medir la intensidad o corriente que consume el equipo en pleno funcionamiento y compararse con sus datos de placa y así verificar el amperaje en cada fase. *Solo basta con medir con la pinza amperimétrica.*



Fig. 38. Medición para parámetros eléctricos.

### **3.3.1.7 Medición de tensión (voltaje).**

La tensión nominal de estos equipos es 460V, el voltaje real se permite un error +/- 5V

- Un juego de tres cables que entran, y un juego de tres cables que salen. Los terminales en que los cables entrantes están unidos y estarán etiquetados como L1, L2 y L3, o Línea 1, Línea 2 y Línea 3. Los terminales de los cables salientes tienen etiquetas diferentes: T1, T2 y T3, o Carga 1, Carga 2 y Carga 3. Cada alambre lleva una fase de la corriente trifásica, y los números designan la fase actual. Por ejemplo, L1 y T1 llevan la primera fase.
- Coloca una punta del multímetro en L1 y la otra en L2. Espera a que el multímetro muestre el voltaje. Haz la misma prueba entre L1 y L3, y entre L2 y L3. La lectura del voltaje debe ser la misma para cada prueba.
- Coloca las puntas del multímetro en T1 y T2. El voltaje debe ser 0. Haz pruebas similares entre T1 y T3 y entre T2 y T3. Todas deben leer cero voltios.
- Mueve la palanca del interruptor de desconexión a la posición de "encendido". Prueba entre las puntas T1 y T2. El voltaje debe ser el mismo que la prueba para L1 y L2.
- Repite las pruebas entre T1 y T3 y entre T2 y T3. El voltaje no debe variar que más de unos pocos voltios en cualquier prueba.

La corriente trifásica de un convertidor de fase rotativo puede tener una fase con una tensión diferente de los otros dos. Esta tensión también variará en condiciones de carga, tales como cuando el motor está en marcha, esto es normal.

### **3.3.1.8 Revisión de contactos y conexiones eléctricas.**

- Se deben revisar el o los tableros mensualmente para ver el estado de los protectores; si éstos presentan rasgos de calentamiento, desprendimiento, daños de partes o situaciones similares, debe solicitarse la asistencia de personal especializado.

- Verificar que los interruptores termo magnéticos no tengan falso contacto en las barras de alimentación, que no presenten calentamiento excesivo y que accionen correctamente, si alguno presenta estas anomalías deben reajustar los terminales de montaje y si persiste ser reemplazado.
- Verificar voltaje y corriente en la entrada y salida del interruptor principal.
- Verificar el estado general de los cables, que no presenten deterioro por recalentamiento, si esto se presenta cortar la alimentación eléctrica y reemplazar.
- Estas actividades incluyen la revisión de los terminales en borneras, contactores, protectores térmicos, fusibles, bobinas, protectores de fase, circuito de mando y control para verificar si dichos contactos están bien ajustados y no presentan oxido.
- Cuando los circuitos presentan juego en los contactos deben ser reajustados, si los terminales, borneras, conectores de gaveta, están en presencia de óxido, este deberá ser removido en caso de ser permitido, de modo contrario dichos terminales y conexiones deberán ser reemplazadas.
- Verificar que el centro de carga del equipo no se encuentre expuesto a exceso de humedad (encharcamiento) y que la barra de drenaje en el equipo no se encuentre obstruida o deteriorada.

### ***3.3.1.9 Inspección mecánica del compresor.***

- Observar detalladamente las juntas soldadas y atornilladas del compresor.
- Detectar ruidos no comunes en el funcionamiento, ya que esto puede significar el inicio de un problema mayor.
- Revisar el anclaje del compresor. Ver que los muelles no estén fracturados o completamente rotos.
- Identificar formaciones de óxido.

### 3.3.2 Limpieza en evaporadores y condensadores.

#### 3.3.2.1 Evaporador.

**Defrost** es el proceso mediante el cual el equipo hace el proceso de desescarche en el evaporador, esta escarcha o formaciones de hielo se debe a la humedad que se le extrae al producto y en gran medida a la humedad que entra al cuarto al momento de ser abierto.

El defrost puede ser llevado mediante un proceso de gas caliente o resistencias instaladas en el evaporador, en todos los Cuartos Fríos se realiza este proceso a través de resistencias.

Es necesario revisar periódicamente el estado de las resistencias que hacen que el deshielo sea efectivo.

- Revisar las conexiones eléctricas y ajustar contactos.
- Revisar el correcto funcionamiento de los contactores.
- Verificar voltaje.
- Verificar corriente.

El serpentín deberá limpiarse con agua. En caso de haber presencia de grasa, es posible aplicar un desengrasante biológico. Es importante no esculpir con trapos, debido a que se puede dañar el aleteado del evaporador.

La limpieza de serpentines deberá hacerse en un periodo no mayor a 6 meses, debido a que no todo el hielo es retirado en el proceso de desescarche.

#### 3.3.2.2 Procedimiento para la limpieza del evaporador.

- Verificar que a la enfriadora no le llegue corriente eléctrica, esto es para evitar una descarga eléctrica.
- Con la ayuda de una hidro-lavadora enjuague el serpentín de la enfriadora, cerciorándose de que la presión utilizada no dañe o maltrate el serpentín de la

enfriadora, si la presencia de hielo no es tan abundante basta con rociar agua hasta derretir el hielo.

- Revise todo el cableado y aislamiento.
- Revisar el correcto funcionamiento de los motores fan, puede verificar el flujo de aire con un anemómetro para identificar fallas en las aspas o motores.
- Limpiar la bandeja de drenado y revisar el tubo de drenaje no esté obstruido de hielo.

### **3.3.3 Condensador.**

Por el hecho de quedar más expuesto, el condensador uno de los principales componentes de un sistema de refrigeración está sujeto a la acumulación de impurezas, como polvo, hojas, insectos, papeles que impiden el flujo de aire.

El condensador sucio representa un aumento de consumo de energía y pérdida de capacidad de intercambio de calor, reduciendo así el poder de refrigeración. Estas suciedades que van acumulando también ocasionan el aumento de la temperatura de condensación.

#### ***3.3.3.1 Limpieza del condensador.***

Para remover las impurezas es necesario tener bastante cuidado. Estas deben ser retiradas con agua o aire comprimido. Jamás deben ser utilizados productos químicos que contengan cloro, cabe resaltar que la suciedad acumulada en el ventilador de la unidad condensadora va exigiendo siempre más esfuerzo del motor, que trabajará sobrecargado y consumirá más energía.

### 3.3.4 Orden de mantenimiento.

<b>N° 0000001</b>					
<b>Orden de Mantenimiento</b>					
Fecha _____	Hora de Solicitud _____				
Código _____	T. Máquina _____				
Sector _____	<table border="1"><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Parada de Producción</b></td></tr><tr><td style="text-align: center;">( ) Sí</td><td style="text-align: center;">( ) No</td></tr></table>	<b>Parada de Producción</b>		( ) Sí	( ) No
<b>Parada de Producción</b>					
( ) Sí	( ) No				
Tipo de falla	Mecánica <input type="checkbox"/>	Eléctrica <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>		
<b>Descripción del Defecto</b>					
_____					
_____					
_____					
<b>Causa de defecto</b>					
_____					
_____					
<b>Hora que inició la reparación</b> _____		<b>Hora que finalizó la reparación</b> _____			
_____		_____			
<b>Solicitante</b>		<b>Técnico</b>			

*Fuente: Bohn México*

### 3.3.5 Solicitud de mantenimiento.

SOLICITUD DE MANTENIMIENTO		N° 0000001				
Fecha: _____	Hora de Solicitud _____	Sector _____				
Código _____	T. Máquina _____	<table border="1"><tr><th colspan="2">Parada de Producción</th></tr><tr><td>( ) Sí</td><td>( ) No</td></tr></table>	Parada de Producción		( ) Sí	( ) No
Parada de Producción						
( ) Sí	( ) No					
Tipo de falla	Mecánica <input type="checkbox"/>	Eléctrica <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>			
Descripción del Defecto						
_____ Solicitante		_____ Dpto. Mantenimiento				

*Fuente: Bohn México*

### 3.3.6 Control de rutina para cuartos fríos,

## RUTINA DE CONTROL EN COMPRESORES

OPERADOR \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

CONTROL DE TEMPERATURA Y PARAMETROS DEL COMPRESOR							
HORA	TEMP °C	V	A	HORA	TEMP °C	V	A
6:00 a. m.				6:00 p. m.			
7:00 a. m.				7:00 p. m.			
8:00 a. m.				8:00 p. m.			
9:00 a. m.				9:00 p. m.			
10:00 a. m.				10:00 p. m.			
11:00 a. m.				11:00 p. m.			
12:00 p. m.				12:00 a. m.			
1:00 p. m.				1:00 a. m.			
2:00 p. m.				2:00 a. m.			
3:00 p. m.				3:00 a. m.			
4:00 p. m.				4:00 a. m.			
5:00 p. m.				5:00 a. m.			

### CONTROL PRESIONES

#### COMPRESOR 1

PRESION DE SUCCION	PRESION DE DESCARGA	PRESION DE ACEITE

#### COMPRESOR 2

PRESIONDE SUCCION	PRESION DE DESCARGA	PRESION DE ACEITE

*Presiones en PSI, tomadas a las 6 pm y 5 am*

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Fuente: Bohn México*



### 3.3.8 Formato de registro de mantenimiento.

REGISTRO DE MANTENIMIENTO								
HISTORIAL POR MÁQUINA								
ÁREA: _____			MÁQUINA: _____			CODIGO: _____		
FECHA	REPARACIONES EFECTUADAS	REPUESTOS	COSTOS DE REPUESTOS	M.P	M.C	PERSONAL	HORAS LABORADAS	OBSERVACIONES

Fuente: Bohn México

### 3.3.9 Hoja de inspección.

HOJA DE INSPECCION PARA CUARTO FRIO								
Actividades	Tiempo	Semanal	Quincenal	Mensual	Trimestral	Semestral		Anual
INSPECCION DEL NIVEL DE ACEITE								
INSPECCION DE FAN								
MEDICION DE PRESION Y TEMPERATURA EN TODO EL SISTEMA								
MEDICION DE SOBRECALENTAMIENTO								
REVISION DE CIRCUITOS Y PARAMETROS ELECTRICOS								
REVISION DE AISLANTE TERMICO								
VERIFICACION DE FILTROS Y CHEQUEOS DE VALVULAS								
INSPECCION MECANICA DEL COMPRESOR								
LIMPIEZA DE SERPENTINES								
PRUEBA DE ACIDEZ								
CAMBIO DE FILTRO DE ACEITE								
CAMBIO DE ACEITE								

OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fuente: Bohn México

## **Capítulo IV. Costos de Instalación, Operación y Mantenimiento de Caldera, Chiller y**

### **Cuarto Frio**

En el presente capítulo, el documento contiene en términos generales, los datos contables manejados de manera habitual, y sugeridos en este trabajo, son para el mejor manejo y planificación de los costos incurridos en los equipos térmicos y se detallarán al máximo permisible de los costos. Es importante hacer notar el hecho de lo imposible que es predecir por completo todas las necesidades imprevistas, por ende, se recomienda no obviar el posible incremento imprevisto de los costos planificados. La intención es ser lo más detallado posible al presentar los costos en los que se incurren para evitar incongruencias relevantes en los reportes financieros del departamento de mantenimiento, reportes que deben anexarse a los deberes de su jefatura.

Cabe mencionar que el actual documento es principalmente una propuesta o estimación para la distribución, planeación y manejo de costos del departamento para los mantenimientos relacionados a los equipos térmicos mencionados y que, así como están dispuestos a mejoras, también cuentan con limitaciones por documentación e información histórica y procedimientos en el manejo de los costos directos por mantenimientos de cualquier tipo.

Por otro lado, los costos que se establecen para determinado período de tiempo del año, tenderán a disminuir para el mismo período del año siguiente e incluso para mantenimientos específicos los costos disminuirán, o al menos una vez se haya normalizado el tiempo de adecuación del sistema implantado.

Lo anterior se debe a que se debe contar con determinados suministros para llevar a cabo los mantenimientos de los equipos. Suministros que pueden ir desde artículos de limpieza, hasta dinero o repuestos importantes de las máquinas. Dado que no se manejan existencias para el departamento de mantenimiento, lo primero que se notará será un incremento sustancial en los costos designados para el departamento de mantenimiento, específicamente para adquisición y almacenamiento de repuestos para dicho departamento.

Puesto que ya se cuenta con el personal requerido para llevar a cabo los mantenimientos, tanto equipo técnico, profesional, bodega, contaduría, entre otras áreas, los costos más importantes serán, definitivamente, la adquisición de repuestos y/o medios de seguridad y control para los equipos. Dicho de otra manera, de lo más importante para elaborar una adecuada estructura de costos, se desprenden dos aspectos: el recurso humano y el técnico.

#### 4.1 Caldera

##### 4.1.1 Revisiones.

En el cuadro siguiente se muestra el salario del técnico de mantenimiento y el operario los cuales realizan en conjunto las actividades programadas (revisiones) de mantenimiento preventivo.

**Tabla N° 8. Revisiones trimestrales de la caldera.**

Sistema de vapor	Costo por mano de obra (trimestral) (dólares)		Gastos imprevistos (costo de la revisión) (dólares)
	Técnico	Operador	
1. Subsistema de alimentación de agua.			
2. Subsistema de alimentación de combustible.			
3. Sistema eléctrico	\$ 936.53	\$ 946.04	\$ 346.08
4. Conjunto del sistema del quemador			
5. Cuerpo de la caldera			
Total, del costo trimestral.....			\$ 2,228.65

##### 4.1.2 Reparaciones pequeñas.

Son las derivadas del desgaste por el uso ordinario de la caldera, sobre los elementos que no tengan el carácter de estructura o afecten a elementos fijos como superficies, conjuntos y cuerpos externos.

**Tabla N° 9. Reparaciones pequeñas de mantenimiento de caldera.**

Actividad	Costo por mano de obra (dólares)	Accesorios	Gastos imprevistos (costo de reparaciones) (dólares)
	Contratación	Empaques	
1. Conjunto del sistema del quemador	\$ 787.87	\$ 58.17	\$ 249.61
2. Cuerpo de la caldera			
Costo total .....			\$ 1,095.65

#### 4.1.3 Reparaciones medianas.

Durante la misma se sustituyen o reparan aquellas piezas cuyo plazo de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo que media entre esta reparación y la próxima, o cuyo plazo de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo que media entre dos o más reparaciones medianas.

**Tabla N° 10. Reparaciones medianas de mantenimiento de caldera.**

Sistema de vapor	Costo por mano de obra (dólares)	Accesorios	Costos de accesorios (dólares)
	Contratación		
1. Cuerpo de caldera	\$ 1,622.55	2 tubos de fuego	\$ 853.65
2. Conjunto del sistema del quemador	\$ 454.31	No hay cambio de accesorio	-----
3. Sistema de alimentación del agua	\$ 436.83	4 manómetros	\$ 23.36
		3 válvulas	\$ 29.70
4. Sistema de alimentación	No hay cambios a nivel interno o externos porque no hay ninguna	Tubería de combustible	\$ 399.39

de combustible	abolladura, no hay fugas. Solo se realiza el cambio de accesorios	Filtro de combustible	\$ 38.93
5. Sistema eléctrico	\$ 324.50	No hay cambio de accesorio	-----
Costos sumados .....			\$ 4,183.22
10% de costos imprevisto .....			\$ 321.79
Costo total .....			\$ 4,505.01

#### 4.1.4 Reparación general.

Esta reparación se realiza para que la caldera quede trabajando en un 90 % de eficiencia. La reparación general es elaborada por una empresa contratista, además en los costos incluye el salario del operador y el técnico ya que son parte para realizar el mantenimiento preventivo planificado.

**Tabla N° 11. Reparaciones generales del mantenimiento de caldera.**

Actividad	Accesorios, piezas y componentes	Costos (dólares)	Costo de mano de obra (contratación) (dólares)
Cambiar el 50 % de los tubos de fuego de mayor deterioro	7 tubos AC ASM	\$ 2,987.79	\$ 3,225.92
Cambiar el 50 % las tuberías de mayor deterioro y realización de pintura en las tuberías	Tubos de presión	\$ 399.39	
	Filtro	\$ 75.28	
	2 galones de pintura de aceite	\$ 249.61	
Cambio de ladrillo refractarios	Ladrillos refractarios	\$ 939.58	
	5 empaques para tortuga	\$ 45.42	
Cambio o reparación de ventilador y bombas	Gastos imprevistos		
Reparación de estructura de hierro	Gastos imprevistos		

Cambio de aislamiento	Fibra de cerámica	\$ 953.91	
Cambio de los aparatos de medición, control y seguridad	4 manómetros	\$ 23.36	
	Válvula de seguridad	\$ 593.20	
	3 válvulas	\$ 29.70	
	Válvula de globo	\$233.64	
Reparación de puertas	Empaque manhole elíptico	\$ 79.87	
Reparación de chimeneas	Gatos imprevistos		
Cambio de piezas desgastadas	Gastos imprevistos		
Pintura de caldera	2 galones de pintura de aluminio de alta temperatura	\$ 186.91	
Costos de los materiales + la mano de obra	\$ 6,797.66		
10% de gastos imprevistos	\$ 1,002.35		
Costo total de la reparación en general	\$ 11,025.93		

**Tabla N° 12. Resumen de los costos de caldera.**

	<b>Revisión trimestral</b>	<b>Reparación pequeña</b>	<b>Reparación mediana</b>	<b>Reparación general</b>
<b>Tiempo entre actividad</b>	<b>780 horas</b>	<b>1560 horas</b>	<b>1560 horas</b>	<b>31,200 horas</b>
<b>Tiempo en realizar la tarea</b>	<b>8 horas</b>	<b>16 horas</b>	<b>24 horas</b>	<b>32 horas</b>
<b>Personal que realiza la tarea</b>	<b>Técnico y el operador</b>	<b>Contratista, técnico y operador</b>	<b>Contratista, técnico y operador</b>	<b>Contratista, técnico y operador</b>
<b>Costos (dólares)</b>	<b>\$ 346.08</b>	<b>\$ 1,095.65</b>	<b>\$ 4,505.01</b>	<b>\$ 11,025.93</b>
<b>Costos anuales (dólares)</b>	<b>Sumatoria de costos: \$ 16,972.67</b> <b>Sumatoria del salario del operador: \$ 3,103.45</b> <b>Sumatoria del salario del técnico: \$ 4,482.75</b> <b>Costo total: \$ 24,558.87</b>			

## 4.2 Chiller

### 4.2.1 Costos directo por mano de obra.

Es el que se deriva de las erogaciones que hace “El Contratista”, por el pago de salarios al personal que interviene exclusiva y directamente en la ejecución del concepto de trabajo de que se trate, incluyendo al cabo o primer mando. No se considerarán dentro de este cargo las percepciones del personal técnico, administrativo, de control, supervisión y vigilancia, que corresponden a los cargos indirectos.

**Tabla N° 13. costos directos por mano de obra.**

<b>Personal requerido</b>	<b>Costo por día de cada trabajador (córdobas)</b>	<b>Costo total de mano de obra diaria (córdobas)</b>
Supervisor	C\$ 500	C\$ 800
Operario	C\$ 300	

### 4.2.2 Costos directo por materiales.

Es el correspondiente a las erogaciones que hace “El Contratista” para adquirir o producir todos los materiales necesarios para la correcta ejecución del concepto de trabajo, que cumpla con las norma y especificaciones de mantenimiento con excepción de los considerados en los cargos por maquinaria. Los materiales que se usen podrán ser permanentes o temporales, los primeros son los que se incorporan y forman parte de la obra; los segundos son los que se consumen en uno o varios usos y no pasan a formar parte integrantes de la obra.

**Tabla N° 14. Costos directos por materiales.**

<b>Accesorio</b>	<b>Costos (córdobas)</b>
Filtro deshidratador	C\$ 170
Indicador de líquido	C\$ 304
Control de nivel de aceite para el compresor	C\$ 3,510.6
Interruptor de baja y alta presión	C\$ 490.9
Mangueras largas de metal	C\$ 606.74
Aceite del equipo	C\$ 2,200
Jabón	C\$ 150
Refrigerante 22	C\$ 2,235
Costo total.....	C\$ 9, 667.24

#### 4.2.3 Costos directos por máquina.

Es el que se deriva del uso correcto de las máquinas consideradas como nuevas y que sean las adecuadas y necesarias para la ejecución del concepto de trabajo, de acuerdo con lo estipulado en las normas y especificaciones de mantenimiento conforme al programa establecido.

**Tabla N° 15. Costos directos por maquinaria**

<b>Maquina</b>	<b>Costo (córdobas)</b>
Bomba de vacío	C\$ 3,580.70
Lavadora de presión	C\$ 3,294.19
Costo total .....	C\$ 6,874.89

#### 4.2.4 Costos por herramienta.

Este costo corresponde al consumo por desgaste de herramientas de mano utilizadas en la ejecución del concepto de trabajo.

**Tabla N° 16. Costos por herramienta**

<b>Herramientas</b>	<b>Costos (córdobas)</b>
Manómetro digital	C\$ 1,300
Amperímetro digital	C\$ 2,262
Llave crece	C\$ 280
Juego de desarmadores de ranura y estrella	C\$ 180
Caja de herramientas: copas, extensiones, ratch, alicate, cincel, martillos, granete, espátula.	C\$ 5,378.34
Pinza de presión (perra)	C\$ 250
Pinza de punta	C\$ 130
Pico de loro	C\$ 200
Costo total: .....	C\$ 9,980.34

**Tabla N° 17. Tiempo propuesto para las actividades de mantenimiento.**

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo en minutos</b>
Inspección del nivel de aceite	20
Medición de presión y temperatura en todo el sistema	30
Medición de sobrecalentamiento	15
Revisión de parámetros eléctricos verificación de resistencia	40
<b>Tiempo requerido a la semana</b>	<b>Días a laborar</b>
27.24 horas	3.5 horas

**Tabla N° 18. Resumen de los costos de chiller.**

Costo total directo de mano de obra (córdobas): C\$ 800
Costo total directo por materiales (córdobas): C\$ 9,667.24
Costo total directo por maquina (córdobas): C\$ 6,874.89
Costo total por herramientas (córdobas): C\$ 9,980.34
Sumatoria de costos totales (córdobas)..... C\$ 27,322.47

### 4.3 Cuarto Frio

#### 4.3.1 Costos directos de mantenimiento diario, meses y anual.

Se estimó el costo por hora y también por accesorio requerido en el sistema del cuarto frio.

**Tabla N° 19. Costos directos de mantenimiento de cuarto frio.**

<b>Horas / días/ meses</b>	<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos (córdobas)</b>	<b>Sub – total (córdobas)</b>
50 horas (2 a 3 días)	Filtro de succión	1	C\$ 300	C\$ 300
200 horas (9 a 10 días)	Filtro de aceite	1	C\$ 310	C\$ 310
	Aceite POE 32	4	C\$ 2,200	C\$ 8,800
	Refrigerante R22	3	C\$ 2235	C\$ 6,705
	<b>Total</b>			<b>C\$ 16,115</b>
5000 horas (6 ½ a 7 ½ meses)	Filtro de succión	1	C\$ 300	C\$ 300

	Filtro de aceite	1	C\$ 310	C\$ 310
	Filtro de piedra	1	C\$ 180	C\$ 180
	Aceite POE 32	4	C\$ 2,200	C\$ 8,800
	Refrigerante R22	3	C\$ 2235	C\$ 6,705
	Gasket de cubierta	3	C\$ 250	C\$ 750
			<b>Total</b>	<b>C\$ 17,045</b>
10,000 horas (1 año a 3 meses)	Filtro de succión	1	C\$ 300	C\$ 300
	Filtro de aceite	1	C\$ 310	C\$ 310
	Filtro de piedra	1	C\$ 180	C\$ 180
	Aceite POE 32	4	C\$ 2,200	C\$ 8,800
	Refrigerante R22	3	C\$ 2235	C\$ 6,705
	Gasket de cubierta	3	C\$ 250	C\$ 750
	Plato de válvulas	1	C\$ 4354.20	C\$ 4354.20
	Balineras delanteras	1	C\$ 1890.50	C\$ 1890.50
	Balineras traseras	1	C\$ 295.10	C\$ 295.10
	Discos de válvulas de succión	6	C\$ 910.05	C\$ 5460.30
			<b>Total (córdobas)</b>	<b>C\$ 29,045</b>
			<b>Total del sub – total (córdobas)</b>	<b>C\$ 62,205</b>
			<b>IVA (córdobas)</b>	<b>C\$ 28,555</b>
				<b>C\$ 90,760</b>

#### 4.3.2 Costos directos de insumos.

Esta es la estimación económica de los insumos de un cuarto frío, lo cual se requieren ciertos componentes para la realización de su mantenimiento.

**Tabla N° 20. Costos de insumos.**

Descripcion y total de requerimientos	Costo (córdobas)	Sub – total (córdobas)
Cinta Foam (4 unidades)	C\$ 132	C\$ 526.20
Armaflex 2 1/8 (6 unidades)	C\$ 100	C\$ 600
Armaflex 1 3/8 (6 unidades)	C\$ 80	C\$ 480
Líquido para limpiar serpentín (12 galones)	C\$ 600	C\$ 7,200
Pintura Fast Dry en spary (3 unidades)	C\$ 90	C\$ 270
Jabón líquido industrial (4galones)	C\$ 150	C\$ 600
Rodamientos 6206 z (4 unidades)	C\$ 700	C\$ 2,800
Paste (10 unidades)	C\$ 8	C\$ 80
Test de acidez (10 kits)	C\$ 670	C\$ 6,700
Desengrasante (5 galones)	C\$ 200	C\$ 1,000
Aceite POE 32 (12 galones)	C\$ 2,200	C\$ 26,400
Aceite POE 170 (6 galones)	C\$ 6,800	C\$ 40,800
Hilazas (2 quintales)	C\$ 300	C\$ 600

Válvula de bola (3 unidades)	C\$ 63.32	C\$ 89.96
Escobas (2 unidades)	C\$ 50	C\$ 100
Limpiador de contacto eléctrico (5 unidades)	C\$ 340	C\$ 1,700
Filtro de aceite (4 unidades)	C\$ 310	C\$ 1,240
Tanque Refrigerante R404a (7 unidades)	C\$ 6,038	C\$ 42,267.68
Tanque Refrigerante R22 (3 unidades)	C\$ 2,235	C\$ 4,469.42
Tape eléctrico (10 unidades)	C\$ 130	C\$ 1,300
Tape vulcanizado (3 unidades)	C\$ 200	C\$ 600
Spray W40 (6 unidades)	C\$ 220	C\$ 1,320
Permatex 2 (6 unidades)	C\$ 145	C\$ 870
Aceite Lubriplate APG 80W 90 (6 galones)	C\$ 800	C\$ 4,800
Paste de alambre (virulana) (36 unidades)	C\$ 12	C\$ 432
Terminales de gaveta (50 unidades)	C\$ 0.5	C\$ 25
	<b>Sub-total (córdobas)</b>	<b>C\$ 147,270.26</b>
	<b>IVA(córdobas)</b>	<b>C\$ 25,632.80</b>
	<b>Total (córdobas)</b>	<b>C\$ 172,903.06</b>

**Tabla N° 21. Resumen de total de costos de cuarto frio.**

Costos directos de mantenimiento (córdobas): C\$ 90, 760
Costos directos de insumos (córdobas): C\$ 172,903.06
Total (córdobas): C\$ 263,663.06

**Tabla N° 22. Presupuesto anual y general de costos del personal administrativo.**

<b>CARGO</b>	<b>SUELDO MENSUAL</b>	<b>SUELDO ANUAL</b>	<b>PATRONAL</b>	<b>AGUINALDO</b>	<b>TOTAL</b>
Jefe de Mantenimiento	C\$ 20,000	C\$ 240,000	C\$ 51,600	C\$ 20,000	C\$ 331,600
Supervisor	C\$ 15,000	C\$ 180,000	C\$ 38,700	C\$ 15,000	C\$ 248,700
Técnico en refrigeración	C\$ 13,000	C\$ 156,000	C\$ 33,540	C\$ 13,000	C\$ 215,540
Eléctrico	C\$ 10,000	C\$ 120,000	C\$ 25,800	C\$ 10,000	C\$ 165,800
Operador 1	C\$ 9,000	C\$ 108,000	C\$ 25,800	C\$ 9,000	C\$ 149,220
Operador 2	C\$ 9,000	C\$ 108,000	C\$ 25,800	C\$ 9,000	C\$ 149,220
Operador 3	C\$ 9,000	C\$ 108,000	C\$ 25,800	C\$ 9,000	C\$ 149,220
Obras civiles	C\$ 7,700	C\$ 92,400	C\$ 19,866	C\$ 7,700	C\$ 127,666
				<b>TOTAL</b>	<b>C\$ 1,536,966</b>

**Tabla N° 23. Equipos de protección personal**

Descripción	Costo (córdobas)
<b>Lentes de protección</b>	C\$ 34
<b>Guantes de protección de hule</b>	C\$ 66
<b>Guantes de protección de cuero</b>	C\$ 85
<b>Guantes de protección dieléctricos</b>	C\$ 2,550
<b>Botas de seguridad</b>	C\$ 900
<b>Cascos</b>	C\$ 170
<b>Tapones para los oídos</b>	C\$ 14
<b>Chalecos reflectores</b>	C\$ 78
<b>Chalecos de seguridad</b>	C\$ 850
<b>Costo total.....</b>	<b>C\$ 4,747</b>

### **Conclusión de costos**

Los costos se estiman para todos los recursos asignados al mantenimiento, es decir, recursos de trabajo, recursos materiales, coste de servicios e instalaciones y posibles costes por contingencias.

La estimación de los costos de las actividades puede necesitar de los resultados de los procesos de planificación de otras áreas como por ejemplo el cronograma del proyecto, el registro de riesgos y las asignaciones de personal. Debido a ello las estimaciones no pueden darse por definitivas hasta contar con tales informaciones.

Si la organización ejecutante no posee estimadores de costos formalmente formados, el equipo del proyecto deberá aportar los recursos y la experiencia necesarios para llevar a cabo la estimación de los costos del mantenimiento.

Por lo tanto, se pudo definir la estimación de costos, como una evaluación cuantitativa de los costos probables de los recursos necesarios para completar las actividades del mantenimiento.

## Capítulo V. Leyes y Normativas de Higiene y Seguridad en Caldera, Chiller y Cuarto Frio

### Ley 618. Ley General De Higiene Y Seguridad Del Trabajo

#### Título I Disposiciones Generales

#### Capítulo I Objetivo Y Campo De Aplicación

Arto. 1. **Objeto De La Ley:** La presente Ley es de orden público, tiene por objeto establecer el conjunto de disposiciones mínimas que, en materia de higiene y seguridad del trabajo, el Estado, los empleadores y los trabajadores deben desarrollar en los centros de trabajo, mediante la promoción, intervención, vigilancia y establecimiento de acciones para proteger a los trabajadores en el desempeño de sus labores.

Arto. 2. **Ámbito De Aplicación:** Esta Ley, su Reglamento y las Normativas son de aplicación obligatoria a todas las personas naturales o jurídicas, nacionales y extranjeras que se encuentran establecidas o se establezcan en Nicaragua, en las que se realicen labores industriales, agrícolas, comerciales, de construcción, de servicio público y privado o de cualquier otra naturaleza. Sin perjuicio de las facultades y obligaciones que otras Leyes otorguen a otras instituciones públicas dentro de sus respectivas competencias.

#### Capítulo II Conceptos

Arto. 3. **A efectos de la presente Ley se entenderá por:**

**Higiene Industrial:** Es una técnica no médica dedicada a reconocer, evaluar y controlar aquellos factores ambientales o tensiones emanadas (ruido, iluminación, temperatura, contaminantes químicos y contaminantes biológicos) o provocadas por el lugar de trabajo que pueden ocasionar enfermedades o alteración de la salud de los trabajadores.

**Seguridad del Trabajo:** Es el conjunto de técnicas y procedimientos que tienen como objetivo principal la prevención y protección contra los factores de riesgo que pueden ocasionar accidentes de trabajo.

**Condición Insegura o Peligrosa:** Es todo factor de riesgo que depende única y exclusivamente de las condiciones existentes en el ambiente de trabajo. Son las causas técnicas; mecánicas; físicas y organizativas del lugar de trabajo (máquinas, resguardos, órdenes de trabajo, procedimientos entre otros).

**Condiciones de Trabajo:** Conjunto de factores del ambiente de trabajo que influyen sobre el estado funcional del trabajador, sobre su capacidad de trabajo, salud o actitud durante la actividad laboral.

**Ergonomía:** Es el conjunto de técnicas que tratan de prevenir la actuación de los factores de riesgos asociados a la propia tarea del trabajador. Actos Inseguros: Es la violación de un procedimiento comúnmente aceptado como seguro, motivado por prácticas incorrectas que ocasionan el accidente en cuestión. Los actos inseguros pueden derivarse a la violación de normas, reglamentos, disposiciones técnicas de seguridad establecidas en el puesto de trabajo o actividad que se realiza, es la causa humana o lo referido al comportamiento del trabajador.

**Salud Ocupacional:** Tiene como finalidad promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las actividades; evitar el desmejoramiento de la salud causado por las condiciones de trabajo; protegerlos en sus ocupaciones de los riesgos resultantes de los agentes nocivos; ubicar y mantener a los trabajadores de manera adecuada a sus aptitudes fisiológicas y psicológicas.

**Ambiente de Trabajo:** Cualquier característica del mismo que pueda tener una influencia significativa sobre la generación de riesgos para la salud del trabajador, tales como: locales, instalaciones, equipos, productos, energía, procedimientos, métodos de organización y ordenación del trabajo, entre otros.

## **Resolución Ministerial de Higiene y Seguridad del Trabajo**

Tiene por objeto establecer las medidas mínimas que, en materia de higiene y seguridad del trabajo, deben desarrollarse para proteger la seguridad y salud de los trabajadores en el desempeño de sus tareas. Aborda, entre otros temas, las definiciones de los términos relacionados con la salud y el riesgo laboral, la actuación normativa, la participación institucional, la vigilancia y control, las obligaciones del empleador, los derechos y obligaciones de los trabajadores y las responsabilidades y sanciones.

### **Resolución Ministerial Sobre Las Disposiciones Básicas De Higiene Y Seguridad Del Trabajo Aplicable A Determinados Trabajos Con “Riesgos Especiales”.**

El Ministerio del Trabajo, quien preside el Consejo Nacional de Higiene y Seguridad del Trabajo, en uso de sus facultades que le confiere la Ley No. 290, Ley de Organización, Competencia y Procedimiento del Poder Ejecutivo, La Gaceta, Diario Oficial No. 102 del 03 de Junio de 1998 y el Decreto 71-98 Reglamento a la Ley 290, Ley de Organización, Competencia y Procedimiento del Poder Ejecutivo, La Gaceta, Diario Oficial, No. 205 y 206 del 30 y 31 de Octubre de 1998, y a la Resolución Ministerial de Higiene y Seguridad del Trabajo (Publicado en La Gaceta No. 165 del 1 de Septiembre de 1993) ha tenido a bien disponer: La Resolución Ministerial sobre las Disposiciones Básicas de Higiene y Seguridad del Trabajo aplicables a Determinados Trabajos con “Riesgos Especiales”.

#### **Capítulo VII Trabajos Con Equipos Y Recipientes A Presión (Instalaciones y Trabajos Especiales)**

##### **Caldera**

Artículo 10.- Las calderas deberán utilizarse cumpliendo las instrucciones específicas dadas por el fabricante, así como las disposiciones mínimas generales indicadas en la Resolución Ministerial sobre “Equipos de Trabajo”, “Reglamento de Seguridad en las Calderas” y muy especialmente, las que se indican a continuación:

1. Las salas de las calderas deberán ser de dimensiones adecuadas para que los trabajadores de mantenimiento y conservación de estas máquinas puedan realizar su labor cómodamente y sin riesgo.
2. Dichas salas se mantendrán perfectamente ventiladas, practicándose aberturas de entrada de aire por la parte inferior y de salida por la parte superior.
3. Las calderas, ya sean de encendido manual o automático, serán convenientemente vigiladas durante todo el tiempo en que estén de servicio.
4. Cuando el combustible empleado sea carbón o leña, no se usarán líquidos inflamables o materias que puedan causar explosiones o retrocesos de llamas. Iguales normas se seguirán en las calderas en que se empleen petróleo.
5. Los reguladores de tiro se abrirán lo suficiente para producir una ligera corriente de aire que evite el retroceso de llamas.
6. Si ocurriese un retroceso de llama, se cerrará inmediatamente el abastecimiento de combustible y se ventilará completamente la cámara de la caldera antes de reanudar la combustión.
7. Siempre que el encendido no sea automático, se efectuará éste con antorcha de suficiente longitud.
8. Cuando se deje entrar vapor en las tuberías y en las conexiones frías, las válvulas se abrirán lentamente, hasta que los elementos alcancen la temperatura prevista.
9. Cuando la presión de vapor de la caldera se aproxime a la de trabajo, la válvula de seguridad se probará manualmente.
10. Los atizadores no se dejarán sobre el suelo o entre las calderas; se colocarán siempre en repisas especialmente diseñadas para evitar quemaduras a los trabajadores.
11. Durante el funcionamiento de las calderas se comprobará repetida y periódicamente el nivel del agua en el indicador, purgándose las columnas de agua fría a fin de comprobar que todas las conexiones estén libres.

12. En el caso de que el nivel de agua no sea visible, los fuegos se reducirán sin cambio brusco, prohibiéndose en estos casos incrementar el abastecimiento del agua o reducir la presión, abriendo las válvulas de seguridad.
13. Las válvulas de desagüe de las calderas se deberán abrir conforme a los resultados de los análisis químicos del agua que se efectúen, debiéndose purgar los indicadores de nivel con una frecuencia diaria.
14. En caso de ebullición violenta del agua en las calderas, se detendrá el fuego y se cerrará inmediatamente la válvula principal de vapor, quedando retirada del servicio la caldera hasta que se comprueben y corrijan sus condiciones de funcionamiento.
15. Una vez reducida la presión de vapor se dejarán enfriar las calderas durante un mínimo de ocho horas.
16. Cuando sea necesario efectuar reparaciones en algunas partes de las calderas sometidas a presión (manómetros, niveles, tuberías de agua, válvulas de salida de vapor, llegada de combustible, etc.), se detendrá el funcionamiento de la caldera, manteniéndola a la presión atmosférica.
17. Durante la ejecución de trabajos en el interior de calderas, hogares o conductos de humos, se mantendrán estos perfectamente ventilados y a temperatura ambiente.
18. Para los trabajos que impliquen el uso de herramientas eléctricas o alumbrado, se considerará a la caldera como local húmedo y muy conductor.
19. No se entrará en ellos antes de que estén perfectamente limpios y haber comprobado la cantidad de oxígeno en su atmósfera, así como la ausencia de gases tóxicos.
20. Ningún operario entrará en el interior de una caldera sin que otro esté situado fuera de él, en situación de prestarle ayuda en caso necesario, debiendo ir amarrado a un cinturón cuyo extremo será sujetado por el trabajador que se encuentre en el exterior.
21. En las operaciones de soldadura en el interior de la caldera se comprobará, durante todo el tiempo que duren estos trabajos, los niveles de explosividad

y toxicidad ambiental, suspendiéndose los trabajos cuando aquellos sean peligrosos.

22. Deberá llevarse un registro periódico de las operaciones de mantenimiento, ensayo e inspección de las especificaciones del constructor. Dicho registro debe encontrarse siempre a disposición de las autoridades laborales que lo soliciten.
23. Los operarios que manipulen las calderas deberán estar en posesión de la acreditación otorgada por la Dirección General de Higiene y Seguridad del Trabajo del Ministerio del Trabajo, en función del tipo de caldera que se utilice (A, B o C).

## **Capítulo VII**

### **Frío Industrial: Equipos Y Cámaras Frigoríficas Locales**

Artículo 17.- Se deberán cumplir las siguientes prevenciones:

1. Los locales de trabajo en los que se produzca frío industrial y exista riesgo de desprendimiento de gases nocivos o combustibles, deberán estar separados, de forma que se permita su aislamiento en caso necesario.
2. Cuando se produzcan grandes escapes de gases, una vez desalojado el local por el personal, deberá aislarse del resto de los locales de trabajo, poniéndose en servicio los sistemas de ventilación, previo a la detención de las fuentes de generación que alimentan los equipos.
3. Si estos escapes se producen en el local de máquinas se detendrá el funcionamiento de los compresores o generadores, mediante controles o mandos a distancia.

### **Mantenimiento de los Equipos de Refrigeración**

Artículo 18.- Se deberán cumplir las siguientes prevenciones:

1. Antes de realizar la apertura de algún elemento del circuito de refrigeración, se verificará que el fluido refrigerante ha sido previamente bombeado al depósito.

2. Se comprobará que la presión en el interior del circuito de refrigeración es inferior o igual a la atmósfera.
3. Las válvulas, elementos de seguridad, dispositivos automáticos de control, relés, reóstatos, termostatos, etc. serán revisados periódicamente, manteniéndose en buen estado de funcionamiento.
4. Los condensadores de refrigeración por agua se limpiarán periódicamente a fin de evitar depósitos residuales o incrustaciones.

### **Cámaras Frigoríficas**

Artículo 19.- Se deberán cumplir las siguientes prevenciones:

1. El sistema de cierre de las cámaras frigoríficas permitirá que éstas puedan ser abiertas desde el interior y tendrá una señal luminosa, que indique la existencia de personas en su interior.
2. Las cámaras frigoríficas dispondrán, además de un dispositivo de señal acústica (timbre, sirena o teléfono) que comunique con el exterior en caso de averías o accidentes. Los accionamientos de las señales de seguridad en el interior de la cámara se situarán junto a la puerta y permanecerán convenientemente señalizados mediante una luz piloto, y su fuente de energía será independiente del sistema normal que garantice su funcionamiento cuando falle el fluido eléctrico.

### **Ventiladores**

Artículo 21.- Las aspas de los ventiladores deberán estar protegidas en ambos lados por una red metálica suficientemente resistente y con orificios de tamaño adecuado que impida la introducción a través de los mismos de cualquier miembro del operario.

## Equipos de Protección Personal

El Equipo de Protección Personal (EPP), es cualquier equipo o dispositivo destinado para ser utilizado o sujetado por el trabajador, para protegerlo de uno o varios riesgos y aumentar su seguridad o su salud en el trabajo. Según Anexo 3. en la página no. 427 de la gaceta no. 21 del 30 de enero de 1997.

Las ventajas que se obtienen a partir del uso de los equipos de protección personal (EPP) son las siguientes:

- Proporcionar una barrera entre un determinado riesgo y la persona
- Mejorar el resguardo de la integridad física del trabajador.
- Disminuir la gravedad de las consecuencias de un posible accidente sufrido por el trabajador.

Las condiciones de utilización del Equipo de Protección Personal y en particular, su tiempo de uso deberán determinarse teniendo en cuenta:

- 1) La gravedad del riesgo.
- 2) Tiempo o frecuencia de la exposición al riesgo.
- 3) Condiciones del puesto de trabajo.
- 4) La vida útil del equipo.

Todos los requerimientos para el uso y la implementación de Equipos de Protección Personal en los lugares de trabajo para un ambiente saludable, se encuentran contemplados en la Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo. Ley N°. 618, aprobada el 19 de abril del 2007. Con Título VII. de los Equipos de Protección Personal.

Dentro de esta ley, podemos encontrar la clasificación que se hace de los equipos de protección personal de acuerdo a la zona que protege. Esta clasificación es la siguiente:

- Ropa de trabajo: Chalecos, overoles, gabachas
- Protección de la cabeza: Cascos de protección
- Protección de la cara: Lentes de seguridad, mascarillas

- Protección ocular: Lentes de seguridad
- Protección de los oídos: Tapones para disminuir el ruido
- Protección de las extremidades superiores: Guantes
- Protección de las extremidades inferiores: Botas antideslizante y antiperforable

**Ropa de trabajo:** La ropa de trabajo debe ajustarse bien al cuerpo del trabajador sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimiento, suprimiéndose o reduciéndose, en lo posible, los elementos adicionales tales como: bolsillos, botones, partes vueltas hacia arriba, cordones, etc., para eliminar la suciedad y el peligro de enganches.

**Cascos de protección:** son para proteger la cabeza de quien lo usa de peligros y golpes mecánicos. También puede proteger frente a otros riesgos de naturaleza mecánica, térmica o eléctrica.

**Lentes de seguridad:** los lentes para gafas de protección, tanto los de cristal como los plásticos transparentes, deberán ser óptimamente neutros, libres de burbujas, ondulaciones u otros defectos.

**Mascarilla contra vapores y humos:** Para la protección contra las radiaciones no ionizantes, en trabajos de hornos y fundiciones, deberá usarse una pantalla abatible (móvil) de material aislante o reflectante, con el cristal de visor oscuro para el filtraje de las radiaciones y resistente a la temperatura que deba soportar. Las máscaras para soldadura deben ser de material poliéster reforzadas con fibra de vidrio y deben mantenerse todo el tiempo en buenas condiciones.

**Tapones u orejeras:** Cuando el nivel de ruido en un puesto o área de trabajo sobrepase el margen de seguridad establecido, será obligatorio el uso de elementos o aparatos individuales de protección auditiva, sin perjuicio de las medidas generales de aislamiento o controles contra el ruido. Para los ruidos de muy elevada intensidad se dotará a los trabajadores de auriculares anti ruido con filtro, orejeras de almohadilla anti ruido o tapones anti ruido.

**Guantes de cuero:** La protección de manos, antebrazo y brazo se hará por medio de guantes seleccionados para prevenir los riesgos existentes y para evitar la dificultad de movimientos al trabajador.

**Botas de seguridad:** En el trabajo con riesgos de accidentes mecánicos en los pies, será obligatorio el uso de botas o zapatos de seguridad, con refuerzos metálicos en la puntera cuando fuere necesario. El uso de calzado resistente al calor será obligatorio en trabajos que exijan la conducción o manipulación de metales fundidos o de sustancias de alta temperatura.

En el Artículo 20, se deberán cumplir las especificaciones indicadas en la Resolución Ministerial sobre “Equipos de Protección Personal para Cámaras Frigoríficas”, teniendo en cuenta, además:

1. En las instalaciones frigoríficas industriales se dispondrá de aparatos respiratorios contra escapes de gases, eligiéndose el tipo de éstos, de acuerdo con la naturaleza de dichos gases.
2. En las instalaciones frigoríficas que utilicen amoníaco, anhídrido sulfuroso, cloruro de metilo u otros agentes nocivos para la vista, deberán emplearse máscaras respiratorias que protejan los ojos, o se completarán con gafas de ajuste hermético.
3. En las instalaciones a base de anhídrido carbónico, se emplearán aparatos respiratorios autónomos de aire y oxígeno cerrado quedando prohibido los de tipo filtrante.
4. Los aparatos respiratorios, las gafas y los guantes protectores, se emplearán cuando sea ineludible penetrar en el local donde se hubieran producido grandes escapes de gas o se tema que se produzcan en los trabajos de reparaciones, cambio de elementos de la instalación y carga.
5. Los aparatos respiratorios deberán conservarse en perfecto estado, en forma y en el lugar adecuado y fácilmente accesible en caso de accidente. Periódicamente se comprobará su estado de eficacia, ejercitando al personal en su empleo.
6. Al personal que deba permanecer prolongadamente en los locales con temperaturas bajas, cámara y depósitos frigoríficos, se les proveerá de prendas de abrigo, cubrecabezas y calzado de suela aislante, así como de cualquier otra protección necesaria a tal fin.

7. A los trabajadores que tengan que manejar llaves, grifos, etc., o cuyas manos hayan de entrar en contacto con sustancias muy frías, se les facilitará guantes o manoplas de material aislante del frío.

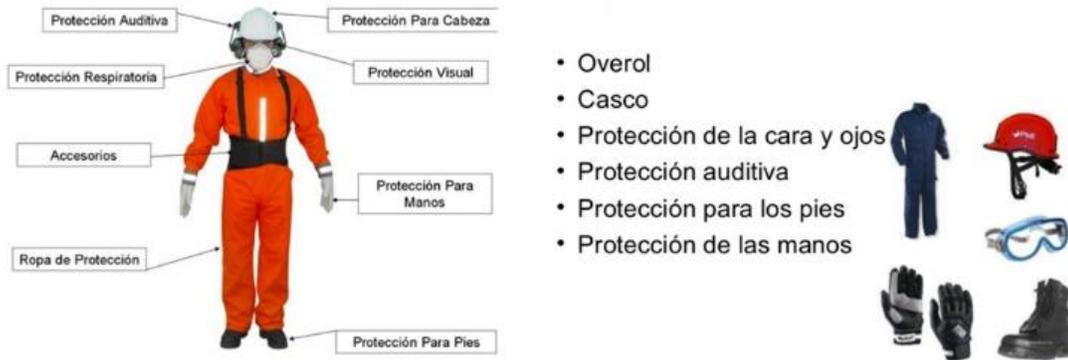


Fig. 39. Equipos de protección personal (Caldera).



Fig. 40. Equipo de protección personal (Chiller).



Fig. 41. Equipo de protección personal (Cuarto Frío).

## Conclusiones

El presente trabajo será de gran utilidad para el lector o para el estudiante que quiera obtener un mayor conocimiento en la elaboración de dicho manual, ya que cubre algunos aspectos de funcionalidad esenciales, tales como generalidades, procedimientos de instalación, operación y mantenimiento de los equipos térmicos mencionado en este proyecto.

Esta elaboración metodológica fue diseñada con base en las recomendaciones que dan los fabricantes de los equipos para realizar instalaciones, arranques operaciones, mantenimiento preventivos y correctivos, y la ayuda de fichas técnicas para un control administrativo de dichos procesos.

Efectuar una correcta aplicación del programa de instalación, operación y mantenimiento para mejorarlo en el transcurso de este manual, logrará que los equipos térmicos cumplan con los requisitos establecidos y exista una estimación para reducir los costos de mantenimiento a causa de la disminución de mantenimientos correctivos.

Se estimó los costos de instalación, operación y mantenimiento en las actividades a realizar, esto permitirá al departamento de mantenimiento coordinar los pedidos con el área de gerencia, solicitando anticipadamente los desembolsos, logrando realizar en tiempo y forma las actividades programadas.

Dado que este tipo de equipos representan una alta inversión, también es muy importante que el personal que lo opere se encuentre suficientemente capacitado, a fin de asegurar una explotación óptima. Así mismo es indispensable que dicho personal cuente con las necesarias medidas de seguridad.

Se espera que de alguna manera nuestro trabajo aquí presentado sirva de guía para la implementación metodológica y pueda dar ideas ingeniosas a los estudiantes de ingeniería, con la esperanza de contribuir en algo al desarrollo de nuestro país.

## Recomendaciones

### Recomendaciones Básicas de Seguridad

1. El trabajador debe estar seguro de la forma más apropiada para realizar su trabajo. Si no está convencido de que puede efectuar el trabajo, pida más instrucciones o asesoramiento a su supervisor.
2. Los trabajos se deben efectuar con calma, acorde a la seguridad. Trabajadores apurados son peligrosos.
3. Informar sobre cualquier accidente o lesión para su debido tratamiento. De no hacerse, se corre el riesgo de una infección.
4. No hacer tonterías como saltar de un lugar elevado.
5. Se deben quitar las astillas de los bancos, mesas, estantes o sillas de trabajo para evitar lesiones.
6. Se deben quitar o doblar todos los clavos salientes, grapas o tiras de metal de las cajas o barriles.
7. Nunca se debe trabajar debajo de una carga suspendida.
8. Se deben obedecer los letreros de prevención. Estos se colocan para indicar puntos peligrosos.
9. Siempre que se transporten piezas largas, tales como tubos o escaleras, cuide las puntas al pasar por puertas u esquinas, si es posible utilice dos hombres, uno en cada extremo.
10. Todas las ideas de seguridad y sus cambios deben ser puestas en tableros de boletines. Siempre este al tanto de estos boletines.
11. Juego de manos y bromas siempre conducen a accidentes.
12. Se debe recomendar a todos los trabajadores que hagan sugerencias de seguridad, que llamen la atención del supervisor sobre cualquier condición insegura que se encuentre en la planta.
13. Está prohibido trabajar en los hornos y conductos de gases con temperatura a más de 60 grados centígrados. En temperaturas entre 50 y 60 grados centígrados, no se debe trabajar más de veinte minutos, y descansar a la temperatura ambiente otros 20 minutos.

14. En los lugares donde se puedan producir explosiones y que contengan combustibles, los trabajos se realizaran bajo la supervisión del jefe responsable que instruirá al personal sobre los métodos seguros del trabajo a realizar.

### **Recomendaciones con las Máquinas**

1. A menos que se sepa perfectamente la forma de operar una máquina, debe mantenerse alejado de ella.
2. Detenga las maquinas antes de engrasarlas o limpiarlas; nunca trate de limpiar o quitar un atascamiento mientras la maquina esté funcionando.
3. Después de haber terminado el trabajo de reparación o mantenimiento en una máquina, coloque los resguardos antes de ponerla nuevamente en funcionamiento.
4. Cuando tenga necesidad de alejarse de la maquina en la cual está trabajando, deténgala.
5. Antes de empezar a trabajar en máquinas peligrosas, tales como prensas mecánicas, sierras circulares, etc., este seguro que las resguardas estén en sus lugares.
6. Antes de empezar a esmerilar, asegúrese que la piedra de esmeril tiene su resguardo y su ventana plástica. De lo contrario utilice anteojos de seguridad.
7. Cuando una piedra de esmeril vibra o se tambalea, deténgala, busque las causas para remediar la situación.
8. Las piedras abrasivas no deberán ser operadas a una velocidad mayor que la especificada por el fabricante.
9. Mantener cerradas y herméticas las tapas de conexiones eléctricas de los motores y demás aparatos que trabajen con electricidad.

### **Recomendaciones con las Herramientas**

1. Siempre se debe usar solamente las herramientas que estén en buenas condiciones.
2. Los cinceles, brocas, martillos, etc., con cabezas o rebabas o deformadas, deberán ser reparadas antes de usarlas.
3. Se deben reemplazar los mangos de las herramientas que estén quebradas, astilladas, rajadas o flojas, antes de usarlas.
4. Ponerle mangos de madera a las limas antes de usarlas.
5. Asegurarse que las bocas de las llaves estén correctas y sin desgastes antes de usarlas.

6. No se deberá usar un martillo de acero duro para golpear sobre otras piezas de acero duro, para evitar que pedazos de acero salten, use un martillo de metal suave.
7. Mantenga la punta de los destornilladores afiladas y parejas; no use destornilladores con puntas quebradas o redondeadas.
8. Use siempre herramientas adecuadas para el trabajo.
9. No utilice otras llaves para golpear; para eso está el martillo.

### **Recomendaciones con Escaleras y Andamios.**

1. No deben usarse escaleras con los peldaños rotos o faltantes.
2. Este seguro que la escalera este firmemente apoyada antes de subirse. El pie o base de la escalera deberá estar a una distancia de la pared, sobre la cual se apoya, a un cuarto del largo total de la escalera.
3. El inclinarse sobre los costados o tratar de estirarse mientras se está subiendo, puede causarle la pérdida del equilibrio.
4. Al usar una escalera del tipo A o de tijera, ábrala completamente.
5. Las herramientas nunca se deben colocar sobre la escalera, pueden caerse y herir a alguien. Use una caja sujeta a la escalera o un cinturón especial para la sujeción de estas.
6. Cuando suba o baje unas escaleras, hágalo siempre de frente.
7. A menos que se tenga experiencia en la construcción de andamios, no trate de construir uno.
8. Los andamios de madera se hacen de madera de buena calidad, las tablas de estos deben tener un espesor no menor de cuatro centímetros.
9. Los andamios deben estar equipados con sus respectivas escaleras.

### **Recomendaciones sobre los Levantamientos de Carga**

1. Los métodos de levantamiento incorrecto causan lesiones innecesarias.
2. Antes de levantar un peso, quítese las sustancias grasosas de las manos y del objeto a levantar.
3. Cuando levante un objeto pesado, acérquelo a su cuerpo hasta que esté en posición de levantar derecho. Siempre procure levantar el objeto con los músculos de las piernas.
4. Si el peso a trasladar es a cierta altura, poner un wincher en caso de ser posible, o solicite ayuda.

## **Recomendaciones sobre el Orden y la Limpieza**

1. Siempre se deben mantener los pasillos y lugares de trabajo limpios, las herramientas y materiales en buen estado, apilados y colocados en forma segura de forma que el que pase no se lesione.
2. Guarde los desperdicios, trapos engrasados y otros materiales inflamables en lugares destinados para esto. Un incendio nos puede dejar sin trabajo.
3. Las salidas siempre tienen que estar despejadas.
4. Cuando recoja vidrios hágalo con escoba y pala, nunca con la mano.
5. Antes de llevarse cualquier alimento a la boca, lávese las manos con agua y jabón.
6. Todo material que no sirva, hay que botarlo o depositarlo en el depósito de chatarra destinado para este efecto, nunca tenerlo en el área de trabajo.

## **Recomendaciones al utilizar los Equipos de Protección y Ropa**

1. Sus ojos y su salud no tienen precio. Se debe usar anteojos protectores cuando esmerile, cuando la piedra no esté protegida, cuando maneje sustancias irritantes como ácidos o líquidos que puedan salpicar sus ojos.
2. Los soldadores deberán usar anteojos protectores o mascarar acorde a su trabajo, también utilizarán delantales, braceras y perneras de cuero para evitar quemaduras por radiación.
3. Cuando se trabaje en lugares donde existan polvos irritantes, vapores químicos, los trabajadores deberán utilizar mascarar apropiadas según las condiciones de trabajo.
4. Cuando se trabaje en tanques, fosas u otros lugares donde sea posible la concentración de gases, el trabajador deberá usar mascarar con suministro de oxígeno, y nunca deberá bajar o entrar solo.
5. Use en su puesto de trabajo mangas cortas.
6. Mantenga siempre abotonadas sus prendas de vestir.
7. Antes de empezar a trabajar, quítese los anillos, cadenas, pulseras y reloj.
8. Para manejar materiales ásperos utilice guantes o agarraderas.
9. Evite el uso de ropa sucia de aceite en zonas donde se da la soldadura, ya que estas pueden coger fuego.
10. Los tapones auditivos se pueden usar en los locales donde se produce mucho ruido; estos están señalados en la entrada. Una vez acabado el día se procederá a limpiarlos.

## Bibliografía

Hernández J. Marimount Normas apa Quinta y Sexta edición. 2014

<http://refrimartmexico.com/equipos-de-refrigeracion-industrial/>

Alarcón J, Procesos de mantenimientos, 2009. Recuperado 28 abril 2019, [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo3.pdf)

Pedroche. J. EL CUADRO DE MANDO INTEGRAL APLICADO ALMANTENIMIENTO, 2012,p.48.Recuperado28deabrilde2019de<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70397/fighero/EL+BSC+APLICADO+AL+MANTENIMIENTO+TFM++Jose+Eloy+Pedroche+Vazquez.pdf>).

Morales R, 2014. Introducción a la gestión de operaciones, recuperado el 10 de septiembre 2018, de <http://gestiondeoperaciones.blogspot.com/2010/01/introduccionlagestiondeoperaciones.htm>

Manual de fabricante UNIFRIO, 2015 recuperado el 28 de abril 2019 de <http://www.cuartofrio.mx/definicion-de-cuarto-frio/>

Aguilar, C 2008 EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE SISTEMAS FRIGORÍFICOS CHILLERS recuperado el 20 de abril 2019 de <http://ribuni.uni.edu.ni/474/1/26212.pdf>.

Quiminet, 2006 recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-chiller-17260.htm> el 27 de abril de 2019

Clever, M. Kiefer, R. Opitec 2007

Gómez. G, 2001 Contabilidad. Recuperado diciembre 8 de 2018 <https://www.gestiopolis.com/manuales-procedimientos-uso-control-interno/>

CedronM,2011recuperadoel23deabril2019de<https://todocalderas.com.ar/articulos/definiciones-de-calderas>

Curzo,C.Tomo1Calderas,recuperado23deabril2019<http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/arcivoz/curzoz/calderas.pdf>

A. y F. Fontanet SRL (2012), Departamento Técnico. Recuperado el 20 de enero de 2020 de <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/mantenimiento-de-calderas-t29356.htm>

W. Barreto (2005), Calderas de vapor. Recuperado el 25 de enero, del 2020 de <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/mantenimiento-de-calderas-t29356.htm>

<https://es.slideshare.net/jorgecardoz/instalacion-de-calderas>

<https://es.slideshare.net/jorgecardoz/instalacion-de-calderas>

[www.trane.com](http://www.trane.com)

RTAF IOM (español)Enfriadoras con compresores de rotores helicoidales 100 - 500 toneladas.

RTAC IOM Brasil (español) enfriadora de líquido tipo tornillo enfriada por aire 140 - 500 toneladas.

Catalogo\_IOM-CGAM(CG-SVX18D-ES) small 20 - 130 toneladas enfriadas por aire scroll.

Catalogo\_IOM-RTAC-Plus (RTAC-SVX001A-ES) 140 - 300 toneladas enfriador de líquido a aire.

Catalogo-IOM(CGAD-SVN02C-ES-1115) small 20 - 150 toneladas enfriadas por aire.

EWAQ-BA\_EWYQ-BA\_4PWES70082-1B\_Installation manuals\_Spanish Chiller.

BCT-067-CHLLS-MINICHILLERS-CHILLERS-MODULARES.

<https://www.empresaeficiente.com/blog/usos-principales-de-las-camaras-frigorificasindustriales/>

<https://hongdacafri.com/camaras-frigorificas-industriales-caracteristicas/>

<https://www.gildardoyanez.com/tips/ciclo-de-refrigeracion/>

<https://docplayer.es/37435123-Elementos-auxiliares-de-un-sistema-frigorifico-y-analisis-funcional.html>

<https://personales.unican.es/renedoc/Trasparencias%20WEB/Trasp%20Tec%20Frig/003%20Elem%20Maq%20Frig.pdf>

Cruz. E. 2001. Diseño de cuartos fríos del matadero de Carazo. Recuperado de Hemeroteca FTI.

Bohn, 10 tips para una instalación éxitos, Boletín No. 22 agosto 2000, 10 pág.

Bohn, Guía de instalación y mantenimiento del sistema de refrigeración, jun2003, 40 pág.

Bohn, Mantenimiento Preventivo, Boletín No. 6, junio 1998, 4pág.

Bohn, Tips para el dimensionamiento de tuberías en los sistemas de refrigeración comercial e industrial, Boletín No. 23, febrero 2001, 7 pág.

Bohn, Unidades Condensadoras uso interior, Boletín No. 573,1 4pág.

Frigus Bohn Problemas de la presión de aceite en el sistema de refrigeración,  
Boletín No. 3 mayo 1998, 7 pág.

Frigus Bohn, El flujo de refrigerante en los evaporadores, Boletín No.10, agosto 1998, 6 pág.

Frigus Bohn, Manual de Ingeniería H-ENG-1 APM, febrero 1999, 34pág.

Frigus Bohn, Principios de refrigeración, Boletín No. 2, abril 1998, 6pág.

Frigus Bohn, Recomendaciones básicas en la instalación de los compresores,  
Boletín No. 1, marzo 1998, 4pág.

Compilacion\_de\_Leyes\_y\_Normativas\_Higiene.managua,2008.

[http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/16624DBD812ACC1B06257347006A6C8C?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/16624DBD812ACC1B06257347006A6C8C?OpenDocument)

<http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aeea87dac762406257265005d21f7/6605448e4429fc050625771a0071fb9d?OpenDocument>

## Anexos

### Anexos – Capítulo I

#### Caldera

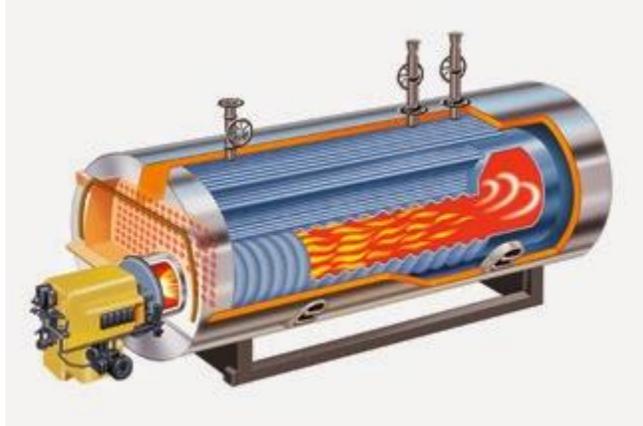


Fig. 1. Caldera pirotubular.



Fig. 2. Caldera pirotubular.

# Chiller

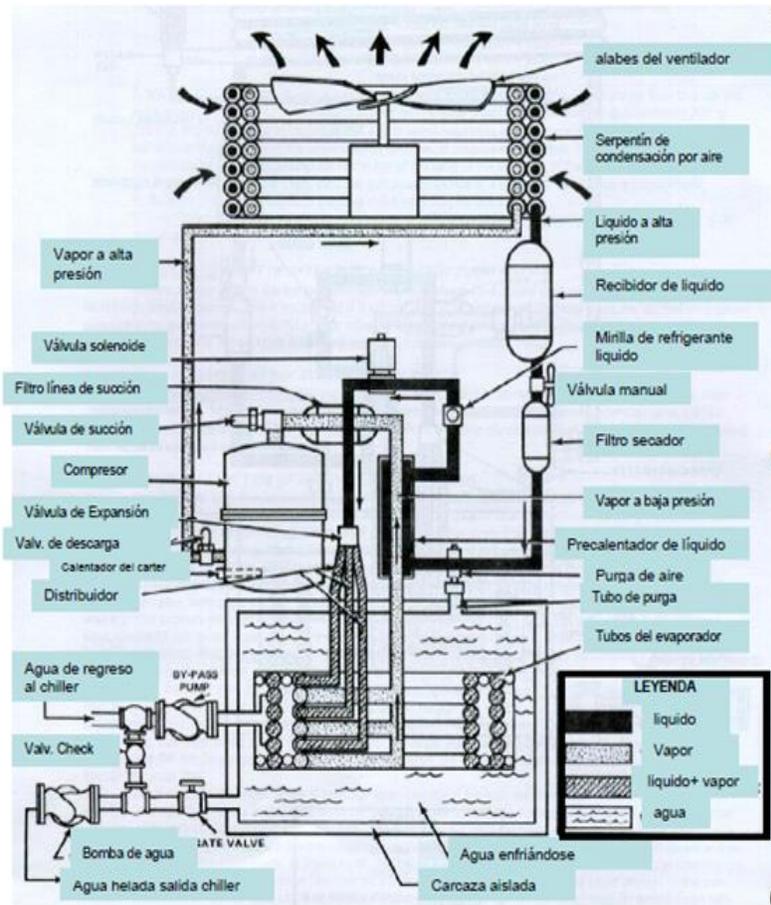


Fig. 3. Componentes principales de un chiller enfriado por aire.



Fig. 4. Componentes principales de un chiller.

## Cuarto Frio

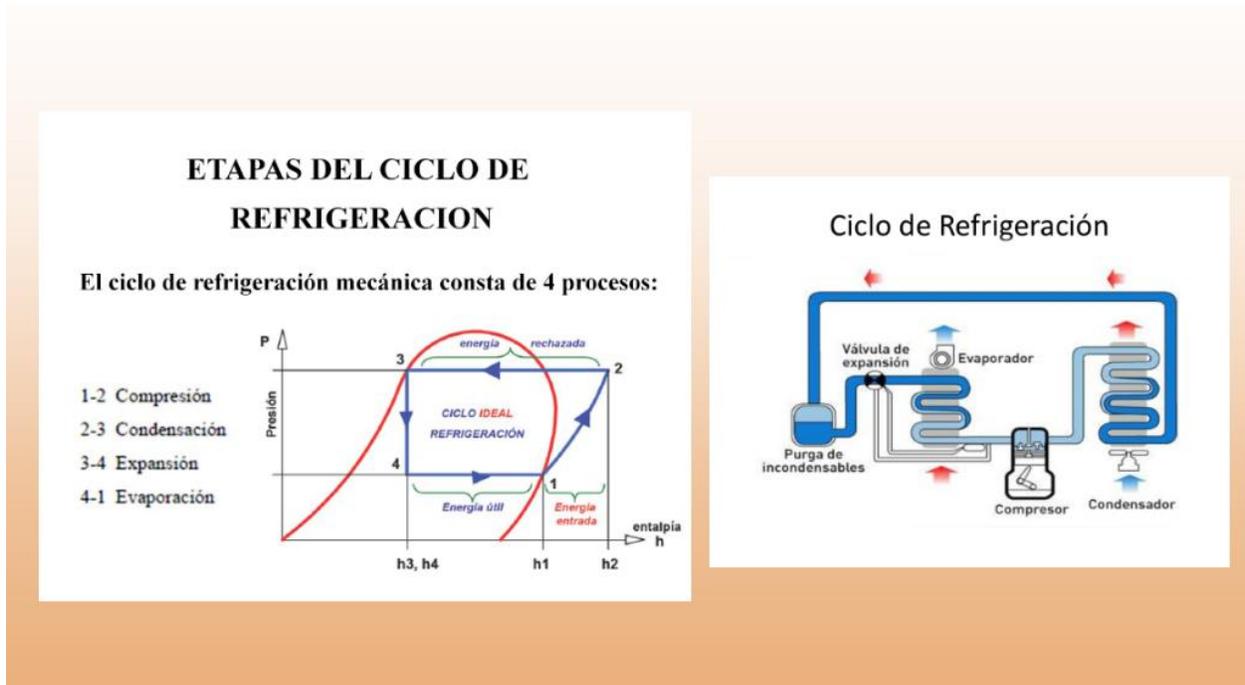


Fig. 5. Componentes y el diagrama (p – h) de un ciclo de refrigeración.

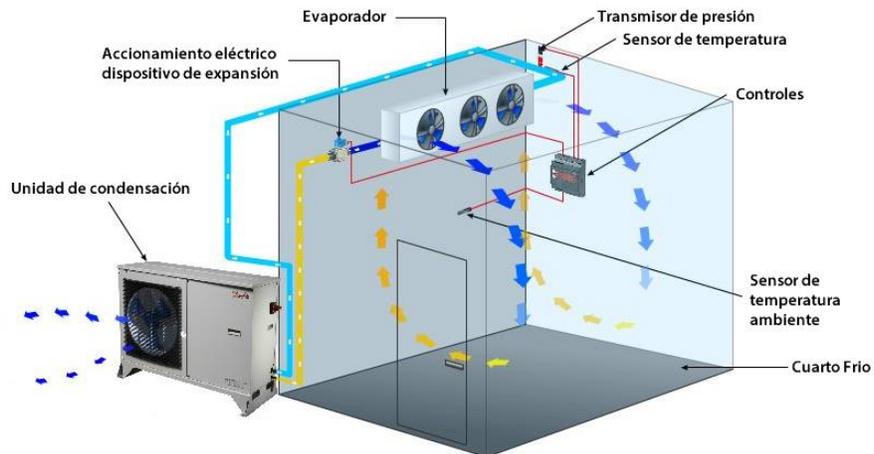


Fig. 6. Componentes principales de un cuarto frío.

## Anexos – Capítulo II

### Caldera

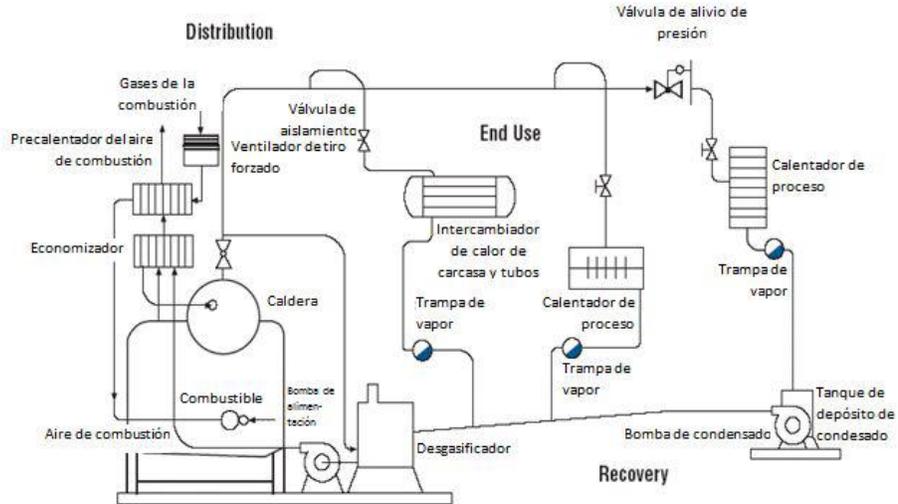
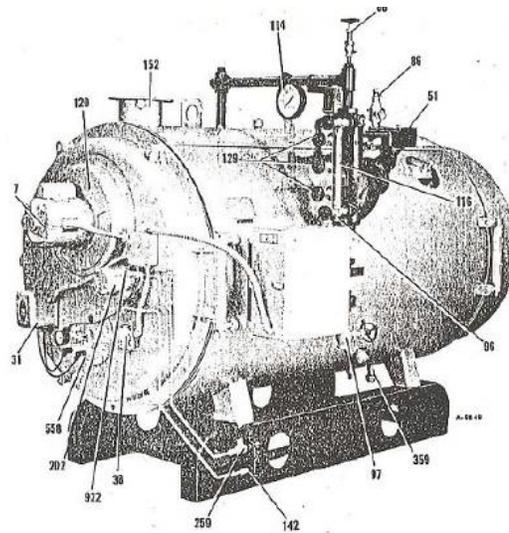


Fig. 7. Optimización de sistemas de vapor industrial.



- |   |   |
|---|---|
| 7. Motor del ventilador.                    | 120. Compuerta de aire secundario.          |
| 31. Motor de ignición.                      | 129. Grifos de prueba.                      |
| 38. Válvula solenode (primaria).            | 142. Conexión de suministro de combustible. |
| 51. Control de bajo nivel.                  | 152. Base de la chimenea.                   |
| 86. Válvula de seguridad.                   | 202. Bomba de combustible (de dos pasos).   |
| 88. Válvula de prueba.                      | 259. Válvula de retención.                  |
| 96. Purga del cristal de nivel.             | 359. Válvula de drenaje.                    |
| 97. Válvula de purga de la columna de agua. | 558. Aislador.                              |
| 114. Manómetro.                             | 922. T para cebado.                         |
| 116. Cristal de nivel.                      |   |

Fig. 8. Procedimientos de puesta y marcha de calderas pirotubulares.

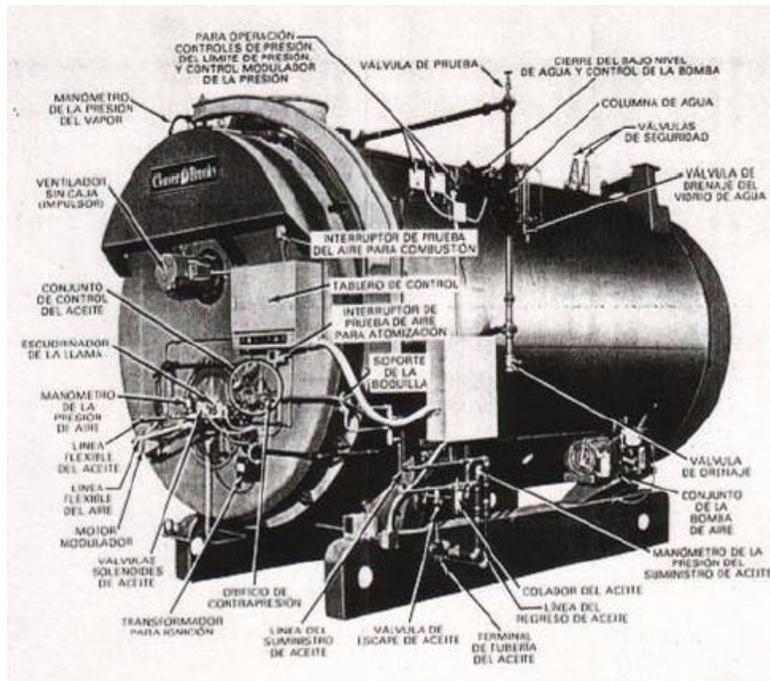
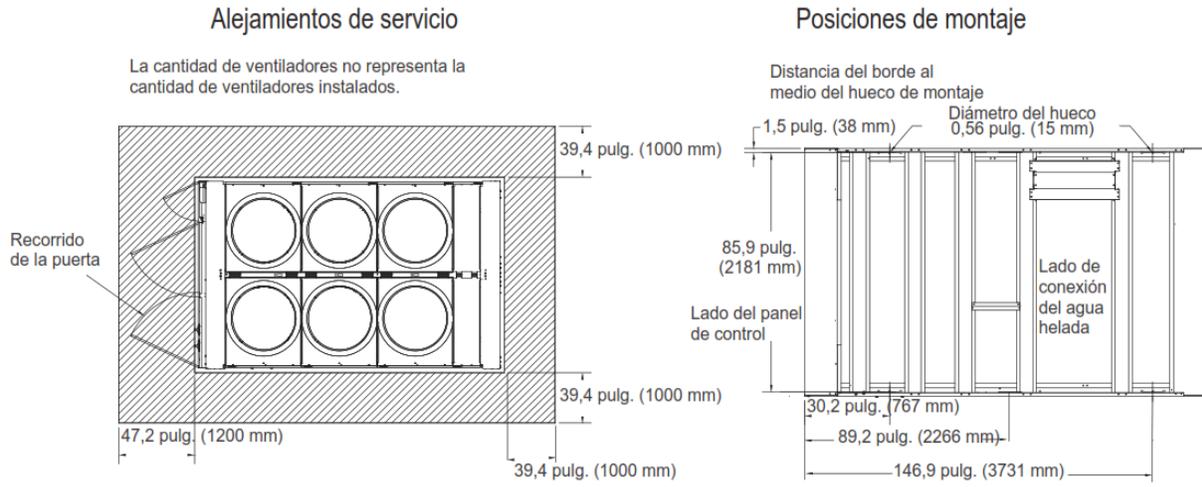


Fig. 9. Procedimientos de puesta y marcha de calderas pirotubulares.

				<b>FICHA TECNICA</b>	
EQUIPO:				CODIGO:	
FABRICANTE:					
MODELO:	TIPO:	CAPACIDAD:	PRECIO DE COMPRA:		
PESO:	AREA:	SERIE No.:	FLETE:		
SERVICIOS:				INSTALACION:	
AIRE: <input checked="" type="radio"/>	AGUA: <input type="radio"/>	GAS: <input type="radio"/>	VAPOR: <input type="radio"/>		
LUGAR:	ESPECIFICACIONES DEL MOTOR			TOTAL:	
FABRICANTE:	MODELO:	TIPO:	H.P.:		
VOLTIOS:	RPM:	CICLOS:	FASE:	SERIE:	
EQUIPO AUXILIAR					
REPUESTOS QUE SE MANTIENEN EN EXISTENCIA					

Fuente: ENABAS

# Chiller



Puede necesitarse una distancia mayor para el flujo de aire,

Seis posiciones de montaje en total.

Fig. 10. Alojamiento y posiciones de montaje del Chiller.

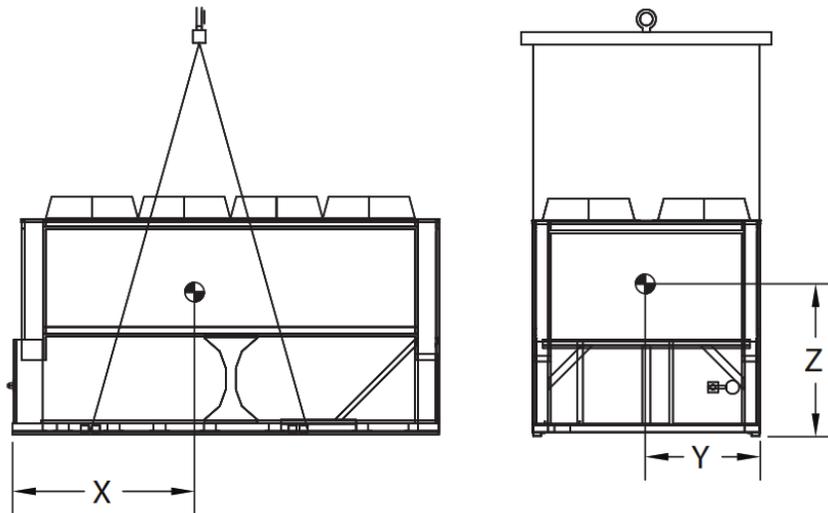


Fig. 11. Maniobras para el proceso de elevación.

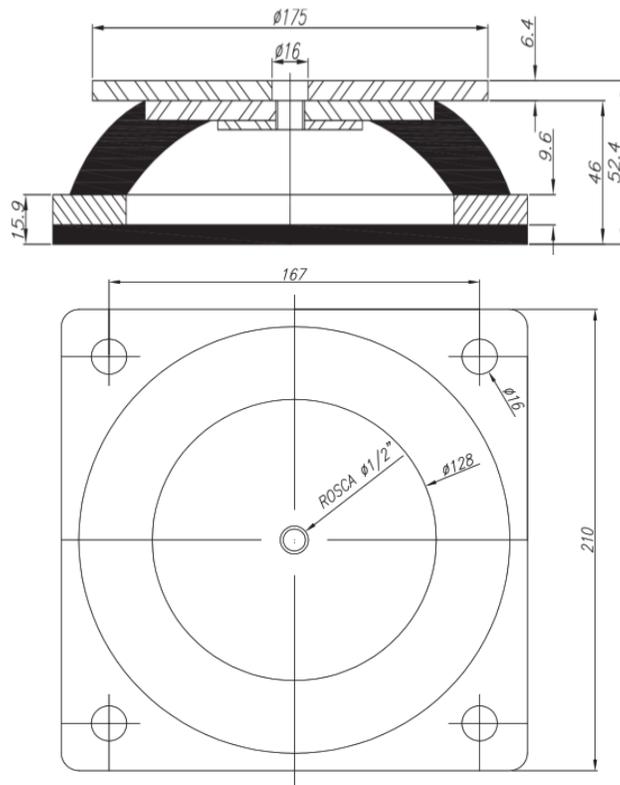


Fig. 12. Dimensiones del aislador elastómerico en mm.

**Tabla N° 1. Carga, deflexión, dureza y color del aislador elastomerico según dimensiones**

EXT	Carga máx. m cada (lbs)	Deflexión (mm)	Dureza (Shore A)	Color
01	500 Kgf	12.7	45	GRIS
02	825 Kgf	12.7	60	MARRÓN
03	1250 Kgf	12.7	75	ROJO

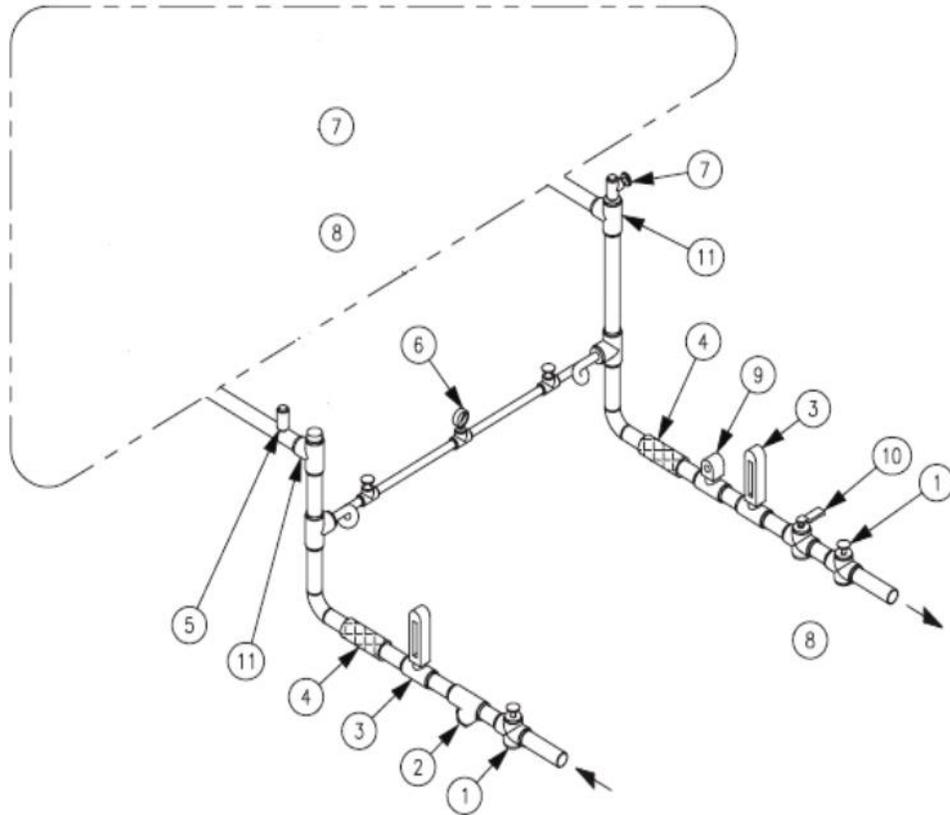


Fig. 13. Tubería de la recuperación parcial del calor.



Fig. 14. Control energizante de un sistema Chiller.

<b>Lista de verificación de la instalación</b>	
Nombre del servicio local del servicio	
Modelo #	Número de serie
Pedido # Fecha de envío	Elevación del servicio (pies por sobre el nivel del mar)
Recepción	
	Verificar si la etiqueta de identificación de la unidad corresponde con la información del pedido
	Inspeccionar la unidad en lo que respecta a defectos de transporte y falta de material. Informar cualquier daño a la transportadora.
<b>Ubicación y montaje de la unidad</b>	
	Inspeccionar el lugar deseado para la instalación y verificar los espacios adecuados para el acceso de servicio.
	Proporcionar drenaje para el agua del evaporador
	Eliminar y descartar todos los materiales de transporte (cartones, etc.)
	Instalar los aisladores de neopreno opcionales, si es necesario. Consultar detalles en el IOM.
	Nivelar la unidad y sujetarla a la superficie de montaje.
<b>Tubería de la unidad</b>	
<i>Cuidado: si se está utilizando una solución de limpieza comercial ácida, construir un desvío temporal alrededor de la unidad para evitar daños a los componentes internos del evaporador. Para evitar posibles daños al equipo, no utilizar agua no tratada o tratada de forma impropia.</i>	
	Lavar toda la tubería de agua de la unidad antes de ejecutar las conexiones finales a la unidad.
	Conectar la tubería del agua al evaporador.
	Instalar manómetros y válvulas de cierre en la entrada y en la salida de agua del evaporador.
	Instalar filtros de agua en las líneas de agua refrigerada de entrada.
	Instalar válvulas de equilibrio (arbitrario) e interruptores de flujo en las líneas de agua de salida
	Instalar drenajes con válvulas de cierre y conectores en el tanque de agua del evaporador.
	Ventilar los sistemas de agua refrigerada en los puntos superiores de la tubería del sistema.
<b>Cableado eléctrico</b>	
<b>ADVERTENCIA:</b> <i>para evitar heridas e incluso la muerte, desconectar la alimentación antes de completar las conexiones de cableado en la unidad.</i>	
	Verificar si las conexiones están firmes en el cableado de alimentación de la unidad con el interruptor con fusible para el bloque de terminales, interruptor montado en la unidad o disyuntor.
	Verificar si las conexiones de cableado de control de 115 voltios para la bomba de agua refrigerada están firmes.
	Verificar el cableado del interbloqueo, control de la bomba de agua refrigerada, interbloqueo del flujo de agua refrigerada y auto/stop externo. Para obtener más detalles, consultar el IOM o sus dibujos esquemáticos de la unidad.
	Si se usan contactos de alarma, contacto de advertencia de límite, detención de emergencia, fabricación de hielo, punto de configuración externo de agua refrigerada o punto de configuración externo de límite de corriente, consultar más detalles en el IOM y en el cableado de la unidad.
	Cableado de la alimentación de control aislado en el compartimento del panel de control/panel de arranque.
	¿Se encuentra la bomba de agua refrigerada controlada por el CH530 de otros (círculo uno)?
<b>Verificación antes del arranque</b>	
	Inspeccionar todas las conexiones de cableado. Las conexiones deben estar limpias y firmes.
	Energizar los calentadores del separador de aceite y cárter 24 horas antes de la activación
	Confirmar si todas las válvulas de servicio y aislamiento están abiertas
	Confirmar la secuencia de fases "A-B-C"
	Completar el circuito de agua refrigerada. Glicol % glicol por peso
	Cerrar el interruptor de desconexión con fusible para el motor de arranque de la bomba de agua refrigerada.
	Arrancar las bombas de agua, verificar pérdidas y efectuar reparaciones.
	Con el agua fluyendo, ajustar los flujos de agua, verificar caídas de presión y ajustar los interruptores de flujo.
	Retornar las bombas a la posición automática
	Inhabilitar la activación de la máquina con detención externa o detención de emergencia hasta el arribo del mecánico de activación

Fuente: Manual Trane

## Cuarto Frio

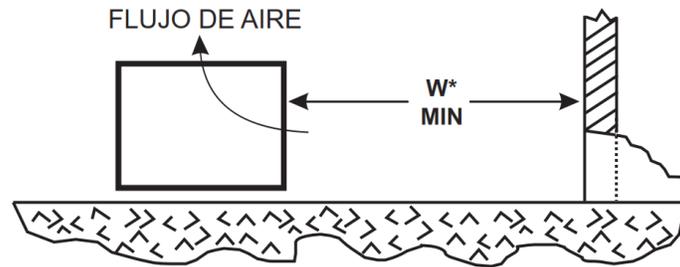


Fig. 15.  $W$ = ancho total de la unidad condensadora o condensador.

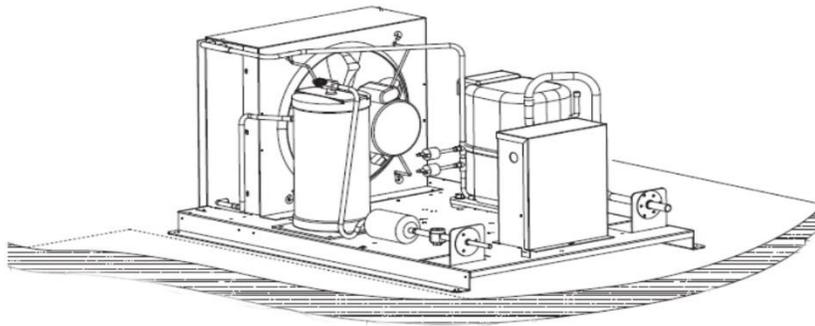


Fig. 16. Montaje de la unidad condensadora.

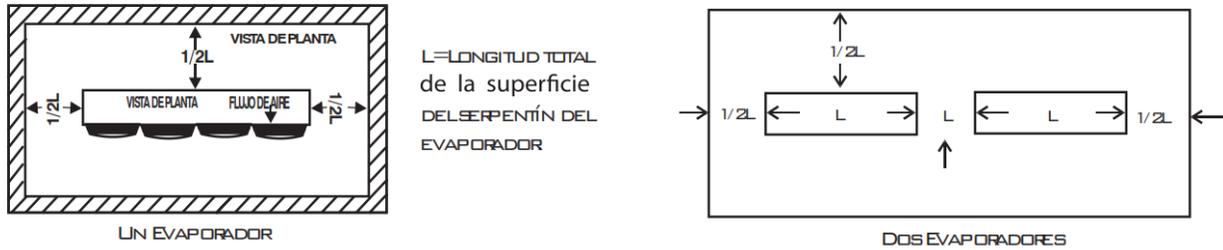


Fig. 17. Dimensiones de longitud total del evaporador.

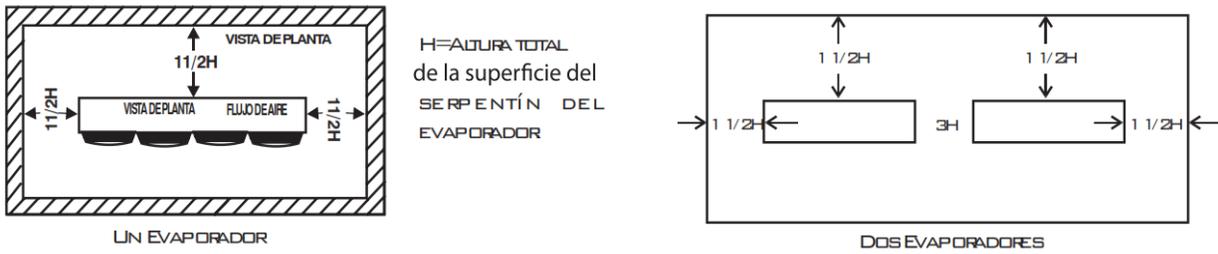


Fig. 18. Dimensiones de altura total del evaporador.



Fig. 19. Dimensiones entre centros.

Tabla N° 2. Valores máximos y mínimos para el montaje de evaporadores al centro.

E		S		M		T	
Máx. (m)	Mín. (m)						
7.6	0.6	6.1	0.9	12.2	0.9	12.2	1.8

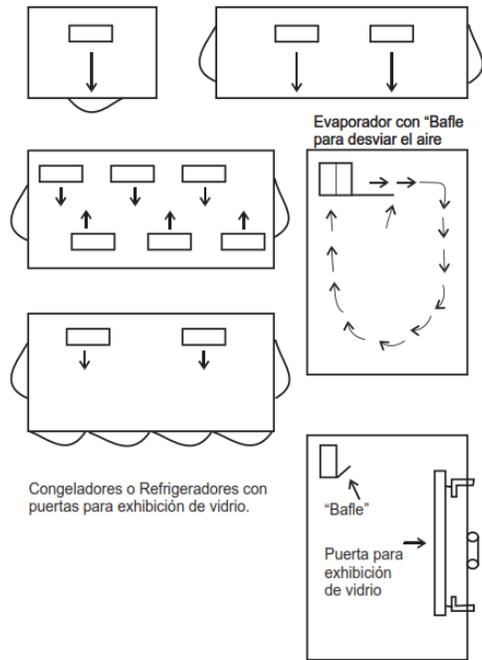


Fig. 20. Colocación del evaporador.

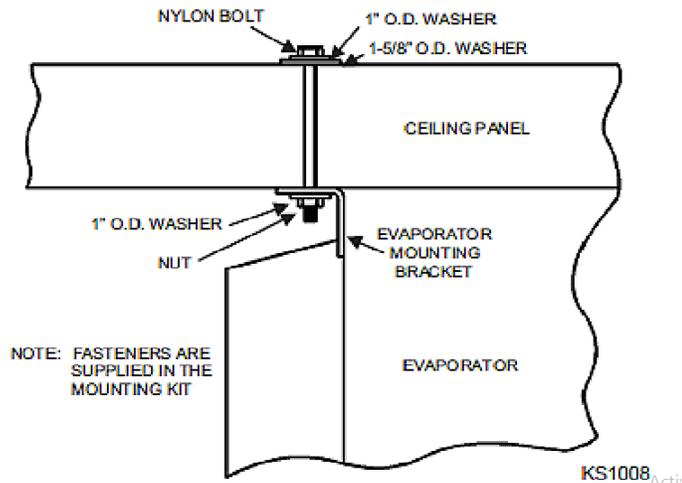


Fig. 21. Detalle del montaje del evaporador.

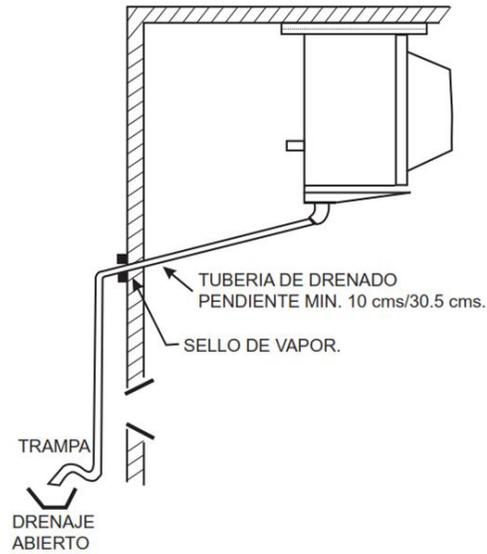


Fig. 22. Tubería de drenado.

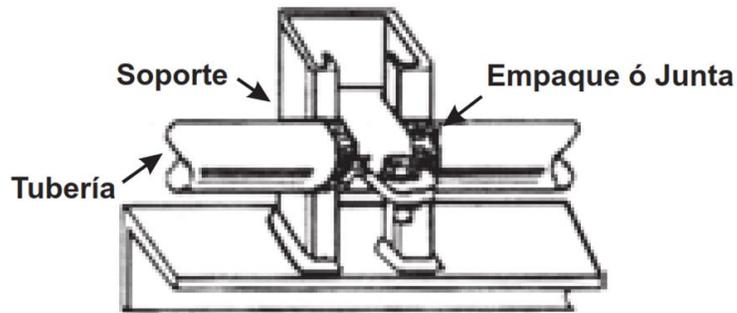


Fig. 23. Ejemplo de soporte de la tubería.

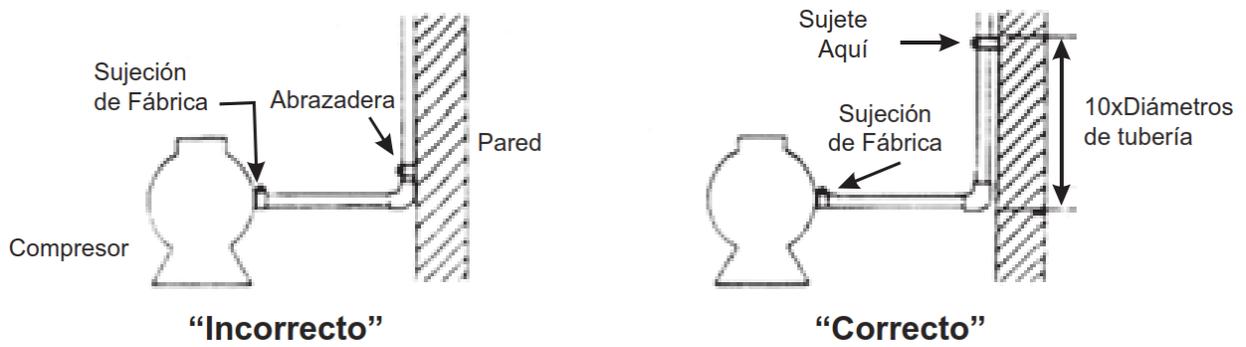


Fig. 24. Unidad condensadora/compresor/pared de apoyo.

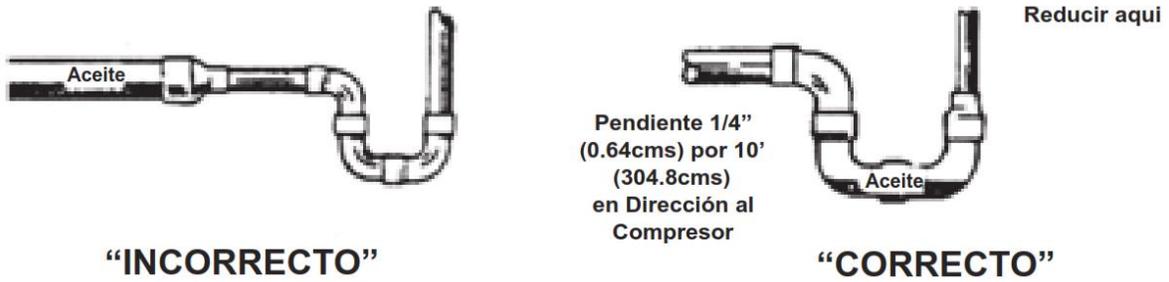


Fig. 25. Trampas tipo “P” en la succión.

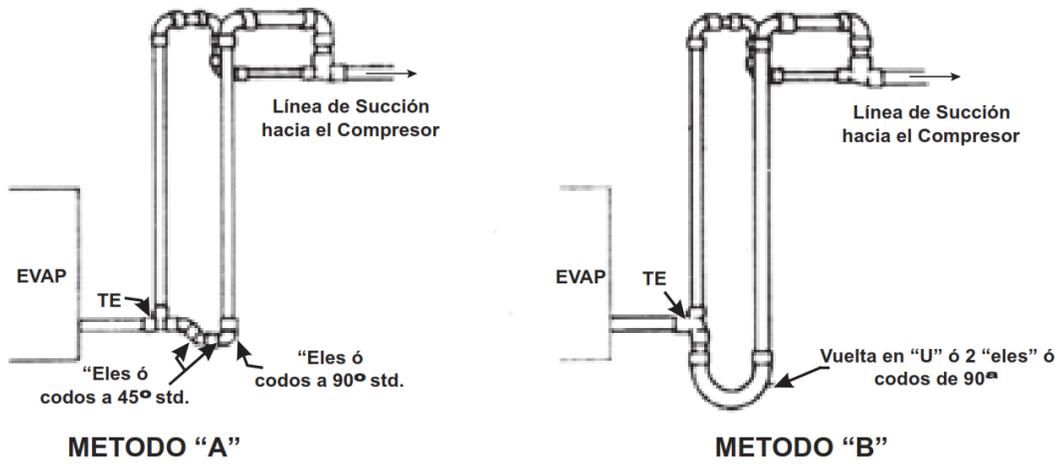


Fig. 26. Construcción de doble elevador de succión.

**Tabla N° 3. Diámetros de Tuberías Recomendadas para Condensador Remoto.**

Capacidad Del Sistema Kcal/Hr.	DIÁMETRO DE LA LÍNEA DE SUCCIÓN (pulg.)														
	TEMPERATURA DE SUCCION.														
	-12.2°C						-23.3°C						-28.9°C		
	Longitud equivalente (m.)						Longitud equivalente (m.)						Longitud equivalente (m.)		
	7.62	15.24	22.86	30.48	45.72	60.96	7.62	15.24	22.86	30.48	45.72	60.96	7.62	15.24	22.86
1512	½	½	5/8	5/8	7/8	7/8	½	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8
2268	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
3024	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8
3778	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
4534	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

**Tabla N° 4. Diámetros de tuberías recomendadas para condensador remoto.**

DIÁMETRO DE LA LÍNEA DE SUCCIÓN (pulg.)												DIÁMETRO DE LA LÍNEA DE LÍQUIDO.						Capacidad del sistema Kcal/Hr.
TEMPERATURA DE SUCCIÓN.												Longitud equivalente Del recibidor a la válvula De expansión.						
-34.4°C Equivalente (m.)						-40°F Longitud equivalente (m.)												
7.62	15.24	22.86	30.48	45.72	60.96	7.62	15.24	22.86	30.48	45.72	60.96	7.62	15.24	22.86	30.48	45.72	60.96	
5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1512
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	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	2268
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	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	3024
7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	3778
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	1 3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	4534

**Tabla N° 5. Diámetros recomendados de las tuberías para R – 404a.**

Capacidad Neta del Evaporador (Kcal/Hr)	Longitud total equivalente (m.)	R-134 <sup>a</sup>		R-22		R-507 y R-404 <sup>a</sup>	
		Tubería de descarga (D.E.)	Tubería de liquido del Cond. Al Rec (D.E.)	Tubería de descarga (D.E.)	Tubería de liquido del Cond. Al Rec (D.E.)	Tubería de descarga (D.E.)	Tubería de liquido del Cond. Al Rec (D.E.)
756	15.24	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
	30.48	1/2	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
1512	15.24	1/2	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8
	30.48	1/2	3/8	1/2	3/8	1/2	3/8
2268	15.24	5/8	3/8	1/2	3/8	1/2	3/8
	30.48	5/8	3/8	1/2	3/8	5/8	3/8
3024	15.24	5/8	1/2	1/2	3/8	1/2	3/8
	30.48	7/8	1/2	5/8	3/8	5/8	3/8
4536	15.24	7/8	1/2	1/2	3/8	5/8	1/2
	30.48	7/8	1/2	5/8	3/8	5/8	1/2

**Tabla N° 6. Peso de los Refrigerantes en las Líneas de Cobre durante la Operación (kg por 30.48m. Lineales de tubería tipo “L”)**

D.E. de la Línea (pulg.)	Refrigerante	Línea de liquido	Línea de gas caliente	Línea de succión a temperatura de succión				
				-40°C	-28.9°C	-17.8°C	-6.7°C	4.4°C
3/8	134 <sup>a</sup>	1.81	.07	.004	.004	.009	.018	.027
	22	1.77	.10	.009	.013	.018	.027	.036
	R507, R404A	1.54	.14	.013	.018	.027	.041	.059
1/2	134 <sup>a</sup>	3.35	.13	.004	.013	.018	.032	.049
	22	3.35	.18	.013	.022	.032	.049	.068
	R507, R404A	2.90	.26	.018	.032	.059	.072	.109
5/8	134 <sup>a</sup>	5.39	.21	.009	.022	.032	.054	.077
	22	5.35	.29	.022	.039	.054	.077	.113
	R507, R404A	4.67	.42	.032	.049	.077	.113	.158
7/8	134 <sup>a</sup>	11.20	.45	.023	.045	.068	.109	.163
	22	11.06	.61	.045	.072	.109	.163	.231
	R507, R404A	9.61	.87	.068	.104	.167	.231	.326



Fig. 27. Filtro deshidratador.



Fig. 28. Ensanchado de tubería.



Fig. 29. Indicadores de líquido y humedad.

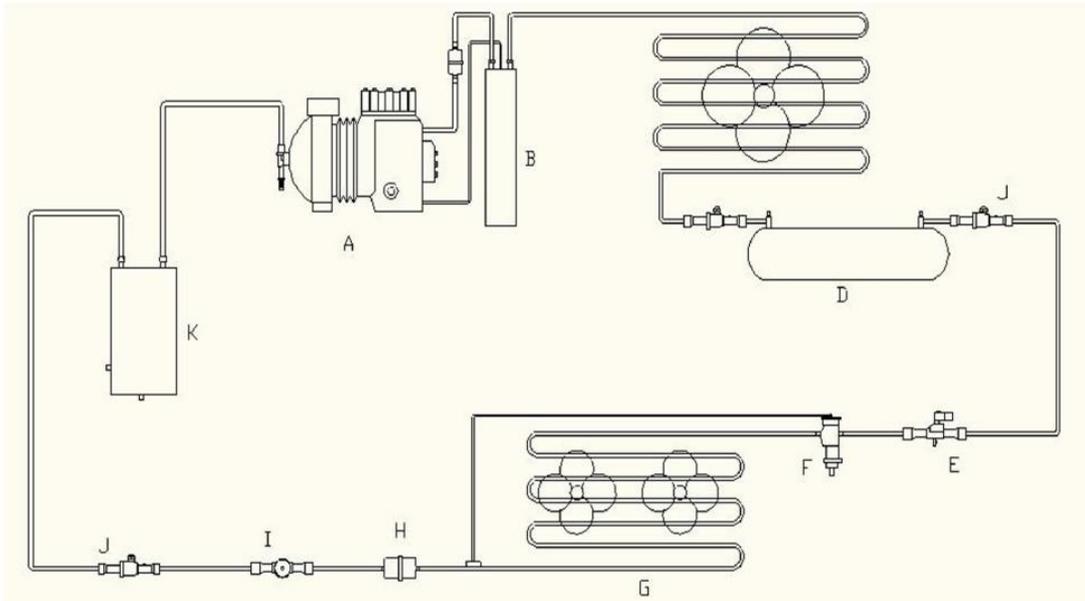


Fig. 30. Diagrama de flujo.



Fig. 31. Detector de fuga de gas.



Fig. 32. Bomba de vacío y vacuómetro.



Fig. 33. Medidor de voltaje, manómetro digital, soplete, termómetro digital.

### Datos de referencia del sistema

La información siguiente debe ser llenada por el técnico ó contratista de la instalación

Datos del sistema instalado:

Nombre y Dirección del instalador:

#### Unidad de condensación

Modelo:

Serie:

Compresor modelo:

Compresor modelo:

Número de serie:

Número de Serie:

#### Datos Eléctricos:

Volts

Fases

Voltaje en el compresor

L1

L2

L3

Amperaje en el compresor

L1

L2

L3

#### Evaporador(es)

Evaporador modelo:

Evaporador modelo:

Número de serie:

Número de serie:

#### Datos Eléctricos:

Volts

Fases

Modelo y Marca de la Válvula de Expansión:

Temperatura amb. al arranque:

°C

°C

Temperatura de cuarto de diseño:

°C

°C

Temperatura de cuarto de operación:

°C

°C

Ajuste de Termostato:

°C

°C

Ajuste del Deshielo:  / día

Tiempo de seguridad para el deshielo en min.

/ día

Tiempo de seguridad para el deshielo en min.

#### Refrigerante

Presión de descarga del compresor:

Psig

Psig

Presión de succión del compresor:

Psig

Psig

Presión de descarga de la bomba de aceite:

Psig

Psig

Diferencial de presión de aceite:

Psig

Psig

Temperatura de la línea de succión a la entrada del compresor:

°C

°C

Temperatura de la línea de descarga a la salida del compresor:

°C

°C

Sobrecalentamiento del compresor:

°C

°C

Temperatura de la línea de succión en el evaporador:

°C

°C

#### Sobrecalentamiento en el Evaporador

Tipo de aceite y viscosidad

Vacío # de veces:

Micrones finales

/ # de veces

Micrones finales

Tiene ciclo de bombeo completo:

Si

No

Si

No

Trampa de Vapor en la Línea dren del Evaporador fuera del Cuarto:

Si

No

Nivel de Aceite de la Mirilla del Compresor

1/4

1/2

Vacío

/1/4

1/2

Vacío

Ubicación de la VSL:

Al pie de la U.C.

Si

No

Cerca de la VET.

Si

No

Comentarios previos a la falla:

Fuente: Bohn México.

## Anexos – Capítulo III

**Tabla N° 7. Personal administrativo.**

<b>CARGO</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>AREA</b>
<b>Jefe de Mantenimiento</b>	1	Administrativa
<b>Supervisor</b>	1	Administrativa
<b>Técnico Eléctrico</b>	1	Electricidad Industrial
<b>Técnico en Refrigeración</b>	1	Refrigeración
<b>Operador</b>	3	Operadores
<b>Fontanero</b>	1	Obra Civil

### Caldera

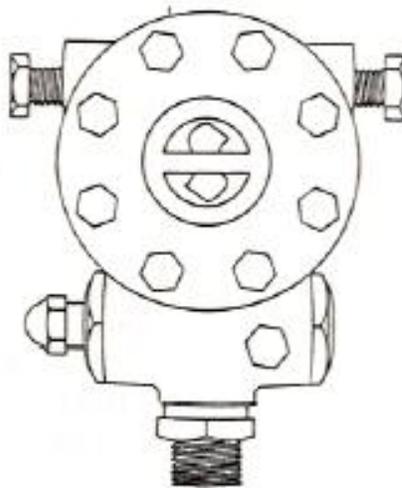


Fig. 34. Bomba de combustible.

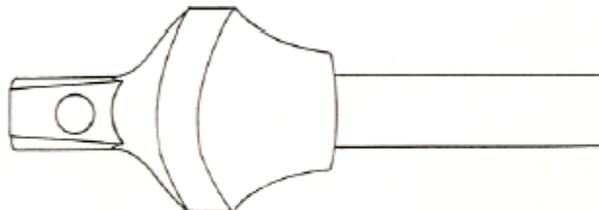


Fig. 35. Acoplamiento de la bomba.





### CONTROL GENERADOR DE VAPOR

FECHA \_\_\_\_\_ A LAS \_\_\_\_\_ OPERADOR \_\_\_\_\_  
 TURNO DESDE \_\_\_\_\_

RESPONSABILIDADES	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00
1.- PRESION DE VAPOR EN CALDERA (BAR)													
2.- PRESION COMBUSTIBLE DE ALIMENTACION DEL QUEMADOR (PSI)													
3.- PRESION DEL COMBUSTIBLE DEL RETORNO DEL QUEMADOR (PSI)													
4.- TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE ( Q C )													
5.- TEMPERATURA DEL AGUA DE ALIMENTACION (Q C)													
6.- TEMPERATURA DE LOS GASES DE ESCAPE (Q C)													
7.- DEPRESION DEL TRABAJO DEL HOGAR (mm Hg)													
8.- PRESION BOMBA DE ALIMENTACION DE AGUA EN MARCHA (PSI)													
9.- PURGAS.													
ALTA													
MEDIA													
BAJA													
10.- NIVEL DE COMBUSTIBLE TANQUE # _____													
11.- NIVEL DE QUIMICOS ( )													
12.- APLICACION DE QUIMICOS (TRAT. INTERNO)													
13.- REGULACION DEL TIRO FORZADO													
14.- CONSUMO DE AGUA DE ALIMENTACION													
15.- TEMP. DE CALEFACCION DE COMBUSTIBLE BUNQUER (Q F)													
QUEMADOR 1													
QUEMADOR 2													
QUEMADOR 3													
16.- NIVEL DE CALDERA (MM)													
17.- NIVEL DE CALENTADOR DE AGUA (MM)													
18.- NIVEL DE TANQUE DE CONDENSADO (MM)													
19.- PRESION DE LA BOMBA DE CONDENSADO EN MARCHA													
20.- TEMPERATURA DEL CONDENSADO													
21.- TEMPERATURA DEL TANQUE CALENTADOR													
OBSERVACIONES: _____													
_____													
_____													

Fuente: ENABAS.

## Chiller

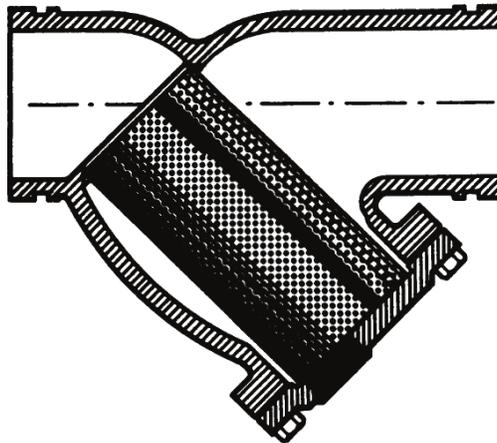


Fig. 36. Filtro de agua.

Planilla de Mantenimiento	
Nombre del servicio	Lugar del servicio
Modelo #	Número de serie
N° pedido Fecha de envío	Elevación del servicio (pies por sobre el nivel del mar)
<b>Setpoint</b>	
Unidades de temperatura (grados) del panel frontal (circular uno)	F o C
Punto de configuración del agua refrigerada del panel frontal	
Límite de corriente del panel frontal	
Diferencial para detención	
Diferencial para arranque	
Interrupción por la temperatura de agua de salida	
Interrupción por baja temperatura del refrigerante	
Límite del condensador	
Punto de configuración de bloqueo por baja temperatura ambiente	
Bloqueo por baja temperatura ambiente (circular uno)	Habilitar o inhabilitar
Protección contra sub/sobretensión	Habilitar o inhabilitar
Presión atmosférica local	psi
Temperatura delta proyectada	
Tipo de restablecimiento (circular uno)	Ninguno Tipo restab. retorno temp. aire externo retorno constante
Tasa de restablecimiento de retorno	%
Restablecimiento de arranque de retorno	
Restablecimiento máximo de retorno	
Tasa de restablecimiento externo	%
Restablecimiento de arranque externo	
Restablecimiento máximo externo	
Tiempo de retardo de la bomba de agua refrigerada	minutos
Tiempo de ajuste de filtrado del punto de configuración de agua refrigerada	s
Rango inactivo de escalonamiento del compresor	
<b>Compresor Service</b>	
Estado de la unidad	
Control del circuito 1	
Bloqueo del circuito del panel frontal (circular uno)	Bloqueado o desbloqueado
Válvula de expansión electrónica (circular uno)	Abierta o auto
Control del circuito 2	
Bloqueo del circuito del panel frontal (circular uno)	Bloqueado o desbloqueado
Válvula de expansión electrónica (circular uno)	Abierta o auto
<b>Configuration</b>	
Plaqueta de identificación	
Modelo #	
Código de confirmación	
Número de serie	

Fuente: Manual Trane.

Planilla de Mantenimiento						
Nombre del servicio	Lugar del servicio					
Modelo #	Número de serie					
<b>Setpoint</b>						
Carpeta del enfriador	15 min	30 min	45 min	15 min	30 min	45 min
Modo de funcionamiento						
Temperatura de aire externo F o C						
Pto. config. activo agua refrigerada F o C						
Pto. config. activo de límite de corriente						
Temp. del agua de entrada en el evap. F o C						
Temp. del agua de salida en el evap. F o C						
	<b>Carpeta circuito 1</b>			<b>Carpeta circuito 2</b>		
Bloqueo con hardware externo	No bloqueado/bloqueado			No bloqueado/bloqueado		
	No bloqueado/bloqueado			No bloqueado/bloqueado		
	15 min	30 min	45 min	15 min	30 min	45 min
Flujo de aire %						
Velocidad del inversor %						
Presión refrig. en el condensador psig/kPa						
Temp. saturada refrig. condensador F o C						
Presión diferencial del refriger. psid/kPa						
Presión del refriger. en el evap. psig/kPa						
Temp. saturada refrig. evaporador F o C						
Posición EXV %						
Nivel de líq. refrig. en el evaporador pul/mm						
	<b>Carpeta compresor 1A</b>			<b>Carpeta compresor 1B</b>		
Modo de funcionamiento						
Horas	h/min			h/min		
Arranques	15 min	30 min	45 min	15 min	30 min	45 min
Tensión fase A-B voltios						
Corriente de línea promedio %RLA						
Corriente línea 1 amps						
Corriente línea 2 amps						
Corriente línea 3 amps						
Corriente línea 1 %RLA						
Corriente línea 2 %RLA						
Corriente línea 3 %RLA						
Solenoides de retorno de aceite del evaporador	abierta/ cerrada	abierta/ cerrada	abierta/ cerrada	abierta/ cerrada	abierta/ cerrada	abierta/ cerrada
Temp. de aceite alimentado F o C						
Presión intermed. aceite psig/kPa						
Solenoides de paso hembra	carga/ descarga	carga/ descarga	carga/ descarga	carga/ descarga	carga/ descarga	carga/ descarga
Interruptor de corte por alta tensión	bueno/ accionado	bueno/ accionado	bueno/ accionado	bueno/ accionado	bueno/ accionado	bueno/ accionado
Comentarios:						

Fuente: Manual Trane.

## Cuarto Frio

REFRIG.	TIPO DE INSTALACION	LINEA DE SUCCION						LINEA DE LIQUIDO					
		TEMPERATURA DE EVAPORACION (°C)						TEMPERATURA DE CONDENSACION (°C)					
		-40	-30	-20	-10	0	10	30	35	40	45	50	55
R-12	Temporal	---	2.5	3.5	5.2	7.3	10.7	12.2	12.7	13.4	14.5	15.8	18.0
	Permanente	---	0.8	1.2	2.0	3.0	4.2	5.0	5.3	5.6	6.1	6.7	7.6
R-22 / R-502	Temporal	2.5	4.0	6.2	8.6	12.0	20.0	18.4	20.3	22.5	24.7	27.7	32.0
	Permanente	0.8	1.5	2.5	3.5	5.0	7.0	7.8	8.4	9.2	10.2	11.3	12.7
R-134a	Temporal	---	3.5	5.0	7.5	10.0	17.0	16.0	18.0	19.0	20.0	24.0	28.0
	Permanente	---	1.0	2.0	3.0	4.5	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	10.0	10.5

Fig. 37. Caída de presión máxima recomendada en filtros deshidratadores.



Fig. 38. Medición para parámetros eléctricos.



**SOLICITUD DE MANTENIMIENTO**

**N° 0000001**

Fecha: \_\_\_\_\_

Hora de Solicitud \_\_\_\_\_

Sector \_\_\_\_\_

Código \_\_\_\_\_

T. Máquina \_\_\_\_\_

Parada de Producción	
( ) Sí	( ) No

Tipo de falla      Mecánica

Eléctrica

Otro

Descripción del Defecto

\_\_\_\_\_  
Solicitante

\_\_\_\_\_  
Dpto. Mantenimiento

Fuente: Bohn México

## RUTINA DE CONTROL EN COMPRESORES

OPERADOR \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

<b>CONTROL DE TEMPERATURA Y PARAMETROS DEL COMPRESOR</b>							
HORA	TEMP °C	V	A	HORA	TEMP °C	V	A
6:00 a. m.				6:00 p. m.			
7:00 a. m.				7:00 p. m.			
8:00 a. m.				8:00 p. m.			
9:00 a. m.				9:00 p. m.			
10:00 a. m.				10:00 p. m.			
11:00 a. m.				11:00 p. m.			
12:00 p. m.				12:00 a. m.			
1:00 p. m.				1:00 a. m.			
2:00 p. m.				2:00 a. m.			
3:00 p. m.				3:00 a. m.			
4:00 p. m.				4:00 a. m.			
5:00 p. m.				5:00 a. m.			

### CONTROL PRESIONES

<b>COMPRESOR 1</b>		
PRESION DE SUCCION	PRESION DE DESCARGA	PRESION DE ACEITE
<b>COMPRESOR 2</b>		
PRESIONDE SUCCION	PRESION DE DESCARGA	PRESION DE ACEITE

*Presiones en PSI, tomadas a las 6 pm y 5 am*

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

Fuente: Bohn México





Anexos – Capítulo IV

Caldera

Tabla N° 8. Revisiones trimestrales de la caldera.

Sistema de vapor	Costo por mano de obra (trimestral) (dólares)		Gastos imprevistos (costo de la revisión) (dólares)
	Técnico	Operador	
6. Subsistema de alimentación de agua. 7. Subsistema de alimentación de combustible. 8. Sistema eléctrico 9. Conjunto del sistema del quemador 10. Cuerpo de la caldera	\$ 936.53	\$ 946.04	\$ 346.08
Total, del costo trimestral.....			\$ 2,228.65

Tabla N° 9. Reparaciones pequeñas de mantenimiento de caldera.

Actividad	Costo por mano de obra (dólares)		Gastos imprevistos (costo de reparaciones) (dólares)
	Contratación	Accesorios Empaques	
3. Conjunto del sistema del quemador 4. Cuerpo de la caldera	\$ 787.87	\$ 58.17	\$ 249.61
Costo total .....			\$ 1,095.65

**Tabla N° 10. Reparaciones medianas de mantenimiento de caldera.**

Sistema de vapor	Costo por mano de obra (dólares)	Accesorios	Costos de accesorios (dólares)
	Contratación		
6. Cuerpo de caldera	\$ 1,622.55	2 tubos de fuego	\$ 853.65
7. Conjunto del sistema del quemador	\$ 454.31	No hay cambio de accesorio	-----
8. Sistema de alimentación del agua	\$ 436.83	4 manómetros	\$ 23.36
		3 válvulas	\$ 29.70
9. Sistema de alimentación de combustible	No hay cambios a nivel interno o externos porque no hay ninguna abolladura, no hay fugas. Solo se realiza el cambio de accesorios	Tubería de combustible	\$ 399.39
		Filtro de combustible	\$ 38.93
10. Sistema eléctrico	\$ 324.50	No hay cambio de accesorio	-----
Costos sumados .....			\$ 4,183.22
10% de costos imprevisto .....			\$ 321.79
Costo total .....			\$ 4,505.01

**Tabla N° 11. Reparaciones generales del mantenimiento de caldera.**

Actividad	Accesorios, piezas y componentes	Costos (dólares)	Costo de mano de obra (contratación) (dólares)
Cambiar el 50 % de los tubos de fuego de mayor deterioro	7 tubos AC ASM	\$ 2,987.79	\$ 3,225.92
Cambiar el 50 % las tuberías de mayor deterioro y realización de pintura en las tuberías	Tubos de presión	\$ 399.39	
	Filtro	\$ 75.28	
	2 galones de pintura de aceite	\$ 249.61	

Cambio de ladrillo refractarios	Ladrillos refractarios	\$ 939.58
	5 empaques para tortuga	\$ 45.42
Cambio o reparación de ventilador y bombas	Gastos imprevistos	
Reparación de estructura de hierro	Gastos imprevistos	
Cambio de aislamiento	Fibra de cerámica	\$ 953.91
Cambio de los aparatos de medición, control y seguridad	4 manómetros	\$ 23.36
	Válvula de seguridad	\$ 593.20
	3 válvulas	\$ 29.70
	Válvula de globo	\$233.64
Reparación de puertas	Empaque manhole elíptico	\$ 79.87
Reparación de chimeneas	Gatos imprevistos	
Cambio de piezas desgastadas	Gastos imprevistos	
Pintura de caldera	2 galones de pintura de aluminio de alta temperatura	\$ 186.91
Costos de los materiales + la mano de obra	\$ 6,797.66	
10% de gastos imprevistos	\$ 1,002.35	
Costo total de la reparación en general	\$ 11,025.93	

**Tabla N° 12. Resumen de los costos de caldera.**

	<b>Revisión trimestral</b>	<b>Reparación pequeña</b>	<b>Reparación mediana</b>	<b>Reparación general</b>
<b>Tiempo entre actividad</b>	<b>780 horas</b>	<b>1560 horas</b>	<b>1560 horas</b>	<b>31,200 horas</b>
<b>Tiempo en realizar la tarea</b>	<b>8 horas</b>	<b>16 horas</b>	<b>24 horas</b>	<b>32 horas</b>
<b>Personal que realiza la tarea</b>	<b>Técnico y el operador</b>	<b>Contratista, técnico y operador</b>	<b>Contratista, técnico y operador</b>	<b>Contratista, técnico y operador</b>

<b>Costos</b>	<b>\$ 346.08</b>	<b>\$ 1,095.65</b>	<b>\$ 4,505.01</b>	<b>\$ 11,025.93</b>
<b>Costos anuales</b>	<b>Sumatoria de costos: \$ 16,972.67</b> <b>Sumatoria del salario del operador: \$ 3,103.45</b> <b>Sumatoria del salario del técnico: \$ 4,482.75</b> <b>Costo total: \$ 24,558.87</b>			

## Chiller

**Tabla N° 13. costos directos por mano de obra.**

<b>Personal requerido</b>	<b>Costo por día de cada trabajador (córdobas)</b>	<b>Costo total de mano de obra diaria (córdobas)</b>
Supervisor	C\$ 500	C\$ 800
Operario	C\$ 300	

**Tabla N° 14. Costos directos por materiales.**

<b>Accesorio</b>	<b>Costos (córdobas)</b>
Filtro deshidratador	C\$ 170
Indicador de líquido	C\$ 304
Control de nivel de aceite para el compresor	C\$ 3,510.6
Interruptor de baja y alta presión	C\$ 490.9
Mangueras largas de metal	C\$ 606.74
Aceite del equipo	C\$ 2,200
Jabón	C\$ 150
Refrigerante 22	C\$ 2,235
Costo total.....	C\$ 9, 667.24

**Tabla N° 15. Costos directos por maquinaria**

<b>Maquina</b>	<b>Costo (córdobas)</b>
Bomba de vacío	C\$ 3,580.70
Lavadora de presión	C\$ 3,294.19
Costo total .....	C\$ 6,874.89

**Tabla N° 16. Costos por herramienta**

<b>Herramientas</b>	<b>Costos (córdobas)</b>
Manómetro digital	C\$ 1,300
Amperímetro digital	C\$ 2,262

Llave crece	C\$ 280
Juego de desarmadores de ranura y estrella	C\$ 180
Caja de herramientas: copas, extensiones, ratch, alicate, cincel, martillos, granete, espátula.	C\$ 5,378.34
Pinza de presión (perra)	C\$ 250
Pinza de punta	C\$ 130
Pico de loro	C\$ 200
Costo total: .....	C\$ 9,980.34

**Tabla N°17. Tiempo propuesto para las actividades de mantenimiento.**

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo en minutos</b>
Inspección del nivel de aceite	20
Medición de presión y temperatura en todo el sistema	30
Medición de sobrecalentamiento	15
Revisión de parámetros eléctricos verificación de resistencia	40
<b>Tiempo requerido a la semana</b>	<b>Días a laborar</b>
27.24 horas	3.5 horas

**Tabla N° 18. Resumen de los costos de chiller**

Costo total directo de mano de obra (córdobas):	C\$ 800
Costo total directo por materiales (córdobas):	C\$ 9,667.24
Costo total directo por maquina (córdobas):	C\$ 6,874.89
Costo total por herramientas (córdobas):	C\$ 9,980.34
Sumatoria de costo total (córdobas).....	C\$ 27,322.47

## Cuarto Frio

**Tabla N° 19. Costos directos de mantenimiento de cuarto frio.**

<b>Horas / días/ meses</b>	<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos (córdobas)</b>	<b>Sub – total (córdobas)</b>
50 horas (2 a 3 días)	Filtro de succión	1	C\$ 300	C\$ 300
200 horas (9 a 10 días)	Filtro de aceite	1	C\$ 310	C\$ 310
	Aceite POE 32	4	C\$ 2,200	C\$ 8,800
	Refrigerante R22	3	C\$ 2235	C\$ 6,705
	<b>Total</b>			<b>C\$ 16,115</b>
5000 horas (6 ½ a 7 ½ meses)	Filtro de succión	1	C\$ 300	C\$ 300
	Filtro de aceite	1	C\$ 310	C\$ 310
	Filtro de piedra	1	C\$ 180	C\$ 180
	Aceite POE 32	4	C\$ 2,200	C\$ 8,800
	Refrigerante R22	3	C\$ 2235	C\$ 6,705
	Gasket de cubierta	3	C\$ 250	C\$ 750
	<b>Total</b>			<b>C\$ 17,045</b>
10,000 horas (1 año a 3 meses)	Filtro de succión	1	C\$ 300	C\$ 300
	Filtro de aceite	1	C\$ 310	C\$ 310
	Filtro de piedra	1	C\$ 180	C\$ 180
	Aceite POE 32	4	C\$ 2,200	C\$ 8,800
	Refrigerante R22	3	C\$ 2235	C\$ 6,705
	Gasket de cubierta	3	C\$ 250	C\$ 750
	Plato de válvulas	1	C\$ 4354.20	C\$ 4354.20
	Balineras delanteras	1	C\$ 1890.50	C\$ 1890.50
	Balineras traseras	1	C\$ 295.10	C\$ 295.10
	Discos de válvulas de succión	6	C\$ 910.05	C\$ 5460.30
	<b>Total</b>			<b>C\$ 29,045</b>
<b>Total del sub – total</b>				<b>C\$ 62,205</b>
<b>IVA</b>				<b>C\$ 28,555</b>
				<b>C\$ 90,760</b>

**Tabla N° 20. Costos de insumos.**

<b>Descripcion y total de requerimientos</b>	<b>Costo (córdobas)</b>	<b>Sub – total (córdobas)</b>
Cinta Foam (4 unidades)	C\$ 132	C\$ 526.20
Armaflex 2 1/8 (6 unidades)	C\$ 100	C\$ 600
Armaflex 1 3/8 (6 unidades)	C\$ 80	C\$ 480
Líquido para limpiar serpentín (12 galones)	C\$ 600	C\$ 7,200
Pintura Fast Dry en spary (3 unidades)	C\$ 90	C\$ 270
Jabón líquido industrial (4galones)	C\$ 150	C\$ 600
Rodamientos 6206 z (4 unidades)	C\$ 700	C\$ 2,800

Paste (10 unidades)	C\$ 8	C\$ 80
Test de acidez (10 kits)	C\$ 670	C\$ 6,700
Desengrasante (5 galones)	C\$ 200	C\$ 1,000
Aceite POE 32 (12 galones)	C\$ 2,200	C\$ 26,400
Aceite POE 170 (6 galones)	C\$ 6,800	C\$ 40,800
Hilazas (2 quintales)	C\$ 300	C\$ 600
Válvula de bola (3 unidades)	C\$ 63.32	C\$ 89.96
Escobas (2 unidades)	C\$ 50	C\$ 100
Limpiador de contacto eléctrico (5 unidades)	C\$ 340	C\$ 1,700
Filtro de aceite (4 unidades)	C\$ 310	C\$ 1,240
Tanque Refrigerante R404a (7 unidades)	C\$ 6,038	C\$ 42,267.68
Tanque Refrigerante R22 (3 unidades)	C\$ 2,235	C\$ 4,469.42
Tape eléctrico (10 unidades)	C\$ 130	C\$ 1,300
Tape vulcanizado (3 unidades)	C\$ 200	C\$ 600
Spray W40 (6 unidades)	C\$ 220	C\$ 1,320
Permatex 2 (6 unidades)	C\$ 145	C\$ 870
Aceite Lubriplate APG 80W 90 (6 galones)	C\$ 800	C\$ 4,800
Paste de alambre (virulana) (36 unidades)	C\$ 12	C\$ 432
Terminales de gaveta (50 unidades)	C\$ 0.5	C\$ 25
	<b>Sub-total</b>	<b>C\$ 147,270.26</b>
	<b>IVA</b>	<b>C\$ 25,632.80</b>
	<b>Total</b>	<b>C\$ 172,903.06</b>

**Tabla N° 21. Resumen de total de costos de cuarto frio.**

Costos directos de mantenimiento (córdobas): C\$ 90, 760
Costos directos de insumos (córdobas): C\$ 172,903.06
Total (córdobas): C\$ 263,663.06

**Tabla N° 22. Presupuesto anual y general de costos del personal administrativo.**

<b>CARGO</b>	<b>SUELDO MENSUAL</b>	<b>SUELDO ANUAL</b>	<b>PATRONAL</b>	<b>AGUINALDO</b>	<b>TOTAL</b>
Jefe de Mantenimiento	C\$ 20,000	C\$ 240,000	C\$ 51,600	C\$ 20,000	C\$ 331,600
Supervisor	C\$ 15,000	C\$ 180,000	C\$ 38,700	C\$ 15,000	C\$ 248,700
Técnico en refrigeración	C\$ 13,000	C\$ 156,000	C\$ 33,540	C\$ 13,000	C\$ 215,540
Eléctrico	C\$ 10,000	C\$ 120,000	C\$ 25,800	C\$ 10,000	C\$ 165,800
Operador 1	C\$ 9,000	C\$ 108,000	C\$ 25,800	C\$ 9,000	C\$ 149,220
Operador 2	C\$ 9,000	C\$ 108,000	C\$ 25,800	C\$ 9,000	C\$ 149,220
Operador 3	C\$ 9,000	C\$ 108,000	C\$ 25,800	C\$ 9,000	C\$ 149,220
Obras civiles	C\$ 7,700	C\$ 92,400	C\$ 19,866	C\$ 7,700	C\$ 127,666
				<b>TOTAL</b>	<b>C\$ 1,536,966</b>

**Tabla N° 23. Equipos de protección personal**

<b>Descripción</b>	<b>Costo (córdobas)</b>
<b>Lentes de protección</b>	C\$ 34
<b>Guantes de protección de hule</b>	C\$ 66
<b>Guantes de protección de cuero</b>	C\$ 85
<b>Guantes de protección dieléctricos</b>	C\$ 2,550
<b>Botas de seguridad</b>	C\$ 900
<b>Cascos</b>	C\$ 170
<b>Tapones para los oídos</b>	C\$ 14
<b>Chalecos reflectores</b>	C\$ 78
<b>Chalecos de seguridad</b>	C\$ 850
<b>Costo total.....</b>	<b>C\$ 4,747</b>

## Anexos – Capítulo V

### Caldera

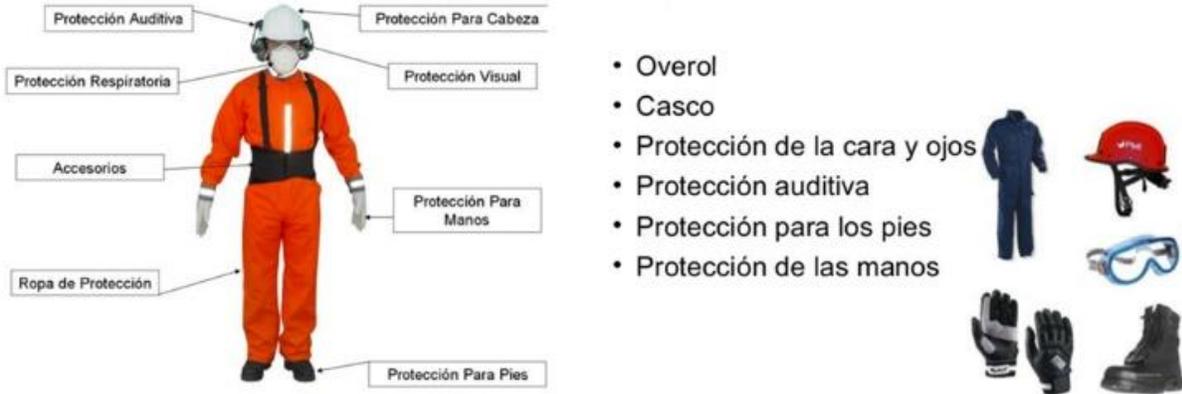


Fig. 39. Equipos de protección personal (Caldera).

### Chiller



Fig. 40. Equipos de protección personal (Chiller).

## Cuarto Frio



### ROPA DE SEGURIDAD PARA CUARTO FRIO

Fig. 41. Equipos de protección personal (Cuarto Frio).