



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**“Integración Mecánica Aplicada a la Instalación
Frigorífica de una Planta Procesadora de Carne”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**P R E S E N T A
ERICK GABRIEL CRUZ DE SANTIAGO**

**ASESOR
I.A ARTURO MUNGUÍA SÁNCHEZ**

CUAUTITLÁN IZCALLI EDO. DE MEXICO, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“ *¿Por qué lo deseas tanto?*
Porque me dijeron
Que no lo lograría **”**

AGRADECIMIENTOS

Alguna vez escuche que huellas de los que caminan juntos no se borran, y quiero agradecer a todas esas personas que creyeron en mí y me apoyaron de múltiples maneras durante este camino y una meta más cumplida.

A mi familia: mi madre Luz esmeralda por siempre haber creído en mí y haberme dado las armas y fortaleza para luchar y conseguir mis sueños, a mi padre Gabriel Cruz por su apoyo incondicional que aunque la distancia se interpone jamás será un impedimento para tenerte cerca, a Antonio Jasso por sus consejos y por cuidar tanto a mi madre, a mis hermanos Nancy y Carlos Cruz quienes han sido mi más grande alegría, a mi hermanita Brenda que aunque no está conmigo siempre ha sido mi ángel, a mi abuelita Celia por siempre estar al tanto de nosotros.

A mis compañeros y amigos: mi compadre Efraín cruz gran amigo incondicional siempre apoyando mis sueños, Javier cruz por sus sabios consejos y buenas enseñanzas, Josué Mena mi gran amigo y mentor en el medio de la refrigeración apoyándome y escuchándome en los momentos difíciles, Richard por su compañerismo y amistad, Adriana y su familia por todo su apoyo incondicional y todas las enseñanzas que me dejaron, Bianca Itzel por escucharme y motivarme a cumplir mis metas y alcanzar mis sueños en esta nueva etapa

A mis profesores: Buen rostro, Edgar Arechavaleta, Javier Cruz, Yolanda Lopez, Sandra Rueda, Leticia, Arturo Munguia, Alfredo Alvarez, por haber sido parte de mi formación y crecimiento profesional.

Arturo Munguia, por su apoyo y participación en la elaboración de este proyecto y mi desarrollo profesional.

INDICE

Resumen	viii
Introducción	ix
CAPITULO I ANTECEDENTES	1
1.1 El ciclo de refrigeración	1
1.2 Elementos principales de un sistema frigorífico	2
1.2.1 Compresores	2
1.2.2 Condensadores	2
1.2.3 Evaporadores	3
1.2.4 Dispositivos de expansión	3
1.3 Descripción y funcionamiento de los elementos	4
1.3.1 Compresor reciprocante	4
1.3.2 Compresor de tornillo	5
1.3.3 Condensador evaporativo	5
1.3.4 Evaporador	6
1.4 Mantenimiento	7
1.4.1 Mantenimiento preventivo	7
1.4.2 Mantenimiento predictivo	10
1.4.3 Mantenimiento correctivo	12
1.5 Aspectos importantes en el mantenimiento de compresores	13
1.5.1 Lubricación del compresor	13
1.5.2 Cuatro problemas en la lubricación de compresores de amoníaco	14
1.5.3 Nivel óptimo del aceite en un compresor	15
1.5.4 Oxidación del aceite	16
1.5.5 Cambio de aceite	16
1.6 Aceite Lubricante	17
1.6.1 Aceites minerales	19
1.6.2 Aceites sintéticos	19
1.6.3 Características del aceite	20

1.7	Mantenimiento en condensadores evaporativos	25
1.7.1	Pérdidas de Agua en el equipo	25
1.7.2	Mantenimiento	26
1.7.3	Deterioro del equipo	26
1.7.4	Periodos de parada	27
1.8	Características de importancia en evaporadores	28
1.8.1	Operativas	28
1.8.2	Métodos de alimentación de refrigerante	28
1.8.3	Higiénicas y de mantenimiento	29
1.8.4	Escarche y des escarche en evaporadores	29
1.8.5	Presencia de aceite en el evaporador y otros puntos	30
1.9	Deterioro de tuberías, tanques y válvulas	31
1.9.1	Corrosión por picaduras	31
1.9.2	Erosión	32
1.9.3	Corrosión Externa debajo el aislamiento	33
1.9.4	Corrosión bajo tensión	35
1.9.5	Soldadura discontinua	36
1.9.6	Desarrollo de un procedimiento de inspección visual	37
1.10	Incidentes con amoniaco	38
1.10.1	Deficiente mantenimiento en válvulas	38
1.10.2	Purgas	39
1.10.3	Trasvase de amoniaco	39
1.10.4	Tubería	39
1.10.5	Mangueras	39
1.11	Daños por exposición al amoniaco y primeros auxilios	40
1.11.1	Inhalación	40
1.11.2	Contacto con la piel	40
1.11.3	Ingestión	41
1.11.4	Contacto con los ojos	41
1.12	Gases no condensables	42
1.12.1	Ubicación y detección	42
1.12.2	Problemas generados	43
1.12.3	Sistemas de purga de aire	43
1.13	Sistema de protección, seguridad y equipo de emergencias	44
1.13.1	Ventilación	44
1.13.2	Detector de amoniaco	44
1.13.3	Control de nivel de liquido	45
1.13.4	Válvulas de seguridad	45

1.13.5	Equipo de protección personal para chequeos rutinarios y mantenimiento preventivo	46
1.13.6	Protección personal en fugas y derrames	46
1.13.7	Plan de emergencia	47
1.14	El agua en sistemas con amoniaco.	47
1.14.1	Reducción de la eficiencia COP del sistema	48
1.14.2	Corrosión	48
1.14.3	Problemas en los compresores	49
1.15	Pruebas no destructivas	49
1.15.1	Líquidos penetrantes	49
1.15.2	Inspección ultrasónica	50
1.15.3	Radiografía	51
	CAPITULO II METODOLOGIA DE INVESTIGACION DE CAMPO	52
2.1	Problema	52
2.2	Objetivos	53
2.2.1	Objetivo general	53
2.2.2	Objetivo particular 2	53
2.2.3	Objetivo particular 3	53
2.3	Investigación de campo	54
2.3.1	Análisis de compresor	55
2.3.2	Análisis de los condensadores	56
2.3.3	Análisis de las aplicaciones y evaporadores	58
2.3.4	Inspección en accesorios válvulas y recipientes	59
	CAPITULO III ANÁLISIS DE RESULTADOS	61
3.1	Descripción del sistema	61
3.2	Propósito del estudio	62
3.2.1	Elementos requeridos	62
3.3	Identificación y categorización de los equipos, aplicado en el programa de integración mecánica	62
3.4	Túnel de congelación IQF	63
3.5	Sistema en 2 etapas (proceso y distribución)	66
3.6	Procedimientos escritos y formatos actuales	67

3.7	Capacitación a empleados	72
3.8	Inspecciones y pruebas	73
3.9	Deficiencias en los equipos	75
3.10	Recipientes de alta presión	77
3.11	Deficiencia de diseño	78
3.12	Aseguramiento de la calidad y seguridad	80
	CONCLUSIONES	83
	BIBLIOGRAFÍA	84
	APÉNDICES	3-A
	ANEXOS	3-N

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Compresor de tornillo (MYCOM 2010)	2
Figura 2 Compresor reciprocante (MYCOM 2010)	v
Figura 3 Condensador evaporativo de tipo axial y centrifugo (www. Directindustry.es)	2
Figura 4 Evaporador de tiro inducido (BOHN, 2012)	3
Figura 5 Válvulas de expansión termostática, manual, electrónica (DANFOSS, 2014)	3
Figura 6 Aspiración y compresión de refrigerante (Sánchez,1998)	4
Figura 7 Compresión de refrigerante en un compresor de tornillo (MYCOM, 2010)	5
Figura 8 Condensación de refrigerante en condensador evaporativo (Sánchez, 1998)	6
Figura 9 Evaporación de refrigerante en el serpentín (BOHN, 2012)	6
Figura 10 Nivel de aceite óptimo	15
Figura 11 Degradación del aceite y oxidación (Widman, r., 2008)	16
Figura 12 Viscosidad del aceite en función de su temperatura (CSIP CORPORACIÓN S.A., 2015)	21
Figura 13 Carbonización del aceite por altas temperaturas (Fotografía en campo)	23
Figura 14 Evaporadores con arreglo en tubería para evitar obstrucciones por aceite (BOHN,2012)	30
Figura 15 Picadura en tubería (ASHRAE, 2007)	32
Figura 16 Erosión presente en una válvula de globo (ASHRAE, 2007)	33
Figura 17 Tubería corroída por infiltración de humedad (ASHRAE, 2007)	34
Figura 18 Formación de grietas en pared interna (ASHRAE, 2007)	35
Figura 19 Prueba de radiografía aplicada en una soldadura discontinua (Metalografía Universidad Tecnológica de Pereira)	37
Figura 20 Inspección visual en tuberías (ASME, 2010)	38
Figura 21 Procedimiento para realizar prueba de líquidos penetrantes (Echevarria, 2003) ..	50
Figura 22 Revelado de radiografía, en la cual se muestra, falta de penetración, escoria y porosidad (INACAP, 2011)	51
Figura 23 Panel de control de compresor (Fotografía de campo)	55
Figura 24 Formato para levantamiento en campo (Apéndices)	56
Figura 25 Toma de t_w y t para condensador	56
Figura 26 Toma de temperatura de refrigerante a la entrada y salida del condensador	57
Figura 27 Incrustación en serpentín de condensador (Fotografía en campo)	57
Figura 28 Formato para evaluación de condensadores (Apéndices)	58
Figura 29 Formato para recolección de datos en evaporadores y aplicaciones (Apéndices) ..	59
Figura 30 Formato para análisis de tubería, accesorios y recipientes (Apéndices)	60

Figura 31 Plano de distribución de aplicaciones y sus condiciones de operación de la planta.	61
Figura 32 Diagrama de flujo sistema IQF	63
Figura 33 Diagrama de instalación en dos etapas.....	66
Figura 34 Distribución de equipo de seguridad en cuarto de máquinas (Información tomada en campo).....	72
Figura 35 Equipo de protección para inspecciones y mantenimiento (Fotografía en campo)	73
Figura 36 Tapón en punto d prueba para un recipiente aislado (Fotografía de campo).....	75
Figura 37 Punto de prueba ultrasonica (Fotografía de campo)	75
Figura 38 Comparativa de temperatura de succión en tablero vs datos de tablas de vapor, según la presión de succión en el sistema	77
Figura 39 Arreglo de bypass recomendado para respaldo del sistema.....	79
Figura 40 Historia térmica de las aplicaciones (Fotografía en campo)	80
Figura 41 Monitoreo de parámetros y aplicaciones en operación (Fotografía en campo) ...	81
Figura 42 Válvulas sin línea de venteo (Fotografía en campo).....	81
Figura 43 Tren válvulas dede segur (Fotografía en campo).....	81
Figura 44 Pictograma en recipientes r identificación de tuberías (Fotografía en campo)....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Compatibilidad de aceite y materiales (Widmar, R., 2008)	24
Tabla 2 Especificación recirculador (Datos tomados en campo)	64
Tabla 3 Especificación condensador (Datos tomados en campo)	64
Tabla 4 Especificación compresor (Datos tomados en campo).....	65
Tabla 5 Especificación termosifón (Datos tomados en campo)	65
Tabla 6 Especificación alta presión (Datos tomados en campo)	65
Tabla 7 Especificación de túnel IQF (Datos tomados en campo)	65
Tabla 8 Monitoreo de condiciones de operación compresor Vilter (Formato tomado en campo)	67
Tabla 9 Monitoreo de condiciones de operación compresor Frick (Formato tomado en campo)	68
Tabla 10 Monitoreo de condiciones de operación compresor recíprocante 4B	68
Tabla 11 Monitoreo de condiciones de operación de aplicaciones (Formato tomado en campo)	69
Tabla 12 Periodo de mantenimiento Frick (Datos tomados en campo)	71
Tabla 13 Periodo mantenimiento Vilter (Datos tomados en campo)	71
Tabla 14 Recomendaciones para realizar el monitoreo del sistema frigorífico (RSIF, 2013)	74
Tabla 15 Parámetros de seguridad para un compresor Frick (Manual Frick RXF)	76

Resumen

El siguiente trabajo consiste en un estudio en campo, donde se observaron y evaluaron las condiciones mecánicas y de operación que se tienen en un sistema de refrigeración con amoníaco, el cual está instalado y operando en una planta procesadora de carne, ubicada en Cuautitlán, Edo México.

Dicho estudio fue llevado a cabo mediante la recolección de información bibliográfica que inicialmente tiene como objetivo poder dar a conocer las necesidades y puntos críticos de control de los diferentes equipos que conforman dicha instalación frigorífica, misma información de la cual se tomaron diferentes criterios para elaborar algunos formatos, los cuales fueron utilizados en campo para poder recabar la información necesaria y de utilidad, para que en conjunto de una inspección visual en las instalaciones nos permitiera realizar un diagnóstico ante las posibles necesidades y deficiencias en dicha instalación, tanto de diseño, operación, calidad y seguridad.

Finalmente aplicamos la integración mecánica, que garantiza que la operación sea confiable y segura para las condiciones de servicio, operadores y/o personal dentro y fuera de las instalaciones, ante las posibles garantías de calidad y seguridad; sea por fugas de amoníaco a las cuales según su gravedad pueden estar expuestos y/o de los productos involucrados, como en este caso la carne.

Introducción

Las instalaciones frigoríficas son diseñadas para un volumen de producto y condiciones de frío necesarias para poder procesar o almacenar los productos, por lo cual se deben definir las funciones atribuidas a la instalación frigorífica y las actividades diarias medias y máximas consideradas (Intituto Internacional del Frío, 1990). Toda instalación frigorífica debe contar con manuales, estos deben de contener la descripción y las características del sistema, así como las consignas de puesta en marcha y su utilización (Bernier J. & Martin F., 1998). Debemos recordar que toda instalación, equipo u accesorio debe de ser revisado periódicamente para evitar su deterioro y mal funcionamiento.

En México actualmente no existe algún reglamento que regule la operación de las instalaciones frigoríficas como en otros países en donde este tipo de instalaciones deben estar acreditadas y registradas para poder operar, por lo que el titular de la instalación será responsable de contratar el mantenimiento y de que la instalación se revise e inspeccione según se establece en las instrucciones IF-14 e IF-17 (Instalaciones Mañas Bronchut, S.L, 2011). Estas revisiones se llevarán a cabo cada cinco años. Pero serán cada dos años si la instalación tiene una antigüedad superior a 15 años (RSIF, 2013). Con esto dichas instalaciones se mantienen seguras de operar y eficientes.

Se debe de tener en claro que el mantenimiento es un beneficio obligado, Cada uno de los equipos y accesorios de la instalación que presentan ausencia de mantenimiento repercuten directamente en el resto del sistema, afectando la capacidad operativa, por ejemplo. Un condensador sucio provocara: elevar la temperatura de condensación, disminuir el rendimiento frigorífico y reducir el tiempo de vida de la instalación. (Bernier J. & Martin F., 1998); esto puede ser evitado si se cuenta con un programa de tratamiento del agua bien diseñado y ayudará a asegurar una operación eficiente del sistema a la vez que maximiza la

vida útil del equipamiento (EVAPCO, 2011). Los compresores normalmente en dos etapas tienen mayor eficiencia y menos daños mecánicos (Widman, 2013).

El aceite puede contaminarse y degradarse de forma relativamente rápida después del primer arranque del sistema al igual que en operación por lo que se debe realizar la sustitución para evitar migración de aceite y fallas en el sistema (MYCOM, 2010), la migración de aceite afecta directamente al evaporador, el cual debe funcionar de forma eficiente y sin problemas en todo momento (Danfoss, 2014).

El mantenimiento de una instalación tiene un costo, pero este costo es relativamente bajo frente a las consecuencias económicas que provoca su ausencia por lo que al diseñar manuales para mantenimiento preventivo/correctivo y protocolos de seguridad, así como consignas de puesta en marcha paro y arranque se podrá desarrollar una propuesta de integración mecánica que mejore la eficiencia operativa y reduzca el costo de operación. Con esto se reducirán al máximo los posibles riesgos que implican no hacerlo. El deterioro de la instalación puede causar fugas o derrames de amoniaco que pueden llegar a causar desde irritación y quemaduras en el tracto respiratorio, dificultad para respirar o la muerte de cada una de las personas dentro y fuera de la planta, esto según la gravedad del evento, así como el tiempo de exposición y concentración en el ambiente (Cuesta & Lamua M., 2000).

Las buenas medidas de seguridad en la instalación evitarán al máximo accidentes y condiciones inseguras (Coordinación ejecutiva de comercialización de productos petroquímicos, 2013). Las estadísticas mencionan que los incidentes con amoniaco tienen origen principalmente por: Deficiente mantención de válvulas, además de purgas y trasvase de amoniaco (Vio Ulloa, 2012)

CAPITULO I ANTECEDENTES

1.1 El ciclo de refrigeración

La refrigeración por compresión desplaza la energía térmica entre dos focos; creando zonas de alta y baja presión confinadas en intercambiadores de calor, mientras estos procesos de intercambio de energía se suceden cuando el fluido refrigerante se encuentra en procesos de cambio de estado; de líquido a vapor, y viceversa. El proceso de refrigeración por compresión se logra evaporando un gas refrigerante en estado líquido a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor, denominado evaporador. Para evaporarse este requiere absorber calor latente de vaporización. Al evaporarse el líquido refrigerante cambia su estado a vapor. Durante el cambio de estado el refrigerante en estado de vapor absorbe energía térmica del medio en contacto con el evaporador, bien sea este medio gaseoso o líquido. A esta cantidad de calor contenido en el ambiente se le denomina carga térmica (Padero, 2014).

Luego de este intercambio energético, un compresor mecánico se encarga de aumentar la presión del vapor para poder condensarlo dentro de otro intercambiador de calor conocido como condensador. En este intercambiador se liberan del sistema frigorífico tanto el calor latente como el sensible, ambos componentes de la carga térmica. Ya que este aumento de presión además produce un aumento en su temperatura, para lograr el cambio de estado del fluido refrigerante y producir el subenfriamiento del mismo es necesario enfriarlo al interior del condensador; esto suele hacerse por medio de aire y/o agua conforme el tipo de condensador, definido muchas veces en función del refrigerante. De esta manera, el refrigerante ya en estado líquido puede evaporarse nuevamente a través de la válvula de expansión y repetir el ciclo de refrigeración por compresión (Dossat & Horan, 2001).

1.2 Elementos principales de un sistema frigorífico.

1.2.1 Compresores

En una instalación frigorífica el compresor como se muestra en la (Figura 1 y 2), es la máquina que sirve para producir en el evaporador una presión suficientemente baja para que se vaporice el fluido refrigerante a la temperatura deseada y en el condensador una presión suficientemente alta para que el fluido condense a la temperatura de las fuentes naturales que pueden ser agua y/o aire (Sánchez, 1998).

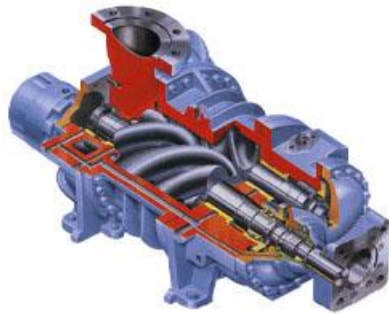


Figura 1 Compresor de tornillo
(MYCOM 2010)

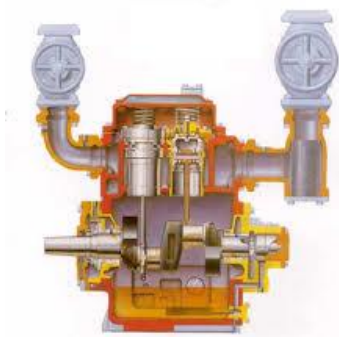


Figura 2 Compresor recíprocante
(MYCOM 2010)

1.2.2 Condensadores

El condensador como se muestra en la (Figura 3), es el lugar donde se produce la eliminación de calor de un sistema de refrigeración, se pueden distinguir tres zonas dentro del condensador donde primero son enfriados hasta la temperatura de saturación, después condensados y por último subenfriados por debajo de la temperatura de condensación (Sánchez, 1998).

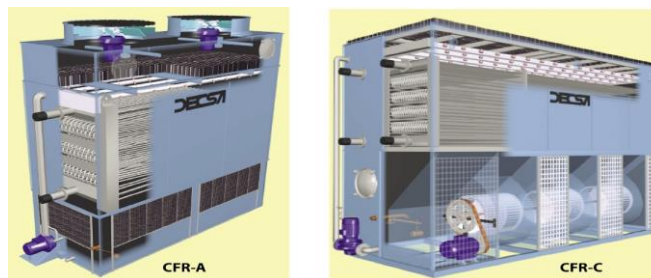


Figura 1 Condensador evaporativo tipo axial y centrifugo (www.directindustry.es)

1.2.3 Evaporadores

Es un equipo de transferencia de calor, en el cual se vaporiza un refrigerante a una baja presión y por tanto una baja temperatura, con el propósito de eliminar calor de un material o de un recinto a refrigerar, dicho equipo recibe el nombre de evaporador (figura4), este está ubicado entre la válvula de expansión y la tubería de aspiración del compresor (Sánchez, 1998).

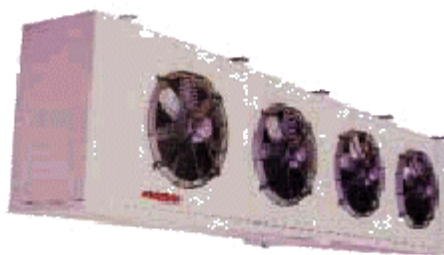


Figura 4 Evaporador de tiro inducido (BOHN, 2012)

1.2.4 Dispositivos de expansión

La inyección de líquido se controla mediante una válvula de expansión controlada por la presión y temperatura del refrigerante al entrar en el evaporador, una temperatura a la salida del evaporador dentro de un rango deseado. Esta válvula de expansión puede ser una válvula de expansión termostática, manual o electrónica como se observa en la (figura 5). El control de temperatura se consigue normalmente mediante un control de tipo ON/OFF, que inicia y detiene el suministro de líquido al evaporador de acuerdo con la temperatura del medio (Danfoss, 2014).



Figura 5 Válvulas de expansión termostática, manual, electrónica (Danfoss, 2014)

1.3 Descripción y funcionamiento de los elementos

1.3.1 Compresor recíprocante

Se considera el pistón en el punto más alto de su carrera cuando se acaba de descargar el gas., en la (Figura 6), podemos observar cómo se lleva a cabo la aspiración y compresión de refrigerante en el compresor recíprocante, como a continuación se detalla.

La cabeza del pistón no toca el fondo del cilindro pues existen dilataciones que pueden producirse, como las holguras inevitables, etc. Por tanto, en su punto más alto de la cabeza del pistón existe un espacio entre el fondo del cilindro que se denomina espacio muerto. En el cual quedan encerrados los gases a la presión de descarga, cuando el pistón desciende el gas va ocupando mayor volumen mientras va disminuyendo la presión, hasta que llegue a ser ligeramente inferior a la presión de la cámara de aspiración, por lo cual se abre la válvula de aspiración y el gas entra al cilindro (Sánchez, 1998).

En el punto más bajo, el cilindro está lleno de gas a la presión de aspiración. Al iniciar la subida la válvula de aspiración cierra y el pistón comprime el gas hasta que su presión llega a ser ligeramente superior a la cámara de descarga. Se abre entonces la válvula de descarga y los gases pasan entonces al condensador (Sánchez, 1998).

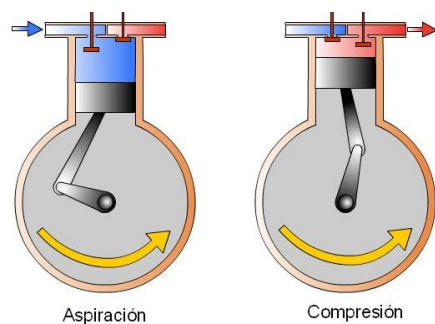


Figura 6 Aspiración y compresión de refrigerante (Sánchez,1998)

1.3.2 Compresor de tornillo

El compresor aspira gas refrigerante en una cavidad, reduce gradualmente el volumen de la cavidad, y descarga el refrigerante en forma de gas a una alta presión como se muestra en la (figura 7). Más específicamente, se forma una cavidad sellada por una carcasa y un par de rotores engranados (llamado rotores macho y hembra) en la carcasa. Los rotores son diferentes en el plomo y el número de lóbulos de los tornillos. El volumen de la cavidad sellada se reduce a medida que los rotores giran (MYCOM, 2010).



Figura 7 Compresión de refrigerante en un compresor de tornillo (MYCOM, 2010)

1.3.3 Condensador evaporativo

Como podemos ver en la (figura 8), se detalla en un diagrama el proceso de condensación de refrigerante en un condensador evaporativo, como se detalla a continuación. El aire entra por la parte inferior impulsado por ventiladores de tipo axial o centrífugos, recorriendo los serpentines del condensador, el agua se distribuye simultáneamente por la parte superior en forma de lluvia, humedeciendo toda la superficie para conseguir una eficiencia máxima, además de que unos separadores impiden que la menor cantidad de agua sea arrastrada por el aire (Sánchez, 1998).

El agua absorbe el calor cedido por el fluido refrigerante a través de los serpentines del condensador, en forma de calor sensible elevando su temperatura. El aire, al atravesar la

cortina de agua, absorbe algo de agua que rocía los serpentines, retirándole como calor latente el calor que absorbió el agua del refrigerante (Sánchez, 1998).

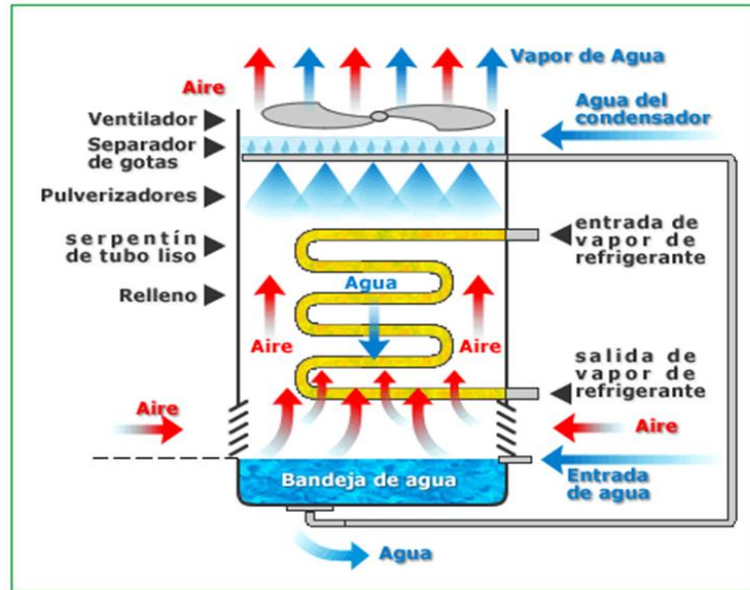


Figura 8 Condensación de refrigerante en condensador evaporativo (Sánchez, 1998)

1.3.4 Evaporador

La mayor parte de la superficie del evaporador debe estar en contacto con vapor saturado húmedo, y es posible con líquido refrigerante en ebullición (figura 9), mejorando así el coeficiente de transmisión de calor (Sánchez, 1998).

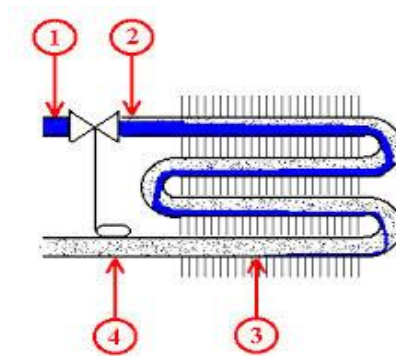


Figura 9 Evaporación de refrigerante en el serpentín (BOHN, 2012)

1.4 Mantenimiento

El mantenimiento es el conjunto de acciones y/o intervenciones que se llevan a cabo en un equipo de trabajo para conservarlo en condiciones óptimas de productividad y seguridad.

Con el uso los equipos se desgastan, y si esto no es observado y corregido a tiempo, provocara inevitablemente que los mismos dejen de funcionar, con el consecuente reflejo en el sistema productivo que puede, inclusive, ocasionar serios problemas de seguridad a las personas como a las instalaciones (CEPIS, 2009).

Las causas principales de los posibles accidentes en instalaciones de ingeniería industrial pueden ser múltiples y tener orígenes diversos: fallos debidos a las condiciones de trabajo a las que están sometidas y que pueden dar lugar a fenómenos de corrosión, desgaste de las partes rotativas, fatiga de los materiales, daños y deformaciones de las partes internas, agentes externos al proceso y fallos de gestión u organización y antes de que suceda esto es necesario llevar a cabo un mantenimiento (Instituto tecnologico superior de Xalapa, 2011).

1.4.1 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una técnica científica de trabajo industrial, que en especial está dirigida al soporte de las actividades de producción y en general a todas las instalaciones industriales. El mantenimiento preventivo es, aquel que incluye las siguientes actividades (Universidad Nacional de Colombia, 2014):

Inspección periódica de activos y del equipo de la planta, para determinar las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción, o depreciación perjudicial.

Conservar la planta para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos, cuando se encuentren aun en una etapa inicial.

1.4.1.1 Beneficios del mantenimiento preventivo

Entre los beneficios alcanzados al desarrollar un programa de mantenimiento preventivo, por algún periodo de tiempo se cuenta (Instituto tecnologico superior de Xalapa, 2011):

Prevención de fallas en los equipos o instalaciones, con lo que se evitan los paros y gastos imprevistos.

- Reducción de reemplazo de equipos durante su vida útil.
- Reducción de la cantidad de repuestos de reserva.
- El buen estado de los equipos e instalaciones durante su vida útil.
- Utilización planificada del recurso humano.

El objetivo principal del mantenimiento preventivo es el de propiciar medios para que los equipos se mantengan en condiciones de atender las necesidades de producción. El mantenimiento preventivo debe actuar antes que el desgaste o la ruptura de algún componente y que una maquina u equipo se detenga.

1.4.1.2 Alcance del mantenimiento preventivo

Se recomienda como norma general que el mantenimiento preventivo se haga en todo el centro de trabajo ya que servirá para llevar el control de sus revisiones, aunque haya algunas instalaciones o maquinas con normativas específicas y mantenimiento externalizado. No se puede tener ningún puesto sin revisar, se debe de inventariar todo el material con el que se cuenta en el centro de trabajo para poder diseñar un plan de mantenimiento adecuado de acuerdo a las necesidades reales de una empresa que permita obtener datos óptimos sobre los costes de mantenimiento y producción (Olives, 2015).

Diseño del plan de mantenimiento

Para diseñar el plan de mantenimiento de una empresa hay que valorar, en primer lugar, el alcance del plan y si el mantenimiento se hará por personal interno o externo a la planta, los

puntos básicos a tener en cuenta para elaborar un plan de mantenimiento de una maquina o instalación son (Olives, 2015):

- Relación de maquinaria, diferenciada por zonas o secciones.
- Recopilación, revisión y análisis de los manuales de mantenimiento de los equipos.
- Elaboración de fichas de mantenimiento con anotación de los puntos de revisión y la periodicidad de los controles.
- Previsión de cambios y remplazos de materiales u equipos.
- Actuación por puntos críticos.
- Revisión y actualización.
- Autorización del responsable.
- Referencias de sustitución con datos específicos.
- Tiempo invertido por tareas.

1.4.1.3 Como Realizar el mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo puede realizarse de tres formas (Tamborelo, 1999):

1. Revisando las instalaciones con intervalos de tiempo iguales entre revisiones, desmontando los componentes objeto de revisión antes de que fallen y reponiéndose a tiempo cero.
2. Revisando las instalaciones periódicamente y según su estado efectuar su sustitución si exceden sus límites de operación. Es apropiado cuando se trata de componentes eléctricos y electrónicos y en los instrumentos de control.
3. Desmontando los componentes para ser examinados y sustituyendo los que están en deficientes condiciones. Es adecuado en sistemas complejos electrónicos y en equipos donde resulta complicado predecir sus fallos.

1.4.2 Mantenimiento predictivo

Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo. El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lenta y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado. Por ejemplo, estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc. En otras palabras, con este método, tratamos de seguir la evolución de los futuros fallos (Universidad Nacional de Colombia, 2014).

Este sistema tiene la ventaja de que el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento (Universidad Nacional de Colombia, 2014).

1.4.2.1 Control de la temperatura

Las variaciones frecuentes de la temperatura de un equipo se pueden monitorizar fácilmente. Los sensores de temperatura son los termómetros, termopares, termistores, pinturas y polvos térmicos y cámaras de infrarrojos. Dos ejemplos donde el monitorizado de temperatura nos alerta de problemas mecánicos son la temperatura del lubricante de salida de cojinetes y la temperatura del agua de refrigeración de la máquina.

1.4.2.2 Control del lubricante

La utilización de filtros magnéticos en la salida de las unidades de lubricación es de todos conocida. La existencia de partículas magnéticas de material da información del estado de las superficies de las partes desgastadas de los cojinetes. Examinar el aceite y los filtros revelará la existencia de partículas en suspensión o depositadas en los filtros. Tanto el desgaste de un nuevo tren de engranajes como el inicio de la fatiga en el contacto están acompañados de pérdida de material. Pero la forma de las virutas es muy distinta en ambos casos.

1.4.2.3 Monitoreo de vibraciones

Este método puede utilizarse para detectar una amplia gama de fallos en la maquinaria, teniendo una aplicación más amplia de control que cualquier otra técnica. Por ejemplo, la medida de vibraciones cerca de los cojinetes de la máquina puede detectar y diferenciar entre desequilibrio, desalineamiento del eje, fallo de cojinetes, fallo en engranajes y otro elemento de transmisión, desgaste, cavitación y numerosos fallos más. Aunque los métodos básicos de monitorización son simples, en muchos casos se puede extraer una gran cantidad de información procedente de las medidas si se aplican las técnicas de procesado de señal.

1.4.2.4 Control de ruidos

Además de en la detección de sonidos espaciales, como los generados por las fugas, el control de ruidos se puede aplicar de la misma forma que la monitorización de vibraciones. Sin embargo, aunque un ruido es indicador del estado de un equipo, éste se origina a partir de la vibración de alguna parte de dicho equipo, por lo que normalmente es más efectivo monitorizar la vibración original.

1.4.2.5 Control de corrosión

Algunos dispositivos eléctricos cambian su resistencia a medida que progresa la corrosión. Usando probetas especiales se puede medir la velocidad de corrosión a partir de la resistencia de polarización de la probeta, ya que la simple medida del potencial entre el electrodo de referencia y el sistema indicará si existe corrosión.

1.4.3 Mantenimiento correctivo

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo (Garcia, 2009).

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción (Garcia, 2009).

La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado (Garcia, 2009).

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la

producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos (Garcia, 2009).

1.5 Aspectos importantes en el mantenimiento de compresores

1.5.1 Lubricación del compresor

Muchas de las fallas comunes de un sistema de refrigeración es entre muchas, por la falta de lubricación y la pérdida de lubricación, provocando con esto la protección de los compresores por la falta de lubricación, pérdida de lubricación y a la falta de ajuste del sobrecalentamiento (superheat) lo cual, en muchas de las veces se refleja en una baja presión de aceite lubricante en el cárter del compresor y la operación incorrecta de su sistema de refrigeración (BOHN, 2012).

Se debe tener siempre en mente que un aceite lubricante frío siempre será más difícil de transportar y sobre todo se debe tener especial cuidado cuando el sistema de compresión (compresor o compresores) se localice a un nivel superior a los evaporadores (BOHN, 2012).

Una de las soluciones para garantizar que el mayor porcentaje de aceite se encuentre en el compresor es que los sistemas de refrigeración cuenten con un separador de aceite correctamente dimensionado siempre y cuando se cumpla con cualquiera de las siguientes condiciones:

1. Compresor o compresores instalados a un nivel superior al evaporador o evaporadores.
2. Aplicaciones de temperaturas por debajo de los 0°C.
3. Recorridos de tuberías considerables
4. En aquellos compresores que no cuenten con cristal mirilla para la visualización del nivel de aceite durante su operación.

Por otro lado, el uso de un acumulador de succión muchas de las veces se recomienda cuando los sistemas de refrigeración operan a temperaturas por debajo de los 0 °C, sistemas con

excesivo regreso de refrigerante líquido tales como en los sistemas de deshielo a gas caliente, sistemas que requieran de excesiva carga de refrigerante para su correcto funcionamiento tales como los sistemas inundados: fábricas de hielo, fabricación de helados, paletas, etc. y en aquellas instalaciones en donde el evaporador o evaporadores se encuentren por encima del compresor o compresores (BOHN, 2012).

1.5.2 Cuatro problemas en la lubricación de compresores de amoníaco

Volatilidad: Un aceite muy volátil irá rápidamente con el amoníaco reduciendo la eficiencia del evaporador y evaporará del sistema, necesitando compensar esta pérdida. Este dato no aparece en sí en las fichas técnicas, pero podemos ver como guía el punto de inflamación. Entre más alto el punto de inflamación, menos volatilidad. Algunos estudios han documentado la reducción de hasta 70% en la cantidad de aceite usado en el curso del año para rellenos del sistema basado en la evaporación (Widman, R., 2008). **Miscibilidad en el amoníaco:** Este valor no aparece en ninguna ficha. Pero sabemos que un aceite nafténico es mucho más miscible que un aceite parafínico o sintético por su solvencia (Widman, R., 2008).

La reacción de compuestos aromáticos con el amoníaco: Un punto raramente considerado es que los compuestos aromáticos y azufres en los aceites nafténicos tienen reacciones químicas con el amoníaco, causando corrosión y depósitos en el sistema (Widman, R., 2008).

Viscosidad: El elemento más crítico en la selección de un aceite lubricante es la viscosidad. En un compresor de amoníaco necesitamos un aceite que lubrica a altas temperaturas del compresor, pero fluye en las temperaturas bajas del evaporador (Widman, R., 2008).

Los aceites más apropiados para las máquinas de frío son los aceites minerales, pero también tienen aplicación los aceites sintéticos. Los aceites minerales se obtienen del petróleo, los de destilado medio son los aceites que se utilizan en las máquinas frigoríficas (Morsel, 1967)

Existen varios aceites lubricantes aprobados por los fabricantes de compresores, de acuerdo al tipo de refrigerante empleado en el sistema de refrigeración; se debe usar un tipo de aceite lubricante aprobado para el refrigerante (BOHN, 2012).

El aceite sintético a base de polialfaolefina, razón a su buena estabilidad respecto al aire que se pueda encontrar en el sistema es muy utilizado en la utilización de amoniaco como refrigerante, tiene además una temperatura de solidificación baja, lo que hace de este un buen lubricante bien adaptado a las bajas temperaturas de vaporización. Presenta también una buena estabilidad química y térmica, así como una baja presión de vapor por lo cual se reduce la cantidad de aceite arrastrado por el vapor de refrigerante a alta temperatura (Instituto Internacional del Frío, 2000).

1.5.3 Nivel óptimo del aceite en un compresor

El nivel óptimo del aceite en el compresor será aquel que permita la lubricación y enfriamiento eficiente de las partes internas del compresor. No existe una regla que establezca el nivel óptimo del aceite más sin embargo recomendamos lo siguiente (BOHN, 2012):

Para aceites POE el nivel mínimo en la mirilla del compresor es de $1/4$ del nivel siempre y cuando este nivel se mantenga constante durante el funcionamiento del compresor.

Para aceites minerales o alquilbenceno la recomendación es que este nivel se mantenga a $1/2$ mirilla del compresor durante el funcionamiento del compresor, Para ambos aceites el nivel máximo es de $3/4$ del nivel de la mirilla del compresor (Figura 10).

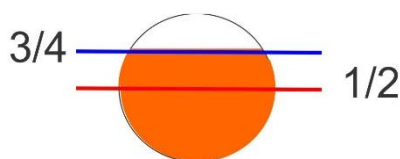


Figura 10 Nivel de aceite óptimo

El nivel de aceite lubricante nunca deberá desaparecer del cristal mirilla durante la operación del compresor y nunca deberá rebasar o cubrir el cristal mirilla cuando el compresor se encuentre en reposo.

1.5.4 Oxidación del aceite

Un punto que típicamente no se considera es la diferencia en oxidación entre aceites nafténicos y parafínicos. Los compuestos aromáticos y las moléculas no saturadas en los aceites nafténicos se oxidan rápidamente (Figura 11), espesándose y necesitando mayor frecuencia de cambios (Widman, R., 2008).

Los depósitos formados por la oxidación y descomposición de los aceites Nafténicos frecuentemente son encontrados en los retenes y otras partes del compresor y el evaporador donde no llega el aceite con bastante presión para eliminarlos. Estos depósitos reducen la eficiencia del sistema y causan mayores daños a los retenes, mayor desgaste de cojinetes, y corrosión de varios componentes (Widman, R., 2008).



Figura 11 Degradación del aceite y oxidación (Widman, R., 2008)

1.5.5 Cambio de aceite

Después del arranque inicial del sistema, el aceite puede contaminarse y deteriorado de forma relativamente rápida después del arranque del sistema de refrigeración debido a las escalas y demás depósitos en tuberías y recipientes. Por lo tanto, la primera sustitución del aceite de

lubricación debe llevarse a cabo a 500 horas después de la puesta en marcha inicial del sistema (MYCOM, 2010).

Durante su funcionamiento regular el aceite de lubricación se deteriora gradualmente a medida que el sistema es operado con el tiempo. Aunque la tasa de deterioro del aceite varía según las condiciones de operación, el tipo de aceite y las cantidades de sustancias extrañas y el contenido de humedad en el aceite, le recomendamos que cambie el aceite cada 5.000 horas de funcionamiento o cada año, lo que ocurra primero. Si los filtros de aceite con frecuencia obstruyen o el aceite se ha vuelto oscuro y poco clara, sustituya el aceite después eliminando la causa del problema (MYCOM, 2010).

1.6 Aceite Lubricante

El aceite tiene como función principal lubricar y enfriar las partes internas en movimiento del compresor; evitando así el excesivo desgaste de las mismas. Asimismo, tiene una función principal en el proceso de compresión formando un sello durante el proceso de compresión del gas refrigerante en el interior de los cilindros en el caso de compresores de diseño a pistón y compresores del tipo tornillo (sello entre tornillos hembra-macho) (BOHN, 2012).

El aceite lubricante generalmente se almacena en el mismo cárter del compresor cuando se trata de compresores a pistón y del tipo scroll. Mientras que en compresores del tipo tornillo, éste se almacena en un depósito de aceite debido que los compresores de tornillo no cuentan con cárter de aceite como tal (BOHN, 2012).

Durante la operación normal del sistema de refrigeración, normalmente cierta cantidad de aceite siempre es bombeado al exterior por el mismo compresor. Es por esto, que se deben tomar medidas para que este aceite lubricante vuelva a su lugar de origen (el cárter del compresor). Las medidas principales a considerar son las siguientes (BOHN, 2012):

1. Contar con un sistema de refrigeración térmicamente balanceado (relación de capacidad calorífica equipo de compresión evaporador dentro del +/- 10 %).

2. Diseño adecuado de diámetros de tuberías.
3. Colocar trampas de aceite y pendientes de tuberías.
4. Colocar separador de aceite o depósito de aceite a la salida del compresor.
5. Cargar con la cantidad de refrigerante adecuada su sistema de refrigeración.
6. Ajustar el sobrecalentamiento de su sistema de refrigeración.

Después de que cierta cantidad de aceite lubricante sale del compresor, este se dirige hacia el separador de aceite (cuando se cuenta con este accesorio) en donde es forzado a que cierta cantidad regrese nuevamente al cárter del compresor pero debido al fenómeno de la miscibilidad entre aceite lubricante y refrigerante; éste último siempre tendera a llevarse consigo cierta cantidad de aceite por todo el sistema de refrigeración pasando primeramente por el condensador (enfriado por aire o por agua) mezclado con el gas refrigerante a alta presión en donde quedará disuelto en el líquido refrigerante condensado (líquido) para posteriormente dirigirse hacia el evaporador (BOHN, 2012).

En el evaporador el refrigerante entra en estado líquido y al transformarse en refrigerante en estado gaseoso, se enriquece la mezcla líquida (Refrigerante líquido-aceite lubricante) con lo cual, el aceite retornará nuevamente al compresor por gravedad y arrastrado por el flujo de gas refrigerante. En el mismo sistema de refrigeración algunas veces también se cuenta con otro accesorio llamado acumulador de succión o como algunos lo llaman “trampa de succión” cuyo objetivo principal es impedir el retorno de refrigerante líquido a la succión del compresor (BOHN, 2012).

Cualquier sistema de refrigeración que garantice el retorno permanente del aceite lubricante, “no presentará problemas mecánicos” derivados de un desgaste prematuro del aceite lubricante o del atrapamiento del aceite en lugares fuera del compresor (condensador, evaporador, etc.) (BOHN, 2012).

1.6.1 Aceites minerales

Los aceites minerales son derivados del petróleo y se pueden clasificar en tres tipos, de acuerdo al crudo de que se obtienen (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).

Con base parafínica.

Con base nafténica.

Con base aromática.

La experiencia ha demostrado que los aceites de base nafténica, son los más adecuados para refrigeración, por las siguientes razones.

- a) Fluyen mejor a bajas temperaturas.
- b) Conservan mejor su viscosidad que los aromáticos.
- c) Hay menos depósitos de cera a bajas temperaturas, ya que contienen menos parafina, que los de base parafínica.
- d) Los depósitos de carbón formados por estos aceites son ligeros, y se eliminan fácilmente.
- e) Son más estables térmica y químicamente, que los aromáticos.
- f) Tienen excelente capacidad dieléctrica.

Los aceites parafínicos en la actualidad, no se utilizan en refrigeración. Los aceites nafténicos son sometidos a un proceso de ultra-desparafinado, y en la actualidad, son los más adecuados para refrigeración. Los aromáticos, derivados del dodecil-benceno, tienden a disminuir su uso (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).

1.6.2 Aceites sintéticos

Aunque los aceites sintéticos para refrigeración existen desde hace más de 25 años, en nuestro país han tenido un uso muy limitado. Los aceites sintéticos tienen características muy superiores a los minerales. A diferencia de los aceites minerales, los cuales son productos destilados directamente del petróleo crudo, los aceites sintéticos se obtienen a partir de reacciones químicas específicas. Por esta razón, su calidad no depende de la calidad de

ningún petróleo crudo, y su composición es consistente todo el tiempo, ya que los componentes son siempre iguales (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).

De lo anterior, se desprende que los aceites sintéticos, son lubricantes que se podría decir que están "hechos a la medida", ya que estos materiales pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades de una aplicación particular. En el caso de los aceites sintéticos para refrigeración, estos materiales se fabrican enfatizando las propiedades de miscibilidad con los refrigerantes, resistencia a bajas y a altas temperaturas, excelente poder lubricante, 100% libres de cera.

Existen varios tipos de aceites sintéticos, pero los que mejor resultado dan en refrigeración son los de Polialquilenglicol (PAG) y los de poliol éster (POE). En la actualidad, con la desaparición de algunos refrigerantes clorofluorocarbonos (CFC's), y la aparición de sus sustitutos, es necesario el uso de aceites sintéticos, ya que algunos de estos nuevos refrigerantes como el R-134a, no son miscibles con los aceites minerales nafténicos ni aromáticos. El R-134a inclusive, ha mostrado poca solubilidad con los aceites sintéticos de alquilbenceno; en cambio, ha mostrado buena solubilidad con los lubricantes de éster, de los cuales hay varios tipos. Por otra parte, los lubricantes sintéticos de PAG, no son compatibles con los clorofluorocarbonos (CFC's), como el R-12. Específicamente, el cloro contenido en estos refrigerantes, puede reaccionar con el aceite sintético y causarle una degradación (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).

1.6.3 Características del aceite

1.6.3.1 Punto de escurrimiento

Es la temperatura más baja a la cual fluiría un aceite. Por definición, el punto de escurrimiento es 3°C mayor que la temperatura a la cual el aceite cesará totalmente de fluir; es decir, el punto de escurrimiento es 3°C, arriba de la temperatura de congelación del aceite. El punto de escurrimiento en los aceites para refrigeración, explícitamente, dependen del contenido de

cera y de la viscosidad. En el caso de aceites de la misma viscosidad, este valor va en relación del contenido de cera (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).

1.6.3.2 Viscosidad

Es la resistencia a fluir que tienen los líquidos. La viscosidad nos indica qué tanto puede fluir un aceite a una temperatura dada. Los aceites se vuelven menos viscosos al aumentar la temperatura, y más viscosos a bajas temperaturas como se muestra en la (Figura 12). Esto es muy importante ya que, en el evaporador, se tienen las temperaturas más bajas del sistema; y si un aceite es demasiado viscoso, se espesará y no fluirá a través del evaporador, acumulándose dentro de éste y disminuyendo la transferencia de calor (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).



Figura 12 Viscosidad del aceite en función de su temperatura (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015)

1.6.3.3 Punto de floculación

Es la temperatura a la cual un aceite empieza a flocular (formar depósitos de cera). Un buen aceite para refrigeración, no debe flocular al ser expuesto a las más bajas temperaturas, que normalmente se encuentran en los sistemas de refrigeración. Todos los aceites para refrigeración contienen algo de cera parafínica, algunos más que otros. La solubilidad de esta

cera disminuye con la temperatura. Cuando a una mezcla de aceite y refrigerante se le disminuye su temperatura, la solubilidad de la cera en el aceite disminuye, hasta que a cierta temperatura, el aceite no puede mantener disuelta toda la cera, y parte de la misma se separa y se precipita. Los aceites para refrigeración deben tener puntos de floculación bajos. Los valores recomendados son: -51°C o menor para aceites utilizados con HCFC y HFC (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).

1.6.3.4 Rigidez dieléctrica

Es la medida de la resistencia de un aceite al paso de la corriente eléctrica. Se expresa en kilovoltios ($\text{kV} = \text{miles de voltios}$) de electricidad requeridos para saltar una distancia de una décima ($1/10$) de pulgada de ancho, entre dos polos sumergidos en el aceite; para efectuar esta prueba. En la celda se coloca el aceite y en los polos se aplica voltaje, el cual se va incrementando gradualmente, hasta que se llega a un voltaje que vence la resistencia dieléctrica del aceite, y salta una chispa de un polo a otro. El aceite debe estar a una temperatura de 25°C . Un buen aceite para refrigeración debe tener una rigidez dieléctrica de 25 kV, o mayor, para todas las viscosidades. Si el aceite está libre de materias extrañas, tendrá un valor de rigidez dieléctrica alto. Si el aceite contiene impurezas, su resistencia al paso de la corriente eléctrica será baja (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).

1.6.3.5 Numero de neutralización

Es una medida del ácido mineral contenido en un aceite. Casi todos los aceites lubricantes contienen materiales de composición química incierta y diversa, los cuales reaccionan con sustancias alcalinas. A estas sustancias se les denomina como "ácidos orgánicos", que normalmente son inofensivos, y no deberán confundirse con los "ácidos minerales", los cuales sí son muy dañinos y corrosivos. La presencia de ácidos minerales en los aceites lubricantes se debe a una mala refinación. Estos ácidos son perjudiciales para la estabilidad del aceite. Su presencia en los sistemas de refrigeración es nociva, ya que corroen las partes interiores, y pueden provocar una rápida descomposición del aceite. El valor de número de neutralización recomendado para los aceites de refrigeración nuevos, debe ser menor de 0.05

miligramos de hidróxido de potasio por gramo de aceite (mg KOH/gr), para todas las viscosidades (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).

1.6.3.6 Carbonización

Todos los aceites para refrigeración pueden ser descompuestos por el calor (figura 13) . Cuando esto sucede, queda un residuo de carbón. Esta propiedad se determina con un aparato llamado "aparato de carbón Conradson". Un buen aceite para refrigeración, no deberá carbonizarse al entrar en contacto con superficies calientes en el sistema, durante su funcionamiento normal. Un buen aceite para refrigeración, deberá tener un valor bajo de carbón Conradson. El valor recomendado para todas las viscosidades es de 0.03% o menor (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).



Figura 13 Carbonización del aceite por altas temperaturas (fotografía en campo)

1.6.3.7 Humedad

Ningún aceite para refrigeración debe contener humedad suficiente como para afectar al sistema. Un aceite debe ser tan seco, como sea posible. La cantidad de humedad que contiene un aceite, se expresa en partes por millón (ppm).

Un aceite para refrigeración cuando sale de la fábrica, normalmente tiene como máximo 30 ppm de agua. Esta cantidad puede incrementarse durante el envasado, traslado y

almacenamiento, por lo que se deben tomar todo tipo de precauciones para no dejar el aceite expuesto al medio ambiente; ya que los aceites son higroscópicos. Esto significa, que tienen la habilidad de absorber la humedad del aire. Al respecto, cabe mencionar que los aceites sintéticos a base de poliol éster (POE), son aproximadamente 10 veces más higroscópicos que los aceites minerales o de alquil benceno (AB) (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).

Los aceites de poliol éster pueden absorber hasta 2,000 ppm, mientras que los minerales absorben 200 ppm. La principal razón es, que los aceites de POE se hacen mezclando un alcohol y un ácido orgánico de éster, y el producto de esta reacción es un lubricante POE y agua. Se elimina el agua y queda el lubricante sólo, pero esta reacción es reversible; es decir, si el lubricante POE se expone a la humedad, se lleva a cabo la reacción inversa y se producen alcohol y ácido. Por esta razón, los lubricantes sintéticos de POE se envasan en recipientes metálicos (latas), bajo un sofisticado método que utiliza vacío y nitrógeno. Si se utilizan envases de plástico, con el paso del tiempo, la humedad atraviesa el plástico y se combina con el lubricante (CASIP CORPORACIÓN S.A., 2015).

1.6.3.8 Compatibilidad de materiales

Uno de los problemas con aceites nafténicos es su alta solvencia, lo cual viene de su alto contenido de compuestos aromáticos. Para saber el efecto de diferentes aceites en los retenes, se usa la prueba ASTM D 471. Aquí notamos el efecto de estos dos aceites en los tres materiales más utilizados en retenes de compresores de amoníaco (Widman, R., 2008)

Tabla 1 Compatibilidad de aceite y materiales (Widmar, R., 2008)

Material	Nafténico	Grupo II
Goma Nitrilo	Endurece 2.1 puntos Expande 1.3%	Endurece 8.0 puntos Contrae 3.6%
Goma de neopreno	Ablanda 32.7 puntos Expande 45.2%	Ablanda 5.2 puntos Expande 5.4%
Viton	Endurece 1.4 puntos Expande 0.6%	Ablanda 0.1 puntos Expande 0.3%

Se puede observar en la (tabla 1) que los retenes de neopreno son muy susceptibles a deterioración con aceites Nafténicos. Sellos deteriorados por aceites Nafténicos tienen que

ser reemplazados con frecuencia, y deberían ser cambiados antes de cambiar al aceite grupo II. El cambio de aceites nafténicos al aceite altamente refinado API grupo II como el American Ammonia Refrigeration Oil (Widman, R., 2008):

- Aumentará la eficiencia del sistema.
- Reducirá la cantidad de aceite usado hasta 70% en rellenos.
- Extenderá el intervalo entre cambios de aceite. Frecuentemente se puede aumentar hasta 6 veces este intervalo.
- Reducirá el taponamiento de filtros.
- Reducirá las reparaciones del compresor y la limpieza del evaporador
- Al hacer el cambio en compresores con retenes de goma neopreno, hay que revisar bien los retenes o cambiarlos, ya que pueden estar en mal estado.

1.7 Mantenimiento en condensadores evaporativos

El condensador evaporativo es uno de los medios más modernos y mayor ampliamente utilizado por la industria de la refrigeración industrial, en plantas de proceso, para ahorrar energía en su operación. Estos equipos se fabrican mayormente con tubos de acero al carbón de diferentes calibres comerciales, que después de fabricado el intercambiador de calor es galvanizados por inmersión en zinc caliente para generar una capa protectora, al exterior solamente, contra la corrosión a la que estos equipos están expuestos durante su trabajo (SIRSA Titanio, 2013).

1.7.1 Pérdidas de Agua en el equipo

El rendimiento de estos equipos condensadores depende de la humedad relativa del aire y de la temperatura de condensación del fluido, la diferencia entre las temperaturas de condensación y la media del agua de refrigeración varía entre 4 y 7°C, lo que permite mejores rendimientos que pueden reducir la potencia del compresor (Sánchez, 1998).

El consumo de agua teórico se fija entre un 1.5 a 3 % respecto al otro tipo de condensadores aumentando en los meses de verano de un 5 a 10%, además del agua arrastrada por el aire para producir el enfriamiento es necesario considerar el agua de purga. Por lo que se fijan valores de consumo de agua de 10 al 15%. Las velocidades superficiales del aire son de 1.6 a 2.5 m/s para evitar el arrastre de gotitas de agua (Sánchez, 1998).

1.7.2 Mantenimiento

Mensualmente deberá revisarse la bandeja. Debe comprobarse que no presenta suciedad general, algas, lodos, corrosión, o incrustaciones. El agua debe estar clara y limpia. Con periodicidad semestral deberá revisarse el relleno, verificándose la ausencia de restos de suciedad, algas, lodos, etc. Así mismo, debe comprobarse su integridad. Semestralmente deben revisarse las tuberías y el condensador (Grupo Beta, 2003).

Para facilitar la inspección conviene disponer de algún punto desmontable que permita revisar las superficies interiores al menos en un punto como representación del conjunto de tuberías. Con una periodicidad mínima anual, aunque se recomienda semestral, debe revisarse el separador de gotas. No debe presentar restos de suciedad, algas o lodos y debe estar correctamente colocado sobre el marco soporte. Dada su importancia, se asegurará su correcta instalación e integridad después de cada limpieza y desinfección. Deberán revisarse los filtros y otros equipos de tratamiento del agua, comprobando si se encuentran correctamente instalados y en buenas condiciones higiénicas. En el caso de filtros en aporte, la revisión se realizará semestralmente, mientras que en el caso de filtros en recirculación y otros equipos, la revisión será mensual. Anualmente deberá revisarse el exterior de la unidad, que no debe sufrir corrosión y debe presentar integridad estructural (Grupo Beta, 2003).

1.7.3 Deterioro del equipo

Los condensadores evaporativos, por lo general y como característica estándar, han sido fabricados con tuberías de acero al carbón las cuales son galvanizadas por inmersión post fabricación como una medida de proteger el exterior del evaporador contra la corrosión y

comercialmente es lo único que existe en el mercado, como materiales adicionales y sobre pedidos especiales se comercializan fabricados en cobre (para refrigerantes freones solamente) y en acero inoxidable los cuales se reconocen por la alta calidad en resistencia de los metales a la corrosión los condensadores comerciales de acero galvanizado tienen un límite de vida ya que la protección galvanizada no es eterna así tampoco los laminados exteriores ni los depósitos del agua que se corroen totalmente y requieren de ser reemplazados con el tiempo, así mismo es indispensable alimentación química durante toda la vida útil del equipo, esto para reducir solamente mas no para evitar, la incrustación que se genera por el depósito de sales minerales en la tubería, durante el efecto de evaporación, que a su vez esto reduce drásticamente la eficiencia del intercambio de calor, generando así altos costos de energía eléctrica por operar en alta presión ya que la presión de operación es determinante para el valor de consumo de energía eléctrica gastado en la compresión (SIRSA TITANIO, 2013).

1.7.4 Periodos de parada

Si la unidad se va a parar por largos períodos de tiempo se recomienda que se ejecute lo siguiente, adicionalmente a las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes de todos los componentes (EVAPCO, 2011).

Los cojinetes del ventilador y del motor necesitan ser girados manualmente al menos una vez al mes. Esto puede hacerse bloqueando y con tarjeta de desconexión el desconectado de la unidad, agarrando el conjunto ventilador, y rotándolo varias vueltas.

Si la unidad parará más de un mes, pruebe semestralmente la resistencia del aislamiento de las bobinas del motor.

Si el motor del ventilador permanece parado por al menos 24 horas mientras la bomba de rociado está funcionando distribuyendo agua sobre el serpentín, se sugieren calefactores en el espacio del motor y (si los tiene) deberían ser conectados. Alternativamente, los motores de ventiladores deben estar funcionando durante 10 minutos, dos veces al día, para expulsar la humedad de condensación de las bobinas del motor los motores de ventiladores deben ser

energizados por 10 minutos, dos veces al día, para expulsar la humedad de condensación de las bobinas del motor.

1.8 Características de importancia en evaporadores

1.8.1 Operativas

La evaporación del fluido debe hacerse perfectamente por ebullición y el vapor debe salir saturado y seco así el compresor, en caso contrario se coloca un separador de líquido (Sánchez, 1998).

El fluido circulara por el evaporador produciendo una pérdida de carga mínima, pero con la velocidad suficiente para originar una buena transferencia de calor, en su interior deben separarse, los fluidos frigoríficos de todas las impurezas incluso el aceite (Sánchez, 1998). Debe presentar estanqueidad y solidez respecto al refrigerante utilizado.

1.8.2 Métodos de alimentación de refrigerante

1.8.2.1 Expansion directa o expansión seca

Estos sistemas se caracterizan en que el refrigerante abandona el evaporador únicamente en forma de vapor. El fluido recorre todo el elemento y luego sale en forma de vapor frío. Este evaporador es utilizado principalmente para los aires acondicionados, sin embargo, no es recomendable para lugares amplios (Dossat & Horan, 2001).

1.8.2.2 Inundados

Estos tipos trabajan con refrigerante líquido, contienen una cámara donde es recolectado el refrigerante, lleno, que mantiene humedecida la superficie del evaporador. Este líquido circula por los canales especiales produciendo de esta manera el vapor frío. A su vez, este elemento contiene un acumulador de vapor que funciona también como receptor de líquido.

Es altamente eficiente en áreas industriales, se suele utilizar amoníaco como refrigerante (Coronel, s.f.).

1.8.2.3 Recirculados

El refrigerante que se encuentra en este sistema es en mucha mayor proporción que en los anteriores. Esto tiene como consecuencia vaporización fría significativamente superior. El exceso del líquido es separado del vapor en un receptor de baja presión o acumulador y es recirculado hacia el evaporador, mientras que el vapor es extraído por la succión del compresor. Los rangos de razón de circulación son desde un valor de 2 a 1 hasta valores altos de 6 ó 7 a 1, se usan los rangos altos con amoníaco y los bajos con los refrigerantes 12, 22, y 502 (Danfoss, 2007) (Dossat & Horan, 2001).

1.8.3 Higiénicas y de mantenimiento

Debe ser de fácil limpieza, y en su caso de desescarche; acceso fácil para inspecciones, y limpieza además de disponibilidad para purgar aceite, lo que repercutirá en un bajo coste de mantenimiento. Un evaporador que reúna estas características funcionará bien siempre que tenga una buena alimentación de líquido refrigerante, la velocidad de alimentación dependerá de la velocidad de vaporización del refrigerante, la cual aumenta con la carga térmica (Sánchez, 1998).

1.8.4 Escarche y des escarche en evaporadores

A temperaturas de la superficie por debajo de los 0°C, el vapor de agua que se halla en suspensión en el aire que atraviesa en el evaporador, se congelara sobre los tubos. Provocando la formación de escarcha o incluso una capa de hielo, esto provoca (Sánchez, 1998):

Una disminución del coeficiente de transferencia de calor y una reducción del volumen efectivo de aire a través de los tubos y de las aletas dado que la caída de presión del aire aumenta y el flujo de este disminuye.

Debido a estas razones el consumo energético de la planta aumentara al incrementarse el tiempo de operación de los equipos, siendo necesario el desescarche de forma regular algunos de los métodos son, por resistencia eléctrica, el uso de gas caliente, o aspersión de agua. La mejor frecuencia de desescarche es de 3 a 4 veces al día, realizando un desescarche cada 6 u 8 horas. El tiempo de desescarche con gas caliente oscila entre los 15 y 20 minutos y el eléctrico de 30 minutos (Sánchez, 1998).

1.8.5 Presencia de aceite en el evaporador y otros puntos

La zona o punto más frío de un sistema de refrigeración es el “Evaporador” es por esto, que el aceite lubricante al llegar a este punto se enfría debido a la temperatura de funcionamiento del evaporador por lo cual, el aceite tomara una consistencia viscosa difícil de mover. Mientras más baja sea la temperatura de operación del evaporador, será más difícil hacerlo fluir, Por lo antes mencionado es que en una correcta instalación (figura 14) , como primera recomendación de debe contar con tuberías de succión con una pendiente hacia el compresor (BOHN, 2012).



Figura 14 Evaporadores con arreglo en tubería para evitar obstrucciones por aceite (BOHN,2012)

1.9 Deterioro de tuberías, tanques y válvulas

Una parte importante del desarrollo e implementación de un programa de integridad mecánica efectiva es identificar aquellas áreas de los sistemas de refrigeración industriales que presentan riesgo de fugas de refrigerante. Históricamente, las tuberías de refrigerante han sido el componente del sistema que participa en la mayor cantidad de fugas, por lo que es una prioridad para abordar como parte del programa de integridad mecánica de la planta. En comparación, compresores, bombas de refrigerante y los tanques también requieren atención y mantenimiento preventivo, pero estos componentes tienden a estar situados en el centro haciendo inspecciones y pruebas más fáciles. La naturaleza distribuida de la tubería (incluidas las válvulas) ya que se ejecuta en toda la instalación hace que la inspección y pruebas para asegurar su integridad mecánica es más difícil (ASHRAE, 2007).

Corrosión uniforme es el adelgazamiento gradual de material de la pared debido a la oxidación de material por la progresión del proceso de corrosión. El examen visual de la superficie por sí sola no puede dar una indicación adecuada de la gravedad de la corrosión ya que toda la superficie está siendo retirada de manera uniforme. Si se sospecha de corrosión uniforme, se recomienda una medición del espesor de la pared usando un medidor de espesor por ultrasonidos o un dispositivo similar para cuantificar la pérdida de material (ASHRAE, 2007).

1.9.1 Corrosión por picaduras

Es la pérdida de material localizada de un tubo que forma una o más cavidades o pozos en la superficie. La identificación visual de la corrosión por picaduras es fácil y obvio (Figura 15), pero sólo si existen picaduras en las proximidades de la tubería que está siendo examinado. La gravedad de la picadura está dictada por la densidad de los hoyos y por la profundidad del pozo más profundo. Si no se produce normalmente cuando un pozo penetra totalmente la pared (ASHRAE, 2007).



Figura 15 Picadura en tubería (ASHRAE, 2007)

1.9.2 Erosión

Es la pérdida de material debido al choque repetido de sólidos en suspensión o de alta impulso de dos fases flujo de refrigerante que incide sobre las superficies internas. Una de las áreas de mayor riesgo para la erosión se produce en el radio exterior de un codo cuando los sólidos en suspensión (es decir, escoria de soldadura, suciedad, u otros residuos) inciden debido al cambio en la dirección del flujo. Del mismo modo, las gotas de líquido arrastradas en el vapor de amoníaco y amoníaco acelerado a velocidades más altas pueden erosionar las partes interiores de un recipiente (por ejemplo, boquillas de retorno o de entrada maquillaje húmedas) o codos de tuberías en el mismo método que el refrigerante cargado de desechos. Un ejemplo que ilustra los efectos de la erosión se muestra en la (figura 16), que muestra la pérdida interna de material de la pared en una válvula de globo causada por el cambio en la dirección del flujo de refrigerante de dos fases a través de la válvula. Una vez erosionado, estas válvulas se vuelven incapaces de detener el flujo de refrigerante (ASHRAE, 2007).

Puesto que se produce internamente, la erosión de la tubería es difícil de detectar sin el uso de medidores ultrasónicos de espesor, radiografía u otras tecnologías de inspección no destructiva adecuados para la cuantificación de espesor de pared. Las inspecciones dirigidas a identificar el grado de erosión deberían concentrarse en áreas de un sistema de tuberías con

cambios de dirección, tales como codos, válvulas o boquillas en el que el flujo de refrigerante es alta velocidad, de dos fases o de partículas cargadas (ASHRAE, 2007).



Figura 16 Erosión presente en una válvula de globo (ASHRAE, 2007)

1.9.3 Corrosión Externa debajo el aislamiento

La corrosión bajo aislamiento no es una forma distinta de la corrosión; más bien se refiere a la ubicación donde la pérdida de material se está produciendo, por debajo del material de aislamiento y en las superficies externas de las tuberías (y los recipientes). La aparición de la CUI es oportunista y por lo general se produce cuando el vapor de agua o agua migra a un sistema de aislamiento y llega a las superficies de acero al carbono subyacentes (Figura 17). La fuente de humedad es variable, pero a menudo se origina de la lluvia, una fuga de agua (ASHRAE, 2007).

Poco relacionado con corrosión bajo aislamiento, es la corrosión que puede ocurrir en la tubería sin aislar, oculta en líneas de tuberías y detrás de las paredes. La ubicación oculta de esta tubería hace difícil inspeccionar visualmente, por lo que es susceptible a la corrosión por picaduras. Superficies en el mayor riesgo de fallo prematuro son aquellas cuyas temperaturas fluctúan por encima y por debajo del punto de congelación del agua.

El mejor método para inhibir la corrosión bajo aislamiento es para evitar que la humedad entre en contacto con la superficie del tubo. Esta protección se inicia con un sistema de aislamiento que cuenta con una capa de cubierta exterior adecuada junto con una barrera de vapor correctamente aplicada. Además, la especificación y la instalación de un buen material de aislamiento de célula cerrada que está estrechamente ligado a la tubería inhiben aún más la migración de humedad. Una vez puesto en servicio, el sistema de aislamiento debe mantenerse correctamente.



Figura 17 Tubería corroída por infiltración de humedad (ASHRAE, 2007)

Desafortunadamente, la mayoría de los sistemas de aislamiento no son reparados o reemplazados hasta que exista una falla en el sistema, por ejemplo, perforado de aislamiento que a menudo es precedido por una falla no detectada del aislamiento con prontitud (ASHRAE, 2007).

Como una defensa secundaria, es imperativo para recubrir la tubería con algo más que la protección aplicada en el momento de la fabricación. Existen varias opciones incluyendo prime-pintura, de dos partes epoxi, pinturas de esmalte, y otros. La falta de un recubrimiento protector sobre los componentes aislados puede absorber de la humedad en el aislamiento, donde se condensa y, posiblemente, se congela. Una vez congelado, el hielo se expande e irreversiblemente daña el aislamiento. Tras la fusión, existe una brecha más grande, lo que permite una cantidad aún mayor de la humedad a ser atrapado y hacer más daños en el sistema de aislamiento durante el siguiente ciclo de congelación y descongelación. Ejemplos de estas

superficies incluyen líneas de retorno de condensado de descongelación, vasos de transferencia de líquidos y líneas de retorno de succión mojadas (ASHRAE, 2007).

1.9.4 Corrosión bajo tensión

Corrosión bajo tensión (SCC) es la iniciación y propagación de micro fisuras causados por los efectos combinados de la tensión de tracción junto con la superficie de contacto directo con un producto químico (Figura 18). El estrés puede ser aplicado externamente, térmica, o residual del proceso de fabricación. Curiosamente, la aparición y propagación de SCC no requiere que la tensión aplicada o residual esté por encima de límite de elasticidad del material. Este estrés, junto con materiales susceptibles y el medio ambiente, causas inherentes o pequeñas grietas formadas en el material; con ello, alivia el estrés del material (ASHRAE, 2007).



Figura 18 Formación de grietas en pared interna (ASHRAE, 2007)

Si el nivel de estrés es bajo, las grietas se limitan (propagación parada) antes de alcanzar la superficie exterior de la pared de la tubería (o recipiente). Si el nivel de estrés es alto, las grietas tienen el potencial de propagarse completamente a través del grosor de toda la pared que resulta en una fuga. La propagación de grietas SCC es usualmente un proceso lento de 0.004 a 4.0×10^{-11} in/s² (ASHRAE, 2007).

Aleaciones a base de hierro son particularmente susceptibles a la SCC cuando se somete a una serie de productos químicos, incluyendo la combinación de amoníaco y oxígeno. La mezcla de amoníaco anhidro con el oxígeno parece ser una combinación sinérgica que puede causar y/o contribuir a SCC en acero de bajo carbono y de baja aleación ferrosa^{3,4}. Además de acero al carbono, sistemas que utilizan cobre y acero inoxidable también pueden sufrir de

SCC. Cobre y aleaciones experimentan SCC en presencia de nitratos acuosa, nitritos, amoníaco y vapor.

En un sistema de tuberías, soldaduras y de las zonas afectadas por el calor adyacentes son áreas potencialmente susceptibles al estrés agrietamiento por corrosión. Grietas y defectos tales como picaduras también pueden servir como puntos de aumento de estrés y por lo tanto preexistentes han aumentado la posibilidad de la iniciación de SCC. La detección de SCC es muy difícil, ya se origina en el interior de la tubería o de los recipientes (ASHRAE, 2007).

1.9.5 Soldadura discontinua

Las discontinuidades en las soldaduras se pueden considerar "defectos" por el código de tubería de refrigerante (ASME B31.5, 2006 tuberías de refrigeración y componentes de transferencia de calor), son prácticamente inevitables debido a los muchos factores que influyen que son difíciles o imposibles de controlar durante el proceso de soldadura, ya sea en la fabricación o en campo bajo condiciones variables. La soldadura discontinua (Figura 19), se puede crear mediante la inadecuada elaboración conjunta, una técnica inadecuada de soldadura, la selección inapropiada de los materiales de soldadura, o ineficacia del soldador. La Inspección adecuada tanto por el soldador y el inspector durante todo el proceso de fabricación, comenzando con el equipamiento antes de la soldadura, puede reducir significativamente las discontinuidades y defectos de soldadura (ASHRAE, 2007).

Ya que la inspección radiográfica o ultrasónica no se requiere explícitamente en el código de la tubería de refrigerante (ASME B31.5) en la tubería de una nueva construcción para la mayoría de los refrigerantes, dos defectos de soldadura comunes son la falta de penetración (o la falta de fusión) y la inclusión de escoria. Realizar una inspección visual de la soldadura en la etapa final sólo proporciona una indicación de la condición de la misma. Muchos recomiendan la inspección visual de la etapa inicial y final del proceso de soldadura y por ultrasonidos o radiográfica en un pequeño porcentaje de todas las soldaduras sobre la terminación (ASHRAE, 2007).



Figura 19 Prueba de radiografía aplicada en una soldadura discontinua (Metalografía Universidad Tecnológica de Pereira)

1.9.6 Desarrollo de un procedimiento de inspección visual

A diferencia de otras técnicas de inspección, hay un estándar para la inspección visual de las tuberías de refrigerante actualmente existen. Algunas guías, se puede encontrar en el artículo 9 de la Sección V de la caldera y Presión código de recipientes ASME, que fue escrito para la construcción de recipientes a presión. El código proporciona recomendaciones para la creación de un procedimiento de inspección visual incluyendo una prueba para establecer la idoneidad del programa.

El examen visual directo puede ser realizado por lo general cuando el acceso para observar es suficiente dentro de 24 in. (600 mm) de la superficie a examinar y en un ángulo no inferior a 30 grados a la superficie a examinar (Figura 20). Pueden usarse espejos para mejorar el ángulo de visión, y auxilios tales como una lente de aumento para ayudar a los exámenes (ASME, 2010).

Se requiere de iluminación (luz blanca natural o suplementaria) de la pieza, componente, recipiente, o la sección específica de la misma que se examina. La intensidad de luz mínima en el examen superficial y / o Zona será de 100 pies candela (1000 lux). La fuente de luz, la técnica utilizada, y se requiere la verificación de nivel de luz, y se mantiene documentado y archivo (ASME, 2010).

IIAR Boletín 1108 recomienda una inspección visual de todos los recipientes a presión, esta se lleva a cabo anualmente. Muchos programas de integración mecánica han adoptado este mismo período de tiempo para la inspección de sus tuberías. La inspección se realiza típicamente por personal de la planta y se realiza en conjunto con otras actividades, como la verificación de las etiquetas de las válvulas, la inspección de las válvulas y otras tareas que también requerirían caminar la longitud del sistema de tuberías (ASME, 2010).



Figura 20 Inspección visual en tuberías (ASME, 2010)

1.10 Incidentes con amoníaco

En situaciones en que el flujo de amoníaco está fuera de control, es decir cuando se producen fugas, se presenta una situación de riesgo para la salud humana, particularmente para la integridad física de las personas que se encuentran en las proximidades de este tipo de eventos, Las estadísticas internacionales de accidentes con amoníaco en plantas frigoríficas indican que los accidentes con este elemento, tienen su origen en el siguiente orden de importancia: deficiente mantenimiento de válvulas, purgas, trasvase de amoníaco, mangueras y cañerías (Vio , 2012).

1.10.1 Deficiente mantenimiento en válvulas

Para reducir el riesgo de fallas, se debe considerar en el plan preventivo, la calibración y mantención anual de válvulas de seguridad, de alivio de presión, efectuada por técnicos con

la debida competencia certificada por alguna institución tecnológica o del Estado (Vio , 2012).

1.10.2 Purgas

Para reducir el riesgo de daños a la salud de los operarios, se debe utilizar los equipos de protección personal cada vez que se efectúen purgas y utilizar válvulas de corte rápido. El operador nunca puede dejar de estar presente en esta operación (Vio , 2012).

1.10.3 Traspase de amoniaco

Para reducir el riesgo de daños a la salud, se deben utilizar los equipos de protección personal cada vez que se efectúen trasvases de amoníaco o recargas, para lo cual se deben utilizar mangueras específicas para amoniaco y purgar los vapores remanentes en recipientes con agua, restringiendo en todas las operaciones el ingreso de personas ajenas a las operaciones. El operador nunca puede dejar de estar presente en esta operación (Vio , 2012).

1.10.4 Tubería

Para reducir el riesgo de roturas o filtraciones, se debe considerar en el plan preventivo la medición planificada de espesores, revisiones para verificar permanentemente su estado y efectuar pruebas de presión, efectuadas por personal técnico con la debida competencia (Vio , 2012)

1.10.5 Mangueras

Se deben utilizar siempre mangueras específicas para amoníaco. Asimismo, se debe descartar mangueras vencidas. Duran máximo cinco (5) años. En caso de detectar cualquier defecto, daño mecánico, desgaste de material o falla en las conexiones deben ser descartadas. Jamás utilizar mangueras que no se han fabricado exclusivamente para amoníaco (CECPP, 2013)

1.11 Daños por exposición al amoniaco y primeros auxilios

1.11.1 Inhalación

Irrita y quema el tracto respiratorio produciendo laringitis, dificultad para respirar, tos y dolor de pecho. En casos graves, produce edema pulmonar y neumonía, inclusive, puede ser fatal. En casos extremos de exposición a concentraciones altas, se presentan da os severos a los pulmones y efectos cardiovasculares secundarios que provocan convulsiones, coma y finalmente la muerte. Los principales efectos se detectan en el tracto respiratorio superior, debido a su gran solubilidad en los fluidos acuosos y por lo general son reversibles, sin embargo, se ha informado de casos de bronquitis crónica provocada por este producto (Facultad de química, 2007).

Las personas expuestas deberán ser sacadas inmediatamente a zonas no contaminadas. Si la exposición ha sido de poco tiempo en concentraciones débiles, generalmente no será necesario el tratamiento. Cuando la exposición es en altas concentraciones, se debe llevar de inmediato a la persona al aire libre, llamar al médico y quitar la ropa en caso de que hayan sido salpicadas o se encuentren impregnadas por líquido; mantener a la víctima en reposo, y abrirla con cobertores o bolsas de agua caliente. Si el paciente no respira, se deberá aplicar un método artificial para iniciar la respiración. Es muy conveniente que el personal conozca el procedimiento para dar respiración artificial, ya que la intoxicación por inhalación es la clase de accidente más serio que puede presentarse (CECPP, 2013).

1.11.2 Contacto con la piel

Cuando se produce el contacto con el líquido (gas licuado), puede causar congelamiento por la rápida evaporación a la baja temperatura a que se encuentra, y así como graves quemaduras cutáneas. Además, la característica corrosiva de este puede provocar tanto escoriaciones como dermatitis de contacto. Los síntomas que presenta la persona afectada son: enrojecimiento y dolor agudo (tipo quemadura) en la zona afectada (Vio , 2012).

En caso de que el amoníaco licuado llegue a caer sobre la piel, de inmediato deberá lavarse con agua abundante la parte o partes afectadas y mientras tanto, despojarse de las ropas contaminadas. Si cae solución amoniacal, todas las ropas deben ser retiradas de inmediato y el área afectada debe lavarse con agua fría en abundancia, y si es posible, tratar de neutralizar el amoníaco con jugo de limón, vinagre, solución de ácido acético, solución de bórax o ácido bórico y finalmente, lavar de nuevo con bastante agua. Lo anterior deberá realizarse siempre bajo supervisión médica (CECPP, 2013). No aplique pomadas o ungüentos a las partes afectadas. Si la piel está dañada, lave con jabón suave y agua (Botta, 2002).

1.11.3 Ingestión

Este material es gaseoso en condiciones atmosféricas normales siendo poco probable su ingestión. La ingestión de amoníaco líquido puede resultar en una grave irritación o ulceración de la boca, garganta o aparato digestivo que se manifiesta en forma de náusea, vómito, diarrea y que, en casos extremos, puede llegar a producir desmayo, conmoción y muerte (Botta, 2002).

Si se ha ingerido en estado líquido, mantenga a la víctima abrigada y obtenga atención médica. Si se observan síntomas de obstrucción respiratoria, traslade al paciente inmediatamente a un centro hospitalario. No induzca el vómito. Nunca proporcione líquidos ni induzca el vómito al paciente si se encuentra inconsciente o presenta convulsiones (Botta, 2002). Si se presenta el vómito coloque a la persona boca abajo, con la cabeza más baja que la cadera para evitar que el vómito pase a los pulmones (CECPP, 2013).

1.11.4 Contacto con los ojos

El gas actúa en forma corrosiva sobre las mucosas oculares, pudiendo causar graves lesiones corneales a altas concentraciones. El contacto con el amoníaco líquido puede causar congelación por evaporación, quemaduras e incluso ceguera. Características de un accidentado: Enrojecimiento de los ojos, lagrimeo, visión borrosa e incluso ceguera temporal, conjuntivitis y un dolor agudo en la zona de los ojos (Vio, 2012).

Si el amoníaco penetra en los ojos, aun en pequeñas cantidades, éstos deberán lavarse inmediatamente con agua en abundancia, por lo menos durante 15 minutos. Los párpados deberán mantenerse abiertos durante el lavado para asegurar el contacto del agua en los tejidos de la superficie de los ojos. Deberá consultarse al médico lo más pronto posible. Si después de 15 minutos de lavado, persisten las molestias, se continuará el lavado por otros 15 minutos. No se debe aplicar aceites o pomadas, a menos que sea por prescripción médica (Instituto Nacional de Toxicología, 2003).

1.12 Gases no condensables

Los gases no condensables están presentes en los sistemas de refrigeración al inicio del proceso de instalación, cuando las tuberías y las conexiones están llenas de aire. Por consiguiente, si no se aplica un buen vacío de proceso, el aire puede quedar atrapado en el sistema. Además, el aire puede entrar en el sistema debido a fugas, al abrir el sistema para realizar su mantenimiento, a través de los componentes del sistema, debido a fugas en conexiones soldadas en las que la presión del amoníaco sea menor que la presión atmosférica (temperaturas de evaporación inferiores a $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$), al añadir aceite, etc (Danfoss, 2014).

Asimismo, las impurezas del refrigerante y/o la descomposición del refrigerante o el aceite lubricante debido a las altas temperaturas de descarga pueden generar gases no condensables (por ejemplo, el amoníaco se descompone en nitrógeno e hidrógeno).

1.12.1 Ubicación y detección

Los gases no condensables están presentes en el lado de alta presión del sistema de refrigeración, principalmente en los puntos más fríos y menos agitados del condensador. Una manera sencilla de verificar la presencia de gases no condensables en el sistema es comparar la diferencia de presión entre la presión de condensación real (lectura del manómetro del recipiente) y la presión saturada correspondiente a la temperatura medida a la salida del condensador. Por ejemplo, si la temperatura a la salida del condensador en un sistema de amoníaco es de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, la presión saturada asociada será de 10,7 bar; si la lectura del

manómetro es de 11,7 bar, existirá una diferencia de 1 bar debida a la presencia de gases no condensables (Danfoss, 2014).

1.12.2 Problemas generados

El aire tiende a formar una película sobre las tuberías del condensador, aislando la superficie de transferencia de calor del refrigerante en el condensador. El resultado es una reducción de la capacidad del condensador y, por tanto, un aumento de la presión de condensación. La eficiencia energética disminuirá y, en función de la presión de condensación, las posibilidades de que se produzcan problemas asociados al aceite aumentarán (Danfoss, 2014).

La reducción de la capacidad del condensador es una realidad, pero resulta muy difícil de determinar. Los fabricantes de sistemas de purga de aire han proporcionado algunos datos que indican una reducción de capacidad del 9-10 % por cada bar de aumento de la presión de condensación. Si se requiere un cálculo más exacto, la ASHRAE proporciona algunas directrices sobre cómo realizarlo, así como algunos ejemplos de investigaciones emprendidas con los resultados obtenidos (manual de sistemas y equipos HVAC, gases no condensables). Otros fabricantes estiman los riesgos y los costes asociados correspondientes al lado del compresor. A medida que la presión de condensación y la temperatura de descarga aumenten, habrá más riesgos para los cojinetes debido a problemas con el aceite, así como un incremento del coste de funcionamiento del compresor. Sobre la estimación de costes influirán el tipo y el tamaño de los compresores de la planta (Danfoss, 2014).

1.12.3 Sistemas de purga de aire

El aire o los gases no condensables pueden purgarse y eliminarse del sistema manualmente. Esta operación la realiza el personal de mantenimiento y puede generar pérdidas excesivas de refrigerante. Otra forma de purga es la llamada purga refrigerada: los gases procedentes de los puntos de muestreo se enfrían dentro de una cámara con aceite de refrigeración, con el propósito de condensar el refrigerante y devolverlo al sistema. Los gases que queden en la

cámara deben purgarse a la atmósfera. La idea de la refrigeración y la condensación es reducir las emisiones de refrigerante (Danfoss, 2014).

El refrigerante usado en el serpentín de refrigeración puede ser el mismo que el de la planta de refrigeración u otro diferente. La ubicación de la conexión de purga es bastante difícil de determinar y depende del sistema y el tipo de condensador.

1.13 Sistema de protección, seguridad y equipo de emergencias

1.13.1 Ventilación

Durante el funcionamiento normal de la instalación, la renovación del aire debe asegurarse por ventilación natural o forzada para evitar el estancamiento eventual del amoniaco, en caso de fuga el sistema de ventilación debe ser activado por un detector (Instituto Internacional del Frío, 2000).

1.13.2 Detector de amoniaco

Haya o no personal presente en la planta es preciso instalar detectores de amoniaco. Estos detectores, dispuestos en lugares estratégicos, pueden indicar la presencia de este gas en concentraciones diferentes y disparar niveles de alarma para cada caso (Instituto Internacional del Frío, 2000):

Nivel bajo de alarma para protección de personas: activa una alarma sonora o luminosa y acciona una ventilación mecánica adaptada. Este nivel bajo debe ser instalado en las zonas donde existe presencia permanente de personal, como máximo de concentración 600ppm.a reserva de evacuación de personal den 2 minutos. El proyecto de norma europea prevé este nivel bajo de alarma a 500ppm ($380\text{mg}/\text{m}^3$).

Nivel alto de alarma: Este nivel debe de activar los equipos de seguridad y parar el sistema frigorífico a una concentración de 1200 ppm si existe personal permanente y 4000 ppm si no.

Este nivel de alarma regula las medidas relativas a todo el personal del establecimiento (Instituto Internacional del Frío, 2000).

1.13.3 Control de nivel de líquido

Es un elemento importante a la hora de diseñar sistemas de refrigeración industrial. Controla la inyección de líquido para mantener un nivel de líquido constante. Para diseñar un sistema de control del nivel de líquido pueden aplicarse dos principios básicos diferentes (Danfoss, 2014):

Sistema de control del nivel de líquido de alta presión (LLRS HP).

Sistema de control del nivel de líquido de baja presión (LLRS LP).

1.13.4 Válvulas de seguridad

Los dispositivos de alivio de presión (por ejemplo, las válvulas de seguridad) están diseñados para aliviar automáticamente el exceso de presión a una presión que no rebase el límite permitido y cerrarse una vez que la presión haya caído por debajo de dicho límite (Danfoss, 2014).

Las válvulas de alivio de presión de seguridad individuales o dobles u otros dispositivos de alivio adecuados serán siempre instalados en los tanques, intercambiadores de calor, ollas de aceite, alambiques de petróleo y en otras partes del sistema de refrigeración de amoníaco, tal como se especifica en la Sección 3.11 de la norma ANSI / IIAR 2-1992 y los requisitos generales de la Sección 9 de la norma ANSI / ASHRAE 15 hasta 1994 (IIAR, 1997).

Todos los dispositivos de descompresión deben estar conectados directamente a la vasija de amortización u otra parte del sistema protegida, e instalados de manera que sean fácilmente accesible para su inspección y reemplazo. Todas las válvulas de alivio de presión se seleccionan con una presión que no exceda la presión de diseño de las partes del sistema protegido. Las válvulas de seguridad se entregarán selladas por el fabricante y marcadas con

una placa de especificaciones técnicas como lo requiere la Sección VIII, División I, ASME para calderas y recipientes a presión Código. [Sección 3.11.3 of ANSI/IIAR 2-1992] (IIAR, 1997).

1.13.5 Equipo de protección personal para chequeos rutinarios y mantenimiento preventivo

Mantener buenas medidas de seguridad en las instalaciones evitará al máximo accidentes y condiciones inseguras, proporcionando a los trabajadores seguridad y confianza en la realización de sus labores (CECPP, 2013).

Casco.

Máscara de rostro completo con filtro para amoníaco.

Botas resistentes al amoniaco.

Guantes protectores resistentes al amoniaco.

Traje de PVC.

Teléfono celular o equipo de comunicación.

Los chequeos rutinarios de mantenimiento son definidos en cada Planta de acuerdo a su tecnología e instalaciones. Ellos deben estar definidos en un documento escrito autorizado por el Administrador de Planta o jefe de mantención. Una copia de este documento debe ser recibido por cada operario y registrar su recibo en un documento (Vio , 2012).

1.13.6 Protección personal en fugas y derrames

Al detectarse fugas o derrames, el personal del área y el de emergencia, deben contar con los siguientes equipos de protección personal.

Equipo Respirador autónomo (*)

Traje Encapsulado Nivel A

Equipos ventiladores

Sensor de alarma al personal de fugas de amoniaco.

Duchas para emergencias químicas

Agua en abundancia

(*) Respiradores de Escape. En el mercado nacional es posible encontrar los siguientes equipos: Transaire® 5, Transaire® 10 y Custom Air V®. Estos equipos permiten abandonar en forma rápida las áreas afectadas por fugas o derrames y le proporcionan un suministro de aire continuo por un lapso de tiempo (Vio , 2012).

1.13.7 Plan de emergencia

Un plan de emergencia consiste en un conjunto de acciones y operaciones que deben efectuar en primera instancia el personal responsable de la Sala de Máquinas, Operadores de los equipos de refrigeración y Personal de seguridad de la instalación. Este plan debe estar escrito en un documento escrito autorizado por el Administrador de Planta o jefe de mantenimiento. Una copia de este documento debe ser recibido por cada operario y registrar su recibo en un documento (Vio , 2012).

Asimismo, tanto el personal nuevo y en especial el personal transitorio deben ser capacitados y advertido de cómo se desarrolla el plan de emergencia. Deben estar en conocimiento de cuáles son las áreas protegidas y conductas que deben seguir en caso de un siniestro. Se recomienda hacer un simulacro de emergencia, al menos anualmente, particularmente en los períodos de máxima actividad, incluyendo a las personas de trabajo de temporada (Vio , 2012).

1.14 El agua en sistemas con amoniaco.

El problema del agua es específico de los sistemas con amoníaco, si se comparan con los sistemas fluorados y con CO₂. Las estructuras moleculares del amoníaco y el agua son similares: ambas moléculas son pequeñas y polares, por lo que el amoníaco y el agua son completamente solubles.

Debido a la semejanza de las moléculas del amoníaco y el agua, no existen filtros secadores eficientes para el amoníaco. Además, la alta solubilidad del agua en el amoníaco hace que el agua residual sea difícil de extraer de la disolución. El agua y el amoníaco coexistirán y actuarán como una especie de refrigerante azeotrópico con una relación P-T saturada distinta de la del amoníaco anhidro. Estos factores explican por qué los sistemas de amoníaco se utilizan muy pocas veces como sistemas de expansión directa (DX): por un lado, el amoníaco líquido resulta difícil de evaporar por completo si hay agua presente, lo que produciría un fenómeno de golpe de ariete; por otro lado, una válvula de expansión termostática no puede funcionar correctamente si la relación P-T saturada varía (Danfoss, 2014).

Los sistemas de circulación de líquido bombeado permiten evitar adecuadamente los posibles daños generados por el agua en los compresores. Con la entrada exclusiva de vapor en la línea de aspiración se evita el fenómeno de golpe de ariete; asimismo, siempre que no exista demasiada agua en el líquido, el vapor apenas contendrá agua (concentración inferior al valor recomendado: 0,3 %, máx.), lo que puede evitar de manera efectiva la contaminación del aceite con agua. Los sistemas de circulación de líquido bombeado evitan eficazmente los daños en los compresores y, además, anulan el resto de los efectos nocivos del agua (Danfoss, 2014).

1.14.1 Reducción de la eficiencia COP del sistema

Cuando existe contenido de agua, la relación P-T saturada del refrigerante es diferente de la del amoníaco puro. En concreto, el refrigerante se evaporará a una temperatura más alta a una determinada presión. Esto disminuirá la capacidad de refrigeración del sistema y aumentará el consumo de energía (Danfoss, 2014).

1.14.2 Corrosión

El amoníaco se vuelve corrosivo en presencia de agua y comienza a corroer las tuberías, válvulas, recipientes, etc.

1.14.3 Problemas en los compresores

Si entra agua en los compresores (por ejemplo, debido a la ineficiencia de los separadores de líquido), esto conducirá a problemas con el aceite y de corrosión en los compresores.

Por consiguiente, para que el sistema funcione de manera eficiente y sin problemas es recomendable comprobar regularmente si existe agua y emplear algún método de eliminación de agua cuando el contenido de agua se encuentre por encima del nivel aceptable (Danfoss, 2014).

1.15 Pruebas no destructivas

1.15.1 Líquidos penetrantes

El método o prueba de líquidos penetrantes (LP), se basa en el principio físico conocido como "*Capilaridad*" y consiste en la aplicación de un líquido, con buenas características de penetración en pequeñas aberturas, sobre la superficie limpia del material a inspeccionar. Una vez que ha transcurrido un tiempo suficiente, como para que el líquido penetrante recién aplicado, penetre considerablemente en cualquier abertura superficial, se realiza una remoción o limpieza del exceso de líquido penetrante, mediante el uso de algún material absorbente (papel, trapo, etc.) y, a continuación se aplica un líquido absorbente, comúnmente llamado revelador, de color diferente al líquido penetrante, el cual absorberá el líquido que haya penetrado en las aberturas superficiales (Echevarria, 2003).

Por consiguiente, las áreas en las que se observe la presencia de líquido penetrante después de la aplicación del líquido absorbente son áreas que contienen discontinuidades superficiales (grietas, perforaciones, etc.), como se muestra en la (Figura 21) (Echevarria, 2003).

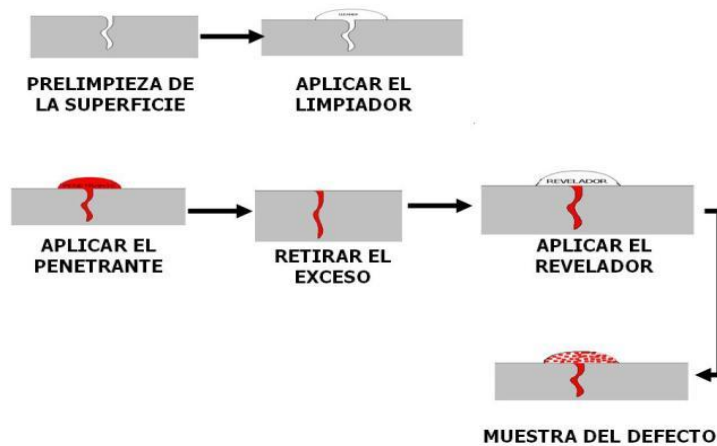


Figura 21 Procedimiento para realizar prueba de líquidos penetrantes (Echevarria, 2003)

1.15.2 Inspección ultrasónica

Esta técnica es utilizada para la detección de defectos internos y superficiales en materiales conductores de sonido. El principio es similar al sonido de eco. Un pequeño pulso de ultrasonido es generado por una carga eléctrica sobre el material, el cual genera una vibración por un corto periodo de tiempo. Las vibraciones u ondas de sonidos tienen la habilidad de viajar a una distancia considerable, la velocidad a la cual se propaga es relacionada con cada material. La energía ultrasónica es tenue en el aire y un haz que se propaga a través de un sólido, los cuales, entre el material y el aire reflejan una cantidad considerable de energía en la misma dirección al ángulo de incidencia (INACAP, 2011).

El método estándar para presentar información de pruebas ultrasónicas es por medio de un tubo de rayos catódicos, en el cual el movimiento horizontal representa el tiempo transcurrido. Ya que la inspección ultrasónica se basa en un fenómeno mecánico, se puede adaptar para que pueda determinarse la integridad estructural de los materiales de ingeniería. Sus principales aplicaciones consisten en (INACAP, 2011):

- 1.-Detección y caracterización de discontinuidades;
- 2.-Medición de espesores, extensión y grado de corrosión;

- 3.-Determinación de características físicas, tales como: estructura metalúrgica, tamaño de grano y constantes elásticas;
- 4.-Definir características de enlaces (uniones);
- 5.-Evaluación de la influencia de variables de proceso en el material.

1.15.3 Radiografía

La radiografía convencional es un método no destructivo de análisis que utiliza rayos X y rayos gama del tipo Y para identificar imperfecciones internas, para medir espesor y para detectar corrosión. Con el análisis radiográfico el material se expone a un rayo homogéneo

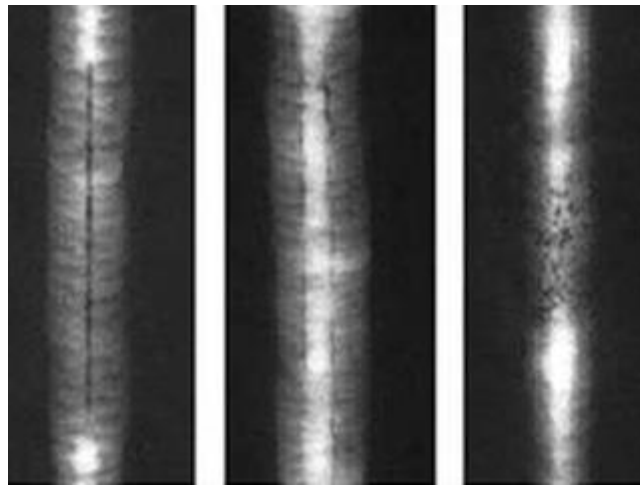


Figura 22 Revelado de radiografía, en la cual se muestra, falta de penetración, escoria y porosidad (INACAP, 2011)

proveniente de un isótopo radiactivo o de un tubo de radiografía, y se coloca una película negativa detrás del material siendo examinado (Figura 22). Después del revelado de la película, las diferencias de grosor y de densidad (es decir imperfecciones) se mostrarán más claras o más oscuras. Los criterios particulares de aceptación definen si la indicación es no-aceptable (un defecto) o no (INACAP, 2011).

CAPITULO II METODOLOGIA DE INVESTIGACION DE CAMPO

2.1 Problema

El buen funcionamiento de una instalación frigorífica depende de su diseño técnico ligado a ello la selección e instalación de los equipos y accesorios frigoríficos, mismos que una vez que la planta es puesta en marcha se deben de seguir protocolos, lineamientos y bitácoras para el diagnóstico y previsión de fallas u averías, mantenimiento preventivo o correctivo, contemplando siempre la seguridad para el manejo de amoniaco. De esta forma se tiene una instalación segura y fácil de operar de calidad en sus aplicaciones de frio.

En la práctica se pueden implementar aplicaciones del frio sin modificar la capacidad instalada, al igual que no siempre se cuenta con dichos lineamientos y protocolos de operación, mantenimiento y seguridad que forman parte de la integración mecánica. El no contar con esto resulta costoso para una instalación frigorífica debido a su deterioro con el paso del tiempo, volviéndose deficientes e inseguras de operar; por tanto se debe diagnosticar y proponer soluciones en una instalación frigorífica para mantener su eficiencia operativa.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de integración mecánica para instalaciones frigoríficas, haciendo un estudio de campo en planta para la realización de manuales y protocolos que junto a la propuesta de trabajo den solución y mejoren las posibles problemáticas que se presentan.

Objetivo particular 1

Desarrollar formatos para el mantenimiento predictivo de los equipos, para el conocimiento de la información necesaria por parte del personal y que este pueda definir las necesidades de los equipos durante su operación y las condiciones que deben ser monitoreadas.

2.2.2 Objetivo particular 2

Evaluar las condiciones en las que se encuentra la instalación frigorífica realizando una inspección visual y recolección de datos para implementar las medidas mínimas necesarias para el mantenimiento preventivo de la instalación.

2.2.3 Objetivo particular 3

Realizar un reporte de las condiciones generales de la instalación donde fue realizado el estudio en campo

2.3 Investigación de campo

El estudio de campo se llevó a cabo en la instalación frigorífica de una planta procesadora de carne, ubicada en Cuautitlán, Edo de México. Para lo cual se deben identificar las posibles fallas y necesidades que se presentan, lo primordial que se debe realizar cuando no se conoce la instalación, es indagar con el personal a cargo de la operación de la planta, que en conjunto con un recorrido dentro de la misma se tiene un panorama más claro con respecto a la situación de la instalación.

Toda instalación fue diseñada y su equipo fue seleccionado para poder satisfacer las condiciones de operación, por lo cual es importante revisar los planos y diagramas de la instalación, con ellos identificar cada uno de los equipos y la instalación y establecer puntos críticos.

Una vez que se revisan los planos y diagramas se realiza un recorrido en la planta para identificar físicamente todos los componentes de la instalación, líneas de alta y baja presión, así como el sentido de recorrido de las mismas. Una vez que conocemos la instalación es importante determinar las condiciones de cada uno de los equipos, accesorios y tubería; por lo cual se debe inspeccionar y recolectar datos, y revisar las hojas de control, así como bitácoras o reportes para analizar las condiciones de operación de los equipos.

Para realizar el diagnóstico de la instalación debemos descartar todas las posibles fallas de accesorios, tuberías, válvulas y equipo. Algunas de las fallas que puede presentar una instalación son aceite en los evaporadores reduciendo el área de transferencia de calor incrementando las temperaturas de cámaras, además de que existe el riesgo de que pueda existir migración de líquido hacia el compresor, un condensador sucio o con incrustación de sales reduce la transferencia de calor reduciendo con esto la capacidad térmica del sistema y mayor consumo energético en el compresor incrementando los costos, presencia de gases no condensables en condensadores incrementando la presión y temperatura de descarga, así como paros emergentes por alta temperatura de aceite solo por mencionar algunas. Por lo

cual debemos descartar todas las fallas haciendo un estudio en las variables de operación como se describe a continuación.

2.3.1 Análisis de compresor

En el caso de los compresores son el equipo de mayor costo y es el principal elemento de una instalación, el análisis de los datos que se recolecten de este equipo puede diagnosticar posibles fallas tanto del equipo, como del resto de la instalación comparando los datos de un estudio en campo para el cual se llenaran los formatos elaborados (figura 24). Las lecturas para recolectar los datos se realizan en el tablero como lo muestra la (Figura 23); temperatura de aceite, presiones de descarga y de succión cada 30 minutos, se tomará como antecedentes de alguna falla en el sistema las alarmas que presente el equipo en su panel de control, de igual manera se tomará en cuenta el nivel de aceite, dichos formatos con los datos arrojados por cada equipo, se encuentran con dicha información en los apéndices.

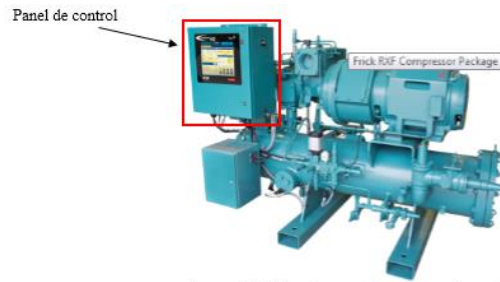


Figura 23 Panel de control de compresor (Fotografía de campo)

Formato Levantamiento de Datos de Compresores

Levantamiento de Datos en Compresor Compresor número: _____
 Compañía: _____ Fecha: _____

Aplicaciones en operación: _____

Carga térmica al: 25% 50% 75% 100%

Sistema en: Una etapa. Dos etapas.

Compresor: De primera etapa. De segunda etapa.





Compresor tipo: Tornillo. Pistones.

Enfriamiento del aceite: Agua o glicol. Inyección de líquido. Termosifón.

Horas de trabajo: _____ Fecha del último servicio: _____

Aceite lubricante: _____ Marca y modelo de compresor: _____

Nivel de aceite: Equipo en paro. Equipo en funcionamiento.

Apariencia del aceite: _____

Tiempo desde su instalación: _____

Formato Levantamiento de Datos de Compresores

Hora	Consumo kW	P de succión	T de succión	P de descarga	T descarga	T aceite	Presión aceite

Se cuenta con válvulas de servicio en la succión y descarga para mantenimiento: Si No

Se tiene fuga de aceite en sello mecánico: Si No

Periodo de cambio de sello mecánico: _____

Periodo de cambio de filtro separador de aceite: _____

Alarmas en el historial:

Observaciones y comentarios:

Diagnóstico: Equipo obsoleto Se requiere Mantenimiento Equipo en buen estado

Figura 24 Formato para levantamiento en campo (Apéndices)

2.3.2 Análisis de los condensadores

El condensador tiene la función de retirar el calor del vapor comprimido y sobrecalentado a una alta presión para condensarlo y pasar a estado líquido esto sucede asperjando agua y aire en sentidos opuestos a través de un área de contacto que es el serpentín por el cual pasa el refrigerante, la temperatura de condensación de este dependerá de la T_w (temperatura de bulbo húmedo) del lugar de la ubicación del condensador evaporativo. Por lo cual se medirá la temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco con un psicrómetro en el lugar de instalación del condensador como se muestra en la (figura 25)



Figura 25 Toma de T_w y T para condensador

Conociendo la temperatura de bulbo húmedo, y bulbo seco podemos tener en cuenta la temperatura a la cual el equipo debería trabajar normalmente, sabiendo esto se tomarán las temperaturas en la entrada del condensador y a la salida de este cada 30 minutos para conocer la temperatura a la cual está saliendo el refrigerante como se muestra en la (Figura 26).

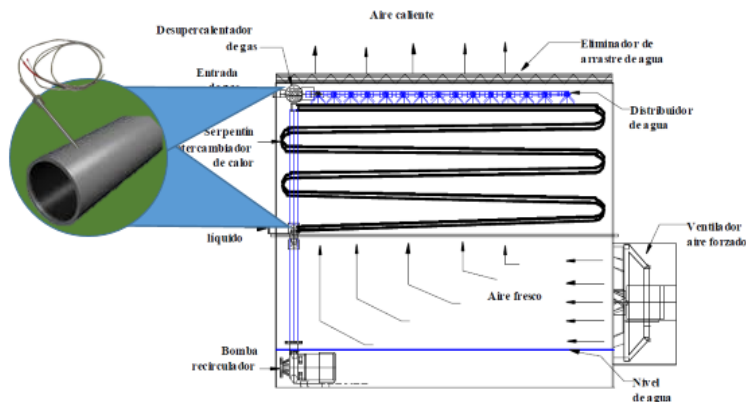


Figura 26 Toma de temperatura de refrigerante a la entrada y salida del condensador

Las temperaturas serán tomadas utilizando un termómetro infrarrojo en el tubo de salida y en la entrada de refrigerante como se mostró en la figura anterior, además se tomará la temperatura del agua en la tina para ver la temperatura que alcanza el sistema de condensación. Es importante evaluar las condiciones físicas en las que se encuentra el equipo como es la incrustación de sales minerales en el serpentín (Figura 27), ya que esto ocasiona una barrera y resistencia a la transferencia de calor, corrosión de las paredes del evaporador o fugas en la tina debido a que la existencia de fugas puede ocasionar que no se realice el correcto suministro de agua para bajar la temperatura del refrigerante que circula en el serpentín. Todos los datos recabados serán recabados en los formatos elaborados, para su posterior análisis de resultados (Figura 28), mismo que podrán encontrar en los apéndices del presente trabajo.



Figura 27 Incrustación en serpentín de condensador (Fotografía en campo)

Formato de Levantamiento de Datos Para Condensador

Compañía: _____ Fecha: _____

Tipo de ventilador: Axial Centrifugo

Ventilador impulsado por: Flecha Correas Ambos

Lubricación de los cojinetes: Si No

Condiciones de las correas: Buena Mala

Aspas de ventilador rotas: Si No

Se tiene análisis de aguas duras: Si No

Que tratamiento se utiliza: _____

Periodo de reemplazo de agua: _____ periodo de lavado tina y serpentín: _____

Ubicación del equipo:

Existe incrustación en serpentín: Si No

Se tienen fugas de agua en carcasa o tina del condensador: Si No

La aspersión del agua es homogénea: Si No

Tiempo desde la instalación: _____ Marca y modelo: _____

Formato de Levantamiento de Datos Para Condensador

Condensador Evaporativo		T:	Tw:
Hora	T del agua	T entrada condensador	T salida Condensador

Observaciones: _____

Diagnóstico: Equipo obsoleto Se requiere Mantenimiento Equipo en buen estado

Figura 28 Formato para Evaluación de condensadores (Apéndices)

2.3.3 Análisis de las aplicaciones y evaporadores

El calentamiento de una cámara puede deberse a obstrucciones en el evaporador debido a no realizar el deshielo, con lo cual se evita la formación de hielo, que obstruye el paso del aire a través del serpentín y con esto no enfríe el aire debido a que no se transferirá el calor del producto hacia el refrigerante; por lo cual debemos de tener en cuenta el tiempo y método de deshielo en los evaporadores, esta información deberá ser proporcionada por la persona encargada de la operación de la instalación frigorífica para saber que el procedimiento se realiza de la manera correcta y se hará una inspección para descartar obstrucciones de hielo en la parte interna del evaporador y se tomaran las temperaturas de la aplicación dentro de cámara, de la misma forma que en cada uno de los equipos se llenaran los formatos con los datos correspondientes en la (Figura 29), mismos formatos se encontraran adjuntos en los apéndices.

Levantamiento de Datos en Cámaras y Evaporadores	Levantamiento de Datos en Cámaras y Evaporadores
Compañía: _____ Fecha: _____ Aplicación: _____ Numero de evaporador: _____ Numero de motores: _____ Lubricación de rodamientos del motor: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Las aspas tienen grietas, dobladas o rotas: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Flujo de aire homogéneo en la cámara: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Se tienen estancamientos de agua en la charola: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Existen obstrucciones por hielo en el serpentín: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Temperatura de la cámara: _____ Metodo de deshielo: <input type="checkbox"/> Agua <input type="checkbox"/> Resistencia electrica <input type="checkbox"/> Gas caliente Duración de deshielo: _____ # de deshieles por día: _____ Dispositivo de expansión: <input type="checkbox"/> Válvula termostática <input type="checkbox"/> Válvula expansión manual <input type="checkbox"/> Válvula expansión automática Se tiene formación de hielo en el dispositivo de expansión: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	Se retira el hielo del dispositivo de expansión periódicamente: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Se genera un sonido semejante a una fuga de aire en el dispositivo de expansión: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Observaciones: _____ _____ _____ _____ Diagnóstico: <input type="checkbox"/> Equipo obsoleto <input type="checkbox"/> Se requiere Mantenimiento <input type="checkbox"/> Equipo en buen estado

Figura 29 Formato para recolección de datos en evaporadores y aplicaciones (Apéndices)

2.3.4 Inspección en accesorios válvulas y recipientes

Como se ha mencionado existen factores secundarios que afectan la eficiencia operacional de la instalación frigorífica, pero no por eso son factores sin importancia por lo que se llevara un control de estos factores de la siguiente manera.

Todas las tuberías de baja, acumuladores de succión y recirculadores deberán estar aislados para evitar ganar temperatura del ambiente en caso de que no sea así o exista condensación en ellos deberá ser ubicada la línea y se hará la anotación pertinente. Los accesorios y válvulas se inspeccionarán para tener un control de estos las condiciones en que se encuentran en caso de no estar en buenas condiciones o se encuentren obsoletos se anotará su ubicación y se especificará si se trata de una válvula o accesorio.

Por último, se realizará una inspección completa de la instalación para ubicar la existencia de fugas de refrigerante utilizando mechas de azufre que son indicadores de la presencia de

amoniaco para ubicar puntos importantes en cuanto a la seguridad del personal de la planta además de que puede ocasionar de igual manera problemas en el sistema puesto que puede existir migración de aire hacia el sistema, todos estos datos serán recabados en los formatos pertinentes (Figura30), mismos formatos se encuentran en los apéndices del presente trabajo.

Levantamiento de Datos en Tubería, Accesorios y Recipientes

Compañía: _____ Fecha: _____

Existe aislamiento en los recipientes acumuladores de succión: Si No

Los acumuladores de succión cuentan con sensores de nivel y alarmas: Si No

Los tanques sujetos a presión se encuentran a la intemperie: Si No

Los tanques sin aislamiento presentan corrosión Si No

Los tanques sujetos a altas presiones tienen válvulas de alivio Si No

Periodo de mantenimiento o cambio de válvulas de seguridad: _____

Observaciones:

Los recirculadores se encuentran aislados: Si No

Se cuenta con aislamiento de las líneas de baja presión: Si No

Existen indicios de condensación de agua en el aislamiento: Si No

Se realizan inspecciones a la instalación para detección en fugas de amoniaco: Si No

Existen fugas en: Tubería válvulas mirillas recipientes Accesorios Ninguno

Levantamiento de Datos en Tubería, Accesorios y Recipientes

Periodo de mantenimiento en válvulas de servicio: _____

Se realiza el reemplazo o limpieza de filtros de calcetín: Limpieza Cambio Ninguno

Tiempo de vida desde puesta en marcha: _____

Se han realizado: Cortes en tubería soldadura y/o uniones reparaciones en recipiente

Se ha realizado alguna prueba de:
 Ultrasonido Líquidos penetrantes Radiografía Partículas magnéticas

Fecha de última prueba (anexar copia): _____

Comentarios y observaciones:

Accesorio, Recipiente o Tubería	Ubicación	Descripción	Línea B/A	Comentario	Fuga

Figura 30 Formato para análisis de tubería, accesorios y recipientes (Apéndices)

CAPITULO III ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Descripción del sistema

El estudio fue realizado en una instalación frigorífica que da servicio en una planta procesadora de carne, dicha instalación se encuentra localizada en Cuautitlán, Edo. México, Esta instalación consta con 19 aplicaciones de proceso y almacenamiento, el sistema se encuentra dividido en 2 instalaciones independientes, la primera se encarga de dar servicio a 1 túnel de congelación en una sola etapa usando un compresor de tornillo con sistema recirculado y sobrealimentado con bombas y una segunda instalación en 2 etapas con compresores recíprocos, Inter enfriador recirculado por bombas, compresor monotornillo y recirculado Phillips que dan servicio a 18 aplicaciones restantes, la (figura 31) muestra la distribución de las aplicaciones dentro de la planta y los niveles de temperatura que se manejan según aplicación.

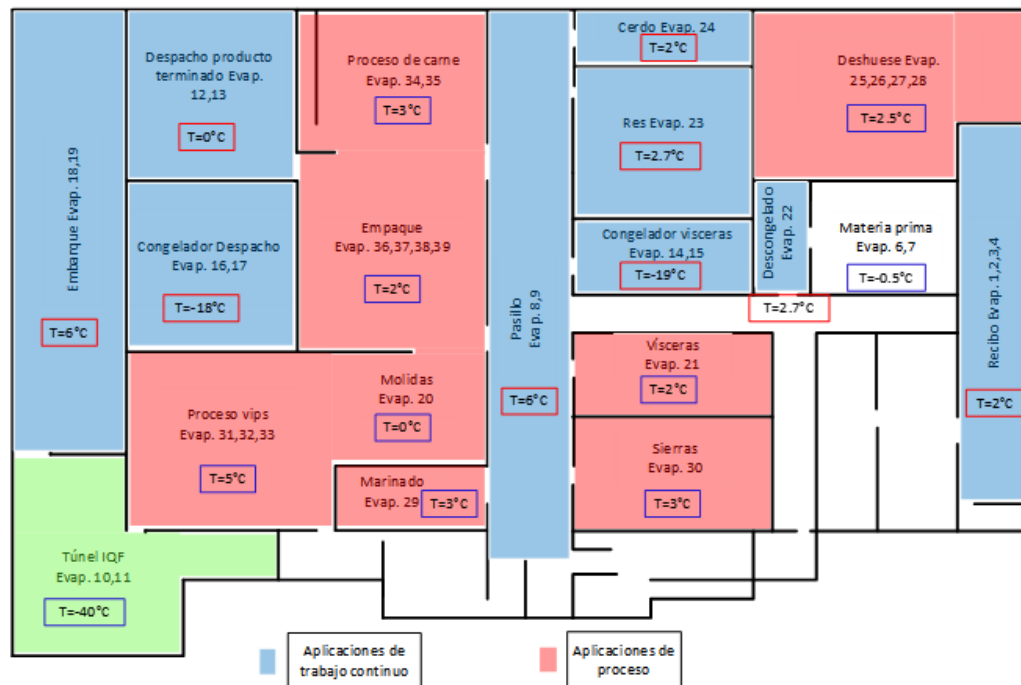


Figura 31 Plano de distribución de aplicaciones y sus condiciones de operación de la planta.

3.2 Propósito del estudio

El proceso de gestión de seguridad estándar (PSMS por sus siglas en inglés) obliga a los empleadores a desarrollar un programa de integración mecánica para asegurar la integridad continua del equipo de proceso para reducir al mínimo el riesgo de un escape de amoníaco catastrófico. Uno de los objetivos de un programa de integración mecánica debería ser sustituir al mantenimiento correctivo con el preventivo en su caso a los equipos utilizados en el proceso.

El programa de integración mecánica debe incluir la identificación sistemática del equipo e instrumentación de proceso, el desarrollo de procedimientos escritos para el mantenimiento de los equipos, entrenamiento a los empleados acerca del mantenimiento, un programa de mantenimiento preventivo para cada equipo, un expediente que indique que las deficiencias en los equipos que se encuentren fuera de los límites aceptables sean corregidas, y un programa de aseguramiento de calidad de operación del sistema de refrigeración.

3.2.1 Elementos requeridos

El programa de integración mecánica debe incluir lo siguiente:

- Aplicación e identificación de cada equipo del proceso
- Procedimientos escritos
- Entrenamiento a empleados
- Inspección y prueba
- Deficiencias en los equipos
- Aseguramiento de la calidad

3.3 Identificación y categorización de los equipos, aplicado en el programa de integración mecánica

El centro de distribución cuenta con 2 instalaciones independientes para lo cual se realizaron los diagramas de flujo pertinentes para la identificación del equipo, teniendo en cuenta que

todos los equipos y accesorios son de suma importancia en cuanto a seguridad ya que el amoniaco se encuentra en todo el sistema y cualquier incidente en equipo o accesorio puede propiciar una fuga de amoniaco, el conocer la ubicación y distribución de los equipos facilita establecer puntos críticos de control en toda la instalación además de que en caso de una contingencia de ser posible saber cómo aislar el problema al igual que al realizar algún mantenimiento preventivo.

3.4 Túnel de congelación IQF

Es una instalación con un tiempo de operación no mayor a 10 años, cada una de las especificaciones de equipo se detalla en las siguientes tablas (Tabla 2 a Tabla 7) a si mismo se muestra el diagrama de la instalación (Figura 32), el cual fue elaborado a partir de la identificación de equipo en planta. La aplicación a la cual da servicio la instalación opera 5 días de la semana por 2 turnos

de 8 horas, de las cuales 2 horas son destinadas al deshieles de los evaporadores con 1 hora al final del turno, dicha instalación cuenta con sistemas de seguridad confinados a un cabezal que descarga a un tanque amortizado sin embargo, el compresor no cuenta con ningún respaldo si este llegara a fallar o parar para recibir cualquier servicio.

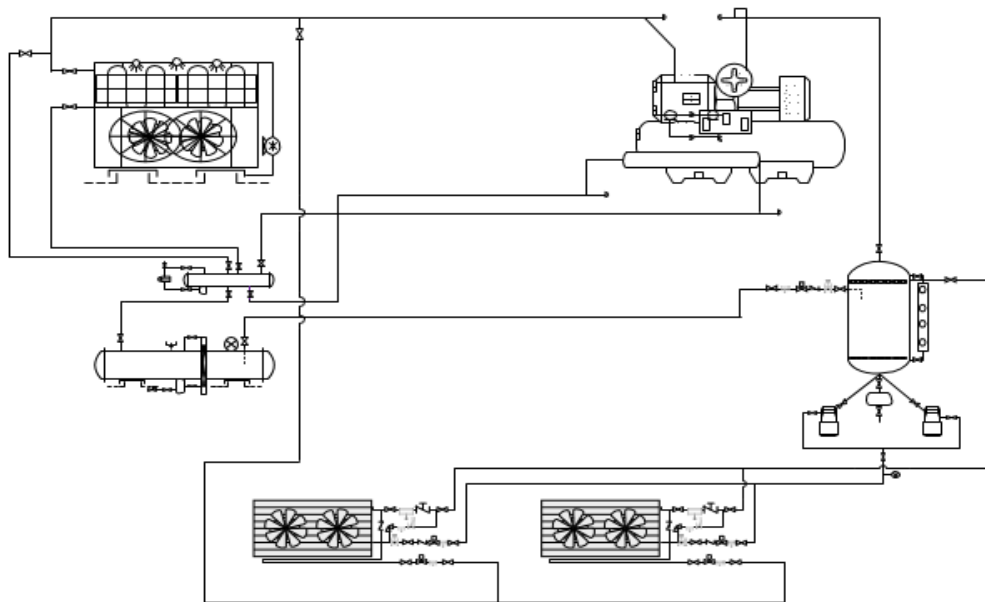


Figura 32 Diagrama de flujo sistema IQF

Tabla 2 Especificación recirculador (Datos tomados en campo)

Recirculado	Por bombas 5:1
Dimensiones	24"ø x 9' - 4 ½"
Capacidad	52TR
Bombas TEIKAKU	2(4.5 Hp)
Modelo bombas	R217-0506SIA/6.5
Caudal	60GPM
T succión	-40 °C
P succión	8.7 in Hg
P bomba	50 psi

Tabla 3 Especificación condensador (Datos tomados en campo)

Condensador	Axial
Evapco	ATC-120B
2 motores	3Hp
Motobomba	1Hp
Capacidad	96 TR
T w	65°F
T condensación	86°F
P condensación	154.5 Psig
Caudal	200 GPM
Flujo de aire	19000 (Ft/min) ³

Tabla 4 Especificación compresor (Datos tomados en campo)

Compresor	Tornillo
Frick	RWF-II-134
Motor	200Hp
Velocidad	3550 Rpm
Capacidad	51.1 TR
T succión	-40°C
P succión	8.7 in Hg
P descarga	154.5 Psig

Tabla 5 Especificación termosifón (Datos tomados en campo)

Termosifón	IRRSA
Dimensiones	16"ø x 6'
Capacidad	70 TR
P de trabajo	154.5 Psig
T trabajo	86 °F

Tabla 6 Especificación alta presión (Datos tomados en campo)

Recipiente alta presión	IRRSA
Dimensiones	24"ø x 8'
Capacidad	90 TR
T operación	86 °F

Tabla 7 Especificación de túnel IQF (Datos tomados en campo)

Túnel	IQF
ROSS	TC-700
Capacidad	51 TR (3 módulos)

3.5 Sistema en 2 etapas (proceso y distribución)

Dicha instalación cuenta con un compresor líder recíprocante 4B y un 4A como respaldo en primera etapa que da servicio al congelador de vísceras y al almacén el cual descarga a un inter-enfriador que funciona como recirculador con bombas, del cual succiona un compresor monotornillo Vilter de 300 Hp, dicho compresor funciona con un variador de frecuencia para modular la capacidad del sistema, este compresor descarga a un condensador que de igual manera modula su capacidad operativa con un variador de frecuencia, posteriormente descarga en el inter-enfriador y alimenta por medio de bombas las aplicaciones de las cuales solo regresan a un recirculador Phillips las de baja temperatura.

Es importante destacar que la instalación fue modificada aproximadamente 5 años atrás quedando un recirculador Phillips, un acumulador de succión, un tanque piloto y un recipiente a presión constante deshabilitados. El sistema tiene un compresor 6B y un 8B para respaldar la operación del compresor Vilter pero dejando desprotegido al compresor 4B de primer etapa, en la (Figura 33) podemos ver el diagrama de flujo correspondiente a la instalación.

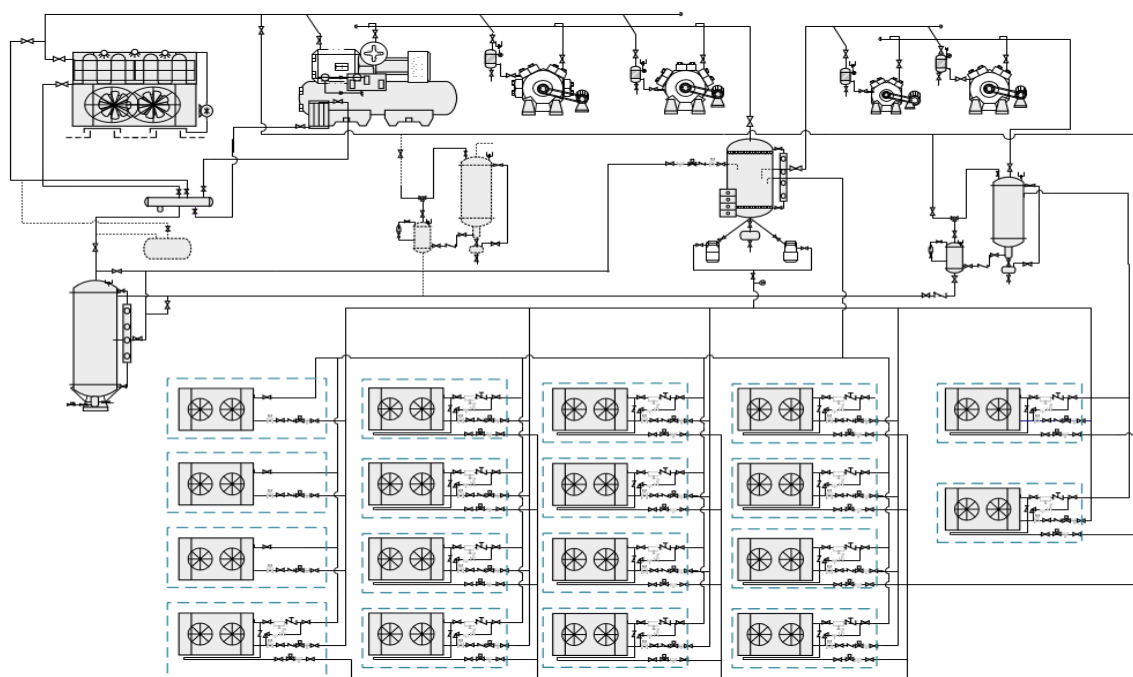


Figura 33 Diagrama de instalación en dos etapas

3.6 Procedimientos escritos y formatos actuales

En dicha instalación se cuenta con formatos con los cuales se da seguimiento a la operación diaria de los equipos como es el caso de los compresores (Tabla 8,9 y 10) y las temperatura de las aplicaciones (Tabla 11) por lo que los operadores pueden saber y dar seguimiento a los mantenimientos pertinentes en el equipo además de que en el caso de los compresores, el mantenimiento preventivo se encuentra monitoreado y programado en el panel de control, (Tabla 12 y 13), lanzando un aviso para realizarlo.

Tabla 8 Monitoreo de condiciones de operación compresor Vilter (Formato tomado en campo)

Día	Lunes			Martes			Miércoles	
	06:00	14:00	22:00	06:00	14:00	22:00	06:00	14:00
Hora	06:00	14:00	22:00	06:00	14:00	22:00	06:00	14:00
Presión de succión (inHg)	30	20	30	30	29	30	30	30
Temperatura de succión (°C)	-10	-6	-4	-8	-10	-8	-8	-10
Presión de descarga (psig)	156	157	157	159	158	158	161	163
Temperatura de descarga (°C)	72	63	68	70	71	62	71	68
Presión de aceite (Psig)	112	107	112	111	112	111	116	110
Temperatura de aceite (°C)	56	54	56	55	55	54	55	56
Dif. De filtro de aceite (Psig)	5.7	4.6	3.4	3.4	3.6	4.9	5.1	4.3
Posición de la válvula de cap. (%)	79	59	88	100	99	43	99	99
Posición de la válvula de vol. (%)	19	38	19	20	38	54	19	22
Amperaje del motor (A)	314	217	288	311	312	182	312	310
Fugas visibles	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Horas de trabajo	881	882	891	901	910	915	928	934
Nivel de aceite								

Siempre será importante recordar a los operadores y personal de mantenimiento que dichos formatos y cada uno de los valores que se anoten en ellos son de suma importancia para poder monitorear las condiciones de operación en tiempo real debido a que el operador al encontrarse familiarizado con el equipo sabrá si existe algún problema al existir una variación en las condiciones de operación.

Tabla 9 Monitoreo de condiciones de operación compresor Frick (Formato tomado en campo)

Día	Lunes			Martes			Miércoles		
Hora	06:00	14:00	22:00	06:00	14:00	22:00	06:00	14:00	22:00
Presión de succión (inHg)		6.5			8.8			9	
Temperatura de succión (°C)		-8.9			-27			-26	
Presión de descarga (psig)		128			148			150	
Temp. de descarga (°C)	A	63	A	A	63	A	A	64	A
Presión de aceite (Psig)	P	121	P	P	112	P	P	113	P
Temperatura de aceite (°C)	A	45	A	A	46	A	A	45	A
Dif. De filtro aceite (Psig)	G	1.5	G	G	1.8	G	G	1.9	G
Posición de válv. cap. (%)	A	45	A	A	100	A	A	100	A
Posición de válv. vol. (%)	D	5	D	D	5	D	D	5	D
Amperaje del motor (A)	O	148	O	O	211	O	O	210	O
Fugas visibles		NO			NO			NO	
Horas de trabajo		65			66			75	
Nivel de aceite		● ●			● ●			● ●	

Tabla 10 Monitoreo de condiciones de operación compresor recíprocante 4B

Día	Lunes			Martes			Miércoles		
Hora	06:00	14:00	22:00	06:00	14:00	22:00	06:00	14:00	22:00
Compresor	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Presión de succión (inHg)	9.7	10	9.4	10.6	9.8	10	10	9.7	9.3
Temperatura de succión (°C)	-15	-13	-15	-7	-14	-15	-14	-15	-15
Presión de descarga (psig)	33	33	33	33	33	33	32	33	34
Temp. de descarga (°C)	51	50	50	50	51	47	38	50	53
Presión de aceite (Psig)	28	28	28	29	28	28	28	28	29
Nivel de aceite (%)	80	80	80	80	80	80	80	80	80
% de trabajo	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Presión de agua (kg)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Limpieza de mangueras	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Drenado de inter 10 s	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Temp. de cabezales (°C)	34	36	36	36	34	36	35	34	36
Filtro cuno 1/4 de vuelta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Goteo de aceite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Temperatura de motor (°C)	37	36	35	37	43	38	40	48	38
Estado de bandas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Persona que realiza recorrido	MN	RG	AH	PV	MN	AH	PV	MN	AH

Tabla 11 Monitoreo de condiciones de operación de aplicaciones (Formato tomado en campo)

Cámara	Día	Lunes			Martes		
	Hora	06:00	14:00	22:00	06:00	14:00	22:00
Acondicionamiento	Temp en cámara	2	3	11.4	2.1	2.4	11.8
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	1.6	2.3	11.1	1.6	1.8	11.3
Cerdo	Temp en cámara	1.3	2.5	2	1.4	2.8	2.5
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	0.7	1.7	1.6	0.3	1.6	1.9
Res	Temp en cámara	2.7	3	2	2.6	3.2	2.2
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	2.2	2.3	1.9	2.1	2.6	3.3
Descongelado	Temp en cámara	4.5	4.6	2.8	4.2	5	2.8
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	3.8	3.5	2.4	3.8	4.3	2.7
Materia Prima	Temp en cámara	-0.8	-0.2	1.2	-0.8	0.7	0.8
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	-0.5	-0.6	0.1	-0.6	-0.6	-0.6
Recibo	Temp en cámara	4	4.3	2.7	4.5	4	2.6
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	3.3	3.6	3.3	3.4	3.4	3
Congelados Visceras	Temp en cámara	-20	-12	-14	-20	-18	-14
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	-18	-12	-14	-19	-14	-14

Proceso Visceras	Temp en cámara	2.6	3.6	16	2.6	2.8	19
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	2.3	3	14.5	2.4	2.6	17.7
Sierras	Temp en cámara	1.8	2.7	14	1.8	2	8.8
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	1.6	2	11.7	1.6	2.6	5.4
Marinados	Temp en cámara	3	8.6	13	2	3.2	14
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	3	8	10	2	2	14
Proceso VIPS	Temp en cámara	3	5	11.4	2.1	3	13
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	2.1	5	11	3	3	12.6
Molidas	Temp en cámara	3.4	8	11	2.2	3.4	13
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	1	1	10	1	1	6
Empaque	Temp en cámara	2.5	3.6	11.4	3.4	2.6	12
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	2.1	3	11	2	2.1	8
Proceso de carne	Temp en cámara	4.9	3	12	1.4	4.5	11
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	4	2.5	11	1	4	9.6
Pasillo transversal	Temp en cámara	4.7	3.4	7	4.8	6	8.6
	Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Motores	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Serpentines	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Temp en control	6	5	8	4	6	6

Tabla 12 Periodo de mantenimiento Frick (Datos tomados en campo)

Cambio de aceite	10000 Hrs
Cambio filtros	4800 Hrs
Limpieza filtro de aceite	4800 Hrs
Cambio filtro coalescente	30000 Hrs
Limpieza filtro succión	800 Hrs
Análisis de vibración	4800 Hrs
Revisión de cople	4800 Hrs
Engrase motor	1200 Hrs

Tabla 1382 Periodo mantenimiento Vilter (Datos tomados en campo)

	Intervalo	Remanente
Cambio de aceite	20000 Hrs	19801 Hrs
Análisis de aceite	10000 Hrs	5842 Hrs
Filtro de aceite	10000 Hrs	5842 Hrs
Filtro coalescente	30000 Hrs	20843 Hrs
Filtro succión	10000 Hrs	5842 Hrs
Calibración transductor	10000 Hrs	5842 Hrs
Inspección rodamientos	120000 Hrs	114802 Hrs

Como se puede observar las condiciones de operación y temperatura de las aplicaciones son monitoreadas durante su funcionamiento (Tabla 11), asegurando la integridad del equipo y la calidad en las aplicaciones, los expedientes que resulten de cada equipo y relación de temperatura sirven para dar seguimiento y observar las tendencias que siguen los datos en el transcurso de la vida de la instalación y determinar cuándo un equipo u aplicación presenta problemas.

3.7 Capacitación a empleados

Los empleados que llevan a cabo el mantenimiento y operación del sistema deben conocer los sistemas de refrigeración con amoníaco y sus peligros además de recibir la capacitación en la aplicación a sus tareas de trabajo. El propósito de la capacitación es asegurar que los empleados entiendan los procedimientos relevantes, los peligros asociados con el sistema, las prácticas seguras y el adecuado uso de las herramientas y equipos.

Durante la estancia en planta y el recorrido de las instalaciones se pudo observar y determinar que el personal está calificado para actuar ante cualquier posible contingencia debido a que el día 28 de abril del 2015 cuando se ingresó en la planta se presentó una fuga de amoníaco debido a la variación de voltaje en la instalación lo que provocó que se quemara una bobina de una válvula solenoide que da paso al purgador de gases no condensables por lo que se saturó y provocó una ligera fuga de amoníaco, la reacción inmediata del personal y su conocimiento una vez que se activaron los sensores de amoníaco identificaron el origen de la fuga y se detuvo la contingencia.

El cuarto de máquinas está acondicionado con una ventilación continua, sensores de amoníaco y drenado de amoníaco en solución acuosa como se muestra en la (figura 34).

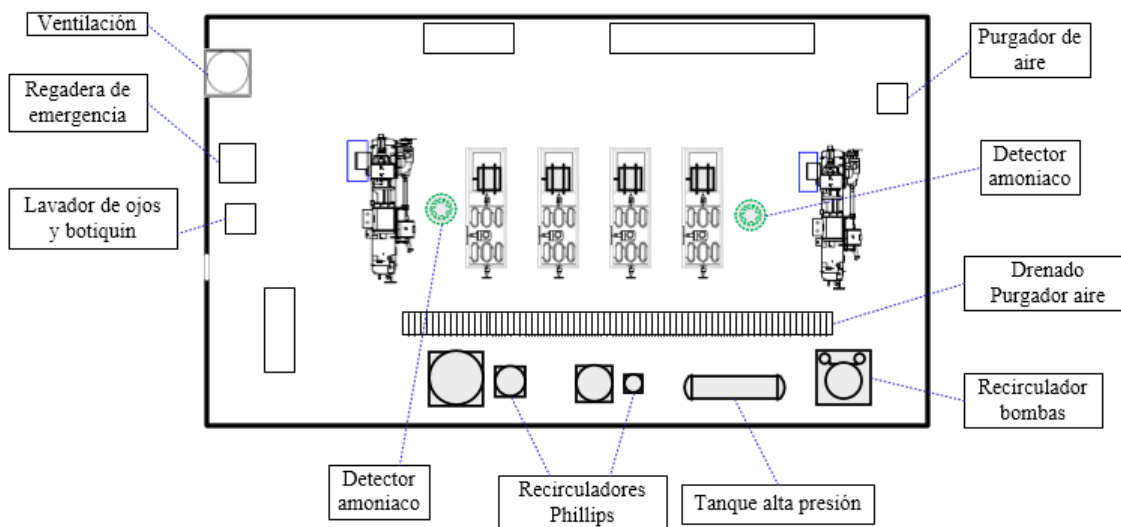


Figura 34 Distribución de Equipo de seguridad en cuarto de máquinas
(Información tomada en campo)

Se cuenta también con un botiquín con lo necesario para poder actuar en caso de algún incidente, al igual que con regaderas de emergencia y lava ojos. En la (Figura 35) se muestra el equipo necesario para poder realizar mantenimiento en la instalación tanto mascararas como candados para indicar que se está trabajando en algún equipo y este candado se coloca en el interruptor general para que no sea encendido.



Figura 35 Equipo de protección para inspecciones y mantenimiento (Imagen tomada en campo)

3.8 Inspecciones y pruebas

Se debe desarrollar un programa de inspecciones y pruebas requeridas en toda la instalación en cada uno de los equipos, recipientes y accesorios que se involucren en el funcionamiento de la instalación al igual que en la tubería y aislante. Las inspecciones periódicas son realizadas habitualmente por personal de la planta, pero pruebas específicas e inspecciones para determinar las condiciones de operación generales así como pruebas destructivas y evaluación de vida útil de la instalación, son generalmente realizadas por firmas de ingeniería que realizan el mantenimiento preventivo de equipos que deben ser manipulados específicamente por personal especializado, como se puede observar en la (Tabla 14) muestra la periodicidad recomendada de las inspecciones y pruebas generales en toda la instalación.

Cada inspección y prueba realizada por personal interno o externo de la planta debe ser documentada y archivada en un expediente específico para cada equipo para dar seguimiento de las condiciones de este y programar la siguiente inspección según los resultados de las pruebas. En planta al realizar la inspección general, se determinó que se cuanta con tubería y equipo que tiene diferente tiempo de instalación y operación al realizar la expansión de la instalación se modificó toda la instalación por lo que se hizo uso de equipo que ya se disponía y equipo nuevo por lo que de igual manera se utilizó tubería y cabezales ya instalados mismos que fueron acoplados con tubería nueva para la adaptación de la planta.

Tabla 14 Recomendaciones para realizar el monitoreo del sistema frigorífico (RSIF, 2013)

Obligaciones de mantenimiento:			
Operación	Periodicidad	Agente que la realiza	Puntos de revisión
Mantenimiento preventivo	Según manual de instrucciones de la instalación excepto prevención de legionelosis y revisión de aislamientos fijada por RSIF	Empresa frigorista contratada para el mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de todos los aparatos de medida, control y seguridad • Control de carga de refrigerante • Rendimientos energéticos • Controles higiénico-sanitarios prevención legionelosis, si procede • Mantenimiento aislamientos
Revisiones periódicas obligatorias	Cada 5 años <= 3.000 kg. refriger. Cada 2 años > 3.000 kg. refriger.	Empresa frigorista libremente elegida por el titular	Revisión técnica en detalle de la instalación (ver apartado correspondiente)
Inspecciones periódicas	Inst. frigoríficas de nivel 2 según: Refrig. >= 3000kg Cada 1 año Refrig. >=300kg Cada 2 años Refrig. >=30kg Cada 5 años Refrig. <30kg Cada 10 años	Organismo de control autorizado	Revisión documental y de procedimientos (ver apartado correspondiente)
Control de fugas	Generalmente cada 12 meses (ver apartado correspondiente) Y antes de un mes a partir del momento en que se haya subsanado una fuga	Empresa frigorista contratada para el mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación documental • Comprobación general del sistema • Detección de fugas

Cada una de las adaptaciones, cortes y uniones bridados o con soldadura debió haber sido inspeccionada y probada antes del arranque de la instalación haciendo uso de pruebas no destructivas como radiografía para diámetro de tuberías mayores a 2.5'' y líquidos penetrantes en tuberías menores a 2'' para descartar porosidad corrosión y deterioro de la instalación y uniones en la tubería.

Los equipos indican que se ha realizado pruebas ultrasónicas (figura 36 y 37) para determinar las condiciones de los recipientes a alta presión para descartar corrosiones internas y deterioro de estos.



Figura 36 Tapón en punto de prueba para un recipiente aislado (Fotografía de campo)



Figura 37 Punto de prueba ultrasónica (Fotografía de campo)

3.9 Deficiencias en los equipos

Se deben corregir deficiencias en los equipos que están fuera de los límites aceptables antes de su uso, o debe implementar medidas seguras alternas antes de continuar la operación. Los límites aceptables de los equipos se encuentran en la Información de Seguridad de Procesos y consisten generalmente en los límites de operación que aún se consideran seguros para el equipo, estos límites los especifica el fabricante, ejemplo de ello se describe en la (Tabla 15) donde se destacan las condiciones de operación más importantes para un compresor FRICK y cuáles son los parámetros de control que debemos monitorear durante su operación aun cuando el equipo mismo guarde su integridad con el uso de software.

Tabla 15 Parámetros de seguridad para un compresor Frick (Manual Frick RXF)

Dispositivos de seguridad de descarga	predeterminado	rango
Dejar de cargar por alta temperatura de descarga	180 °F	0 – 249.8 °F
Forzar descarga por alta temperatura de descarga	190 °F	0 – 249.8 °F
Alarma por alta temperatura de descarga	200 °F	0 – 249.8 °F
Retardo de alarma por alta temperatura en descarga	5 seg	0 – 60 seg
Apagado por alta temperatura de descarga	212 °F	0 – 249.8 °F
Dispositivos de seguridad de succión		
Dejar de cargar por alta presión de succión	120psig	0 – 200 psig
Forzar descarga por alta presión de succión	130 psig	0 – 200 psig
Alarma por alta presión de succión	140 psig	0 – 200 psig
Apagado por alta presión de succión	150 psig	0 – 200 psig
Setpoint aceite		
Alarma por baja temperatura en separador de aceite	55 °F	49-100 °F
Apagado por baja temperatura en separador de aceite	49 °F	49 – 100 °F
Alarma por alta temperatura de aceite	158 °F	100 – 230 °F
Apagado por alta temperatura de aceite	167 °F	100- 230 °F
Alarma baja temperatura de aceite	55 ° F	49-100 °F
Apagado por baja temperatura de aceite	49 ° F	49 – 100 °F

De los datos obtenidos en el compresor Frick que se encuentran en el apéndice 1 de levantamiento de datos se obtuvieron los siguientes resultados en relación con la temperatura y presión de succión, mismos que se contrastaron con la temperatura de tablas de vapor para amoníaco a la presión de trabajo especificada en tablero.

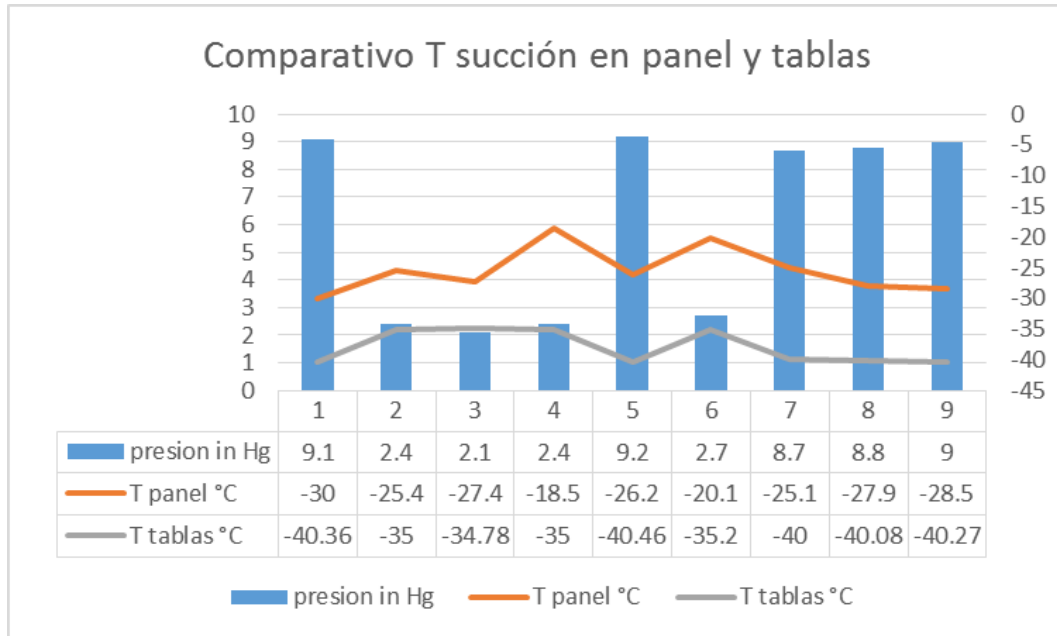


Figura 38 Comparativa de temperatura de succión en tablero vs datos de tablas de vapor, según la presión de succión en el sistema

Como se puede observar en la (Figura 38), existe una gran diferencia en la comparación de las temperaturas obtenidas de tablero contrastadas con las obtenidas de tablas de vapor a la presión de succión del compresor por lo cual se determina que existe un desajuste del transductor de temperatura por lo que se recomienda el cambio de dicho accesorio en caso de no poder recalibrar. Con el fin de evitar posibles alarmas en compresor y paros de emergencia.

3.10 Recipientes de alta presión

Al realizar la modificación de la planta se utilizaron equipos ya existentes dicha modificación en la instalación de 2 etapas tiene con deficiencia el tener un tanque de presión constante prácticamente en desuso debido a que la recirculación del sistema Phillips que opera con las aplicaciones de baja temperatura descarga directamente al inter enfriador y no a el recipiente de presión constante, se tiene también un recipiente acumulador de succión y una trampa Phillips deshabilitadas aun instaladas en cuarto de máquinas lo que provoca el tener registrados dichos recipientes aunque estos no se encuentren en operación.

También se cuenta con un recipiente piloto que actualmente está en desuso, pero sigue conectado a la descarga del condensador lo que ha provocado fugas de amoníaco por los bonetes de las válvulas debido a que no recibe servicio de mantenimiento puesto que no se considera en uso de la instalación más sin embargo no se ha deshabilitado y retirado.

3.11 Deficiencia de diseño

La modificación de la instalación en dos etapas tiene como deficiencia en su diseño un recirculador Phillips que descarga al inter-enfriador del cual succiona un compresor Vilter, cada que la trampa descarga penaliza la succión del compresor es decir que la presión de succión aumenta y por tanto penaliza el consumo energético por lo que se realizó un estimado del consumo que se genera anualmente por dicha penalización.

Para dicho cálculo se estima una penalización de 5 Hp de potencia en el compresor aproximadamente dando como resultado un consumo de 3.7285 kW. La trampa Phillips descarga cada 3 minutos lo que nos da un total de 8 Horas por día, dicha instalación opera las 24 horas los 365 días del año y se tiene un costo por kWh en punta de \$2.1855 en el centro de México, por lo tanto:

$$\frac{60 \text{ min}}{3 \text{ min}} = 20 \text{ min} * 24 \text{ hrs} = \frac{480 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 8 \text{ hrs} * 365 \text{ dias} = 2920 \text{ hrs al año}$$

Donde el costo que genera la penalización del compresor al estar descargando la trampa un total de 2920 hrs por año es:

$$3.7285 \text{ kW} * 2920 \text{ hrs} * \$2.1855 = \$23,794.01 \text{ anuales}$$

Considerando un tiempo de instalación de 3 años el costo generado por esta penalización es aproximadamente de \$71,382.03 de energía.

Por otra parte el compresor y condensador se encuentran sobredimensionados es decir que el compresor opera a la máxima productividad de la instalación solo a un 70% de su capacidad total lo que ha generado un mayor desgaste de los componentes del equipo que modulan la capacidad volumétrica del compresor, ya que aunque tenga un variador de frecuencia este no puede bajar más del 50% la capacidad del motor debido a que requeriría un sistema de enfriamiento para que no se sobrecalentara por lo que una vez que llega a el setpoint de la más baja frecuencia del variador para no causar daños en el motor el compresor modula su capacidad con la válvula deslizante lo que a la fecha provoco una avería en dicho sistema de control causando un incremento de costos en mantenimiento.

Otra deficiencia en el diseño de la instalación es que se deja desprotegido al compresor 4B de primera etapa debido a que solo tiene un compresor 4 A que apoya al 4B cuando la carga sobrepasa su capacidad, dicho compresor solo podría cubrir el 30% de la capacidad del 4B por lo que pone en riesgo la operación de las aplicaciones, actualmente este compresor requiere de mantenimiento lo que forzara el paro del sistema debido a vibración en los platos de válvulas. Teniendo un par de compresores en stand by podría realizarse un arreglo de bypass como se muestra en la (Figura 39) para proteger la operación de cualquier compresor ya sea vilter, líder booster 4B e incluso el compresor Frick.

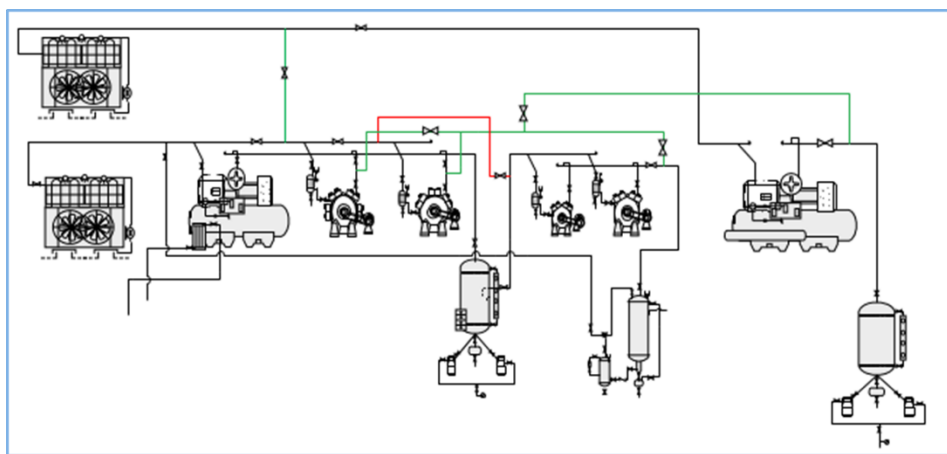


Figura 39 Arreglo de bypass recomendado para respaldo del sistema

3.12 Aseguramiento de la calidad y seguridad

Al contar con mantenimientos preventivos y correctivos en la instalación se puede esperar aplicaciones de calidad aunque se debe dar seguimiento de las pruebas de inspecciones rutinarias por los encargados de operación y mantenimiento durante los recorridos y situaciones que se presentaron durante el estudio en campo se puede decir que la instalación y sus aplicaciones son de buena calidad aunque se podrían mejorar algunos aspectos como se mencionó con anterioridad además de implementar mantenimiento y formatos de algunos equipos que no se tienen bajo expediente para dar seguimiento y monitoreo de ellos.

La instalación cuenta con un monitoreo de la temperatura en las aplicaciones y cada uno de los evaporadores con una historia térmica para cada aplicación que puede ser monitoreada desde un panel de control en cuarto de máquinas (Figura 40 y 41).



Figura 401041 Historia térmica de las aplicaciones (Fotografía en campo)

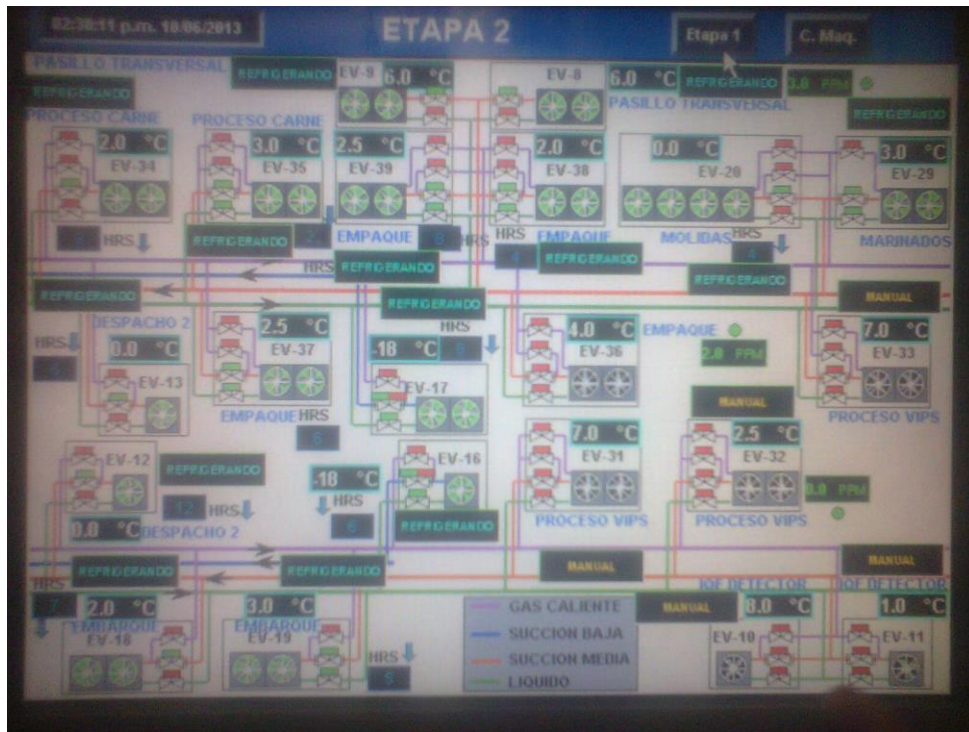


Figura 41 Monitoreo de parámetros y aplicaciones en operación (Fotografía en campo)

Las válvulas de seguridad están conectadas a un cabezal para su descarga en caso de alguna contingencia por sobrepresión que van direccionadas a un tanque amortizado, aunque solo se lleva un cabezal de la instalación que da servicio al túnel (Figura 43), hace falta tener un cabezal para las válvulas de seguridad de la instalación en 2 etapas (Figura 42).

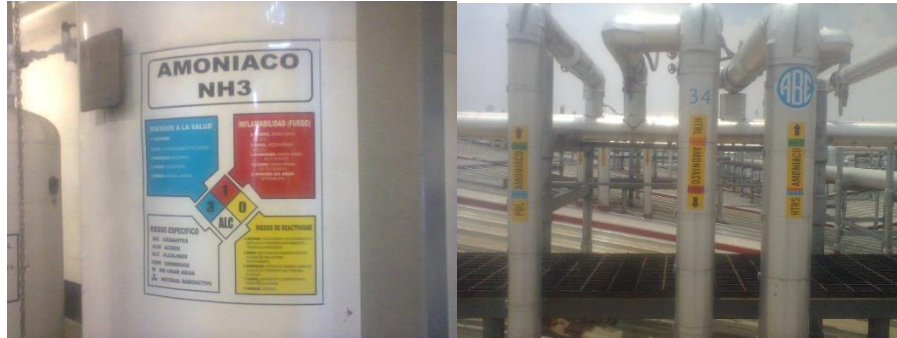


Figura 42 Válvulas sin línea de venteo (Fotografía en campo)



Figura 43 Tren válvulas de seguridad conectadas a línea de desfogue (Fotografía en campo)

Todas las líneas y tanques se encuentran aislados correctamente además se tiene etiquetados para facilitar la identificación de equipo, recipientes y el flujo de la tubería, de esta manera es más fácil para el personal conocer toda la instalación e identificar en diagramas y planos los equipos y tuberías (Figura 44).



*Figura 44 Pictograma en recipientes r identificación de tuberías
(Fotografía en campo)*

Conclusiones

Se puede concluir que la integración mecánica de las instalaciones frigoríficas depende principalmente de la cultura del país, ética profesional, deficiencia de personal capacitado y evitar el mayor tiempo posible gastos en mantenimiento. Todos estos factores pueden poner en riesgo la integridad física del personal que opera en una instalación la finalidad de la integración mecánica es disminuir los costos operativos e incrementar las utilidades al incluir como primer punto personal calificado que pueda ser capaz de analizar las situaciones y problemas operativos en una instalación, capaz de analizar datos que deberá recabar diariamente para monitorear las condiciones de los equipos y poder determinar cómo y cuándo actuar para corregir las fallas.

Los ingenieros de proyectos o jefes de área no deben poner su financiamiento por encima de la integridad física de su personal y mucho menos vender algo que no es útil solo para generar mayores ingresos debemos recordar que ante todo el profesionalismo y la ética deben sobreponerse ante estas situaciones.

Una gran parte de empresas nacionales en México evita generar gastos en el mantenimiento de sus instalaciones muchas veces provocando que los equipos se detengan parando con ello la producción e ingresos de la empresa obteniendo como resultado lo que se trató de evitar por no generar gastos, que a la larga generan solamente ingresos.

En general la integración mecánica de una instalación depende de todo el personal y no es un programa difícil de adoptar por las empresas es una práctica sumamente sencilla que puede traer grandes beneficios y que depende en gran parte de contar con personal calificado.

Bibliografía

- ASHRAE. (2007). Mechanical integrity and carbon steel refrigerant piping. *ASHRAE Journal* , 12-20.
- Bernier J., & Martin F. (1998). *Itinerario del frigorista*. Madrid España: AMV Ed.
- BOHN. (2012). *Boletín 35. Recomendaciones para el regreso óptimo del aceite lubricante en los sistemas de refrigeración*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://www.bohn.com.mx/BOHN-2007/boletines2008/Boletin%20no.%2035%20MARZO-ABRIL%202011.pdf>
- CASIP CORPORACIÓN S.A. (2015). *CASIP CORPORACIÓN S.A.* Recuperado el 20 de Marzo de 2015, de <http://www.casipcorporacion.com/pdf/aceites%20para%20refrigeracion.pdf>
- CEPIS. (2009). *Biblioteca virtual de la cooperación internacional*. Recuperado el 6 de 04 de 2015, de http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/3975/5/BVCI0003317_7.pdf
- Coordinación ejecutiva de comercialización de productos petroquímicos. (2013). *Recomendaciones básicas para el manejo del amoníaco en el sector agrícola*. PEMEX.
- Coronel, J. (s.f.). *Evaporadores, condensadores y tuberías*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general/Apuntes/EVAPORADORES%20,%20CONDENSADORES%20Y%20TUBERIAS.pdf>
- Cuesta, F., & Lamua M. (2000). *El amoníaco como refrigerante* (1a ed.). Paris: AMV Ediciones.
- Danfoss. (2007). *Válvulas de expansión termostáticas*. México: Danfoss.
- Danfoss. (2014). *Aplicaciones de refrigeración industrial con amoníaco y CO2*. Danfoss Refrigeration & Air Conditioning.
- Dossat, R., & Horan, T. (2001). *Principios de refrigeración*. Continental.
- EVAPCO. (2011). *Instrucciones de mantenimiento para enfriadores de circuito cerrado y condensadores evaporativos*. Europa.
- García, S. (2009). *Mantenimiento correctivo*. Madrid: RENOVETEC.
- Grupo Beta. (2003). *Curso para el mantenimiento higiénico-sanitario de instalaciones de riesgo frente a Legionella*. Recuperado el 26 de Marzo de 2015, de <https://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2013/06/tema-4-torres-de-refrigeracion-y-condensadores-evaporativos.pdf>
- Instalaciones Mañas Bronchut, S.L. (2011). *Mantenimiento de instalaciones frigoríficas*. Barcelona.

- Instituto Internacional del Frío. (2000). *El amoníaco como refrigerante*. Paris: AMV Ediciones.
- Instituto tecnologico superior de Xalapa. (2011). *manual de mantenimiento preventivo de los equipos instalados*. Xalapa: instituto tecnologico superior de Xalapa.
- Intituto Internacional del Frío. (1990). *Alimentos congelados: procesado y distribución*. Francia: Acribia.
- Morsel, H. (1967). *Vadecum del frigorista*. España: Acribia.
- MYCOM. (2010). *SCV Series Screw Compressors*. Tokio Japon: Mayekawa.
- Olives, R. (14 de 03 de 2015). *Departament d' Empresa i Ocupació*. (G. d. gencat.cat, Ed.) Recuperado el 08 de Abril de 2015, de http://empresaiocupacio.gencat.cat/web/.content/03_-_centre_de_documentacio/documents/01_-_publicacions/06_-_seguretat_i_salut_laboral/arxiu/qp_manteniment_preventiu_cast.pdf
- Padero, M. (2014). *Montaje y mantenimiento de instalaciones frigoríficas industriales*. España: Paraninfo.
- RSIF. (2013). *Guía técnica de aplicación del reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias*. España: Reglamento de seguridad de instalaciones frigorificas.
- Sánchez, M. (1998). *Ingeniería de las instalaciones térmicas agroindustriales*. Cordoba: Universidad de Cordoba.
- SIRSA Titanio. (2013). *Condensador evaporativo*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://www.sirsatitanio.com/Archivos%20PDF/manual%20de%20condensadores%20evaporativos.pdf>
- SIRSA TITANIO. (2013). *SIRSA Titanio*. Recuperado el 26 de Marzo de 2015, de <http://www.sirsatitanio.com/Archivos%20PDF/CONDENSADORES%20EVAPORATIVOS%20DE%20ACERO%20INOXIDABLE.pdf>
- Tamborelo, J. (1999). *Mantenimiento preventivo de las instalaciones peligrosas*. España: Ministerio de trabajo y asuntos sociales.
- Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Canseptos basicos sobre mantenimiento*. Recuperado el 08 de 04 de 2015, de http://www.bdigital.unal.edu.co/794/3/163_-_2_Capi_1.pdf
- Vio Ulloa, J. (2012). *Guía de uso y manejo de amoníaco en la refigreración*. Chile: ASOEX.
- Widman, R. (2008). *Boletin 57, Compresores de frío - su funcionamiento y cuidado*. Recuperado el 15 de marzo de 2015, de <http://widman.biz/boletines/57.html>
- Widman, R. (2013). *Compresores de frio - mantenimiento y cuidado*. Bolivia: Widman International SRL.

Apéndices

Levantamiento de Datos en Compresor

Compresor: # 1

Compañía: Centro de distribución

Fecha: 18/ abril /2015

Aplicaciones en operación: Túnel IQF

Carga térmica al: 25% 50% 75% 100%

Sistema en: Una etapa. Dos etapas.

Compresor: De primera etapa. De segunda etapa.

Compresor tipo: Tornillo. Pistones.

Enfriamiento del aceite: Agua o glicol. Inyección de líquido. Termosifón.

Horas de trabajo: 57100

Fecha del último servicio: Abril 2014

Aceite lubricante: Royco 2068

Marca y modelo de compresor: Frick RWF II 134

Nivel de aceite: Equipo en paro. Equipo en funcionamiento.



Apariencia del aceite: Se observa que el aceite tiene un ligero tono oscuro que indica una oxidación del mismo debido a la presión de trabajo a la succión del compresor.

Hora	Consumo kW	P de succión	T de succión	P de descarga	T descarga	T aceite	Presión aceite
9:52	174	9.1 Hg	-30 °C	155.2 Psig	67.8 °C	45.2 °C	140.8 Psig
10:30	177	2.4 Hg	-25.4 °C	154 Psig	66.1 °C	45.1 °C	137.7 Psig
11:04	194	2.1 Hg	-27.4 °C	151.1 Psig	66.9 °C	44.6 °C	142.4 Psig
11:40	190	2.4 Hg	-18.5 °C	153.3Psig	66.2 °C	45.1 °C	153.7 Psig
12:15	190	9.2 Hg	-26.2 °C	156 Psig	67.3 °C	44.2 °C	150.2 Psig
12:30	Paro por falla eléctrica (corte repentino de alimentación eléctrica)						
13:10	190	2.7 Hg	-20.1 °C	165.9 Psig	68 °C	45.3 °C	156.1 Psig
13:50	163	8.7 Hg	-25.1 °C	152.4 Psig	66.4 °C	44.2 °C	145.6 Psig
14:20	169	8.8 Hg	-27.9 °C	153.2 Psig	66.1 °C	45.1 °C	147.3 Psig
14:50	170	9.0 Hg	-28.5 °C	155.8 Psig	66.4 °C	44.8 °C	146.2 Psig

Tiempo desde su instalación: 8 años

Se cuenta con válvulas de servicio en la succión y descarga para mantenimiento: Si No

Se tiene fuga de aceite en sello mecánico: Si No

Periodo de cambio de sello mecánico: 15000 hr.

Periodo de cambio de filtro separador de aceite:

Alarmas en el historial:

No se tuvo acceso al historial de alarmas

Observaciones y comentarios:

El equipo se encuentra en buenas condiciones se le han realizado pruebas ultrasónicas, además de que se tiene programado el mantenimiento preventivo del equipo se observa incongruencia en relación a las temperaturas y presión de succión.

Diagnóstico: Equipo obsoleto Se requiere Mantenimiento Equipo en buen estado

Levantamiento de Datos en Compresor

Compresor: #2

Compañía: centro de distribución

Fecha: 18/Abril/2015

Aplicaciones en operación: congelador y almacén vísceras.

Carga térmica al: 25% 50% 75% 100%

Sistema en: Una etapa. Dos etapas.

Compresor: De primera etapa. De segunda etapa.

Compresor tipo: Tornillo. Pistones.

Enfriamiento del aceite: Agua o glicol. Inyección de líquido. Termosifón.

Horas de trabajo: 4604

Fecha del último servicio: Octubre

Aceite lubricante: Royco 2068

Marca y modelo de compresor:

Nivel de aceite: Equipo en paro. Equipo en funcionamiento.



Apariencia del aceite: presenta ligeros índices de oxidación

Hora	P de succión	T de succión	P de descarga	T descarga	T aceite	Presión aceite
10:08	10.8 Psig	-8.3°C	33 Psig	51 °C	51.4 °C	15 Psig
10:50	9.6 Psig	-14 °C	33 Psig	51 °C	50.9 °C	16 Psig
11:20	10.1 Psig	-15 °C	33 Psig	50 °C	49.5 °C	16 Psig
11:55	9.7 Psig	-15 °C	33 Psig	51 °C	47.2°C	16 Psig
12:30	7.4 Psig	-9 °C	33 Psig	51 °C	49 °C	15 Psig
13:10	10.9 Psig	-7.5°C	33 Psig	50 °C	50.1 °C	15 Psig
13:50	9.5 Psig	-13 °C	33 Psig	50 °C	49.6°C	16 Psig
14:24	9.8 Psig	-14.3°C	33 Psig	51 °C	51.2 °C	16 Psig
14:50	10.4 Psig	-9.5 °C	33 Psig	51 °C	49.5°C	16

Tiempo desde su instalación: 25 años

Se cuenta con válvulas de servicio en la succión y descarga para mantenimiento: Si No

Se tiene fuga de aceite en sello mecánico: Si No

Periodo de cambio de anillos: cada año

Periodo de cambio de filtro separador de aceite y servicio completo: cada 2.5 años

Alarmas en el historial: no se cuenta con historial de alarmas.

Observaciones y comentarios: Se requiere realizar un análisis e inspección de vibraciones y revisión de platos de válvulas

Diagnóstico: Equipo obsoleto Se requiere Mantenimiento Equipo en buen estado

Levantamiento de Datos en Compresor

Compresor: #3

Compañía: Centro de distribución

Fecha: 18/Abril/2015

Aplicaciones en operación: todas las aplicaciones en operación

Carga térmica al: 25% 50% 75% 100%

Sistema en: Una etapa. Dos etapas.

Compresor: De primera etapa. De segunda etapa.

Compresor tipo: Tornillo. Pistones.

Enfriamiento del aceite: Agua o glicol. Inyección de líquido. Termosifón.

Horas de trabajo: 18000 hrs

Fecha del último servicio: 10 Abril 2015

Aceite lubricante: Royco 2068 Marca y modelo de compresor: Vilter VSS751

Nivel de aceite: Equipo en paro. Equipo en funcionamiento.



Apariencia del aceite: se puede observar que el aceite aún se encuentra en buenas condiciones no presenta oxidación

Hora	Consumo kW	P de succión	T de succión	P de descarga	T descarga	T aceite	Presión aceite
10:12	136.532	31.10 Psig	16°C	157.3 Psig	69.5 °C	57 °C	112 Psig
10:40	137.544	29.7 Psig	14.4 °C	159.10 Psig	71 °C	55°C	107 Psig
11:12	138.6	30.30 Psig	15.5 °C	160.2 Psig	69 °C	56°C	111 Psig
11:45	139.084	30.10 Psig	17 °C	160.9 Psig	71.3 °C	56°C	112 Psig
12:16	140.008	30.02 Psig	14.2 °C	159.8 Psig	71 °C	54 °C	116 Psig
12:30	Falla eléctrica (corte de electricidad)						
13:20	131.12	40 Psig	17.2 °C	150 Psig	67 °C	56°C	111Psig
13:55	153.56	35.6 Psig	16 °C	166.7 Psig	72 °C	54°C	110 Psig
14:30	137.104	29.8 Psig	17 °C	159.3 Psig	67.5 °C	57°C	107 Psig
14:45	138.38	30.1 Psig	17 °C	160.1 Psig	69.9 °C	56°C	112 Psig

Tiempo desde su instalación: 3 años

Se cuenta con válvulas de servicio en la succión y descarga para mantenimiento: Si No

Se tiene fuga de aceite en sello mecánico: Si No

Periodo de cambio de sello mecánico: 15000 hr.

Periodo de cambio de filtro separador de aceite: _____

Alarmas en el historial: No se tiene registro de alarmas recientemente.

Observaciones y comentarios: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Diagnóstico: Equipo obsoleto Se requiere Mantenimiento Equipo en buen estado

Levantamiento de Datos Condensador

Condensador: # 1

Compañía: Centro de distribución.

Fecha: 18/ Abril/2015.

Tipo de ventilador: Axial Centrifugo

Ventilador impulsado por: Flecha Correas Ambos

Lubricación de los cojinetes: Si No

Condiciones de las correas: Buena Mala

Aspas de ventilador rotas: Si No

Se tiene análisis de aguas duras: Si No

Que tratamiento se utiliza:

Periodo de reemplazo de agua: cada 15 días periodo de lavado tina y serpentín: cada 15 días

Existe incrustación en serpentín: Si No

Se tienen fugas de agua en carcasa o tina del condensador: Si No

La aspersion del agua es homogénea: Si No

Tiempo desde la instalación: 8 años Marca y modelo: ATC-120B

Condensador Evaporativo		T: 25 °C	Tw: 17 °C
Hora	T del agua	T entrada condensador	T salida Condensador
11:20	23.3 °C	52.9 °C	31.8 °C
12:15	23 °C	53.3°C	30°C
13:10	23.5 °C	52.7°C	31.3°C
13:50	23.7°C	53°C	32.2°C
14:20	24°C	53.7 °C	31.5 °C

Observaciones: se tienen picaduras en las paredes laterales del condensador que cubren el rebosadero aunque no presentan fugas se requiere corregir.

Diagnóstico: Equipo obsoleto Se requiere Mantenimiento Equipo en buen estado

Levantamiento de Datos Condensador

Condensador: # 2

Compañía: Centro de distribución

Fecha: 18/Abril/2015

Tipo de ventilador: Axial Centrifugo

Ventilador impulsado por: Flecha Correas Ambos

Lubricación de los cojinetes: Si No

Condiciones de las correas: Buena Mala

Aspas de ventilador rotas: Si No

Se tiene análisis de aguas duras: Si No

Que tratamiento se utiliza: Ablandador y desincrustante.

Periodo de reemplazo de agua: cada 15 días periodo de lavado tina y serpentín: cada 15 días

Existe incrustación en serpentín: Si No

Se tienen fugas de agua en carcasa o tina del condensador: Si No

La aspersion del agua es homogénea: Si No

Tiempo desde la instalación: 3 años aproximados Marca y modelo: BAC VCA 404A

Condensador Evaporativo		T ambiente: 25°C	Tw:17 °C
Hora	T agua	T entrada condensador	T salida Condensador
11:28	26.8 °C	60.1 °C	31.6 °C
12:25	29.8 °C	61 °C	30.1 °C
13:20	27.7 °C	59.9 °C	31.2 °C
14:00	29 °C	59 °C	30.5 °C
14:35	27°C	60.3 °C	31°C

Observaciones: se cuenta con variadores de frecuencia, la capacidad del condensador está demasiado sobrada, operando con un solo ventilador al 38% y uno al 2% de su capacidad total.

Diagnóstico: Equipo obsoleto Se requiere Mantenimiento Equipo en buen estado

Levantamiento de Datos en Tubería, Accesorios y Recipientes

Compañía: Centro de distribución

Fecha: 18 de Abril 2015

Existe aislamiento en los recipientes acumuladores de succión: Si No

Los acumuladores de succión cuentan con sensores de nivel y alarmas: Si No

Los tanques sujetos a presión se encuentran a la intemperie: Si No

Los tanques sin aislamiento presentan corrosión Sí No

Los tanques sujetos a altas presiones tienen válvulas de alivio Sí No

Observaciones:

En el caso de válvulas de seguridad la instalación en 2 etapas no cuenta con un cabezal direccionado al tanque amortizado y descargan directo a cuarto de máquinas.

Los recirculadores se encuentran aislados: Si No

Se cuenta con aislamiento de las líneas de baja presión: Si No

Existen indicios de condensación de agua en el aislamiento: Si No

Se realizan inspecciones a la instalación para detección en fugas de amoniaco: Si No

Existen fugas en: Tubería válvulas mirilla recipiente Accesorios
Ninguno

Se realiza el reemplazo o limpieza de filtros de calcetín: Limpieza Cambio Ninguno

Tiempo de vida desde puesta en marcha: 8 y 3 años

Se han realizado: Cortes en tubería soldadura y/o uniones reparaciones en recipientes

Se ha realizado alguna prueba de:

Ultrasonido Líquidos penetrantes Radiografía Partículas magnéticas

Fecha de última prueba: 8 meses recipientes

Diagnóstico: En malas condiciones Se requiere Mantenimiento Buen estado

Accesorio, Recipiente o Tubería	Ubicación	Descripción	Línea B/A	Comentario	Fuga
Purgador de aire	Cuarto maquinas	Falla de bobina	Alta	Variaciones en voltaje	Si
Trampa Phillips 1	Cuarto maquinas	deshabilitado	Baja	Se requiere retirar	No
Acumulador 1	Cuarto maquinas	deshabilitado	Baja	Se requiere retirar	No
Recipiente piloto	Plataforma condensador	deshabilitado	Alta	Se requiere retirar	Si

Anexos

Número de identificación: _____

COMPRESORES

Propietario de la planta: _____

Dirección: _____

Contacto: _____ Teléfono: _____

Inspector: _____ Fecha: _____

Compresor

Ubicación: _____

Marca o número de identificación: _____

Aplicación

- Alta etapa Etapa simple
 Booster Swing

Tipo

- Tornillo rotatorio Paletas rotativas
 Reciprocante Reciprocante vertical

Datos de aplicación

Tipo de accionamiento: Correa Directo Velocidad de operación (rpm): _____

Capacidad (TR): _____ Succión (psig): _____ Descarga (psig): _____

Presión de succión mínima: _____ Presión de descarga máxima: _____

Válvula de alivio: Interna Externa Capacidad (lb aire/min): _____ Presión (psig): _____

Datos de placa de identificación del compresor

Fabricante, Modelo, No. de serie: _____

Año de fabricación: _____ Refrigerante: Amoniaco Otro: _____

Máxima presión de diseño (psig): _____ Máximas rpm: _____

Dirección de rotación: Izquierda Derecha Muestra dirección de flujo: Si No

Límites de operación

Velocidad Max. (rpm): _____ Min. (rpm): _____ Rango de compresión máx.: _____

Presión de diseño de descarga (psig): _____ Presión de diseño de carcaza: (psig): _____

Temp. de descarga máx. (°F): _____ Temp. de aceite máx. (°F): _____

Datos de identificación del motor

Fabricante (año), Modelo, No. de serie: _____

Tamaño de marco: _____ Tipo: _____ Velocidad (rpm): _____ Potencia (hp): _____

Voltaje (V): _____ ACC (amps): _____ Etapa: 1 3

Frecuencia (Hz): _____ Tamaño y número de bandas: _____

Paros de seguridad

Ajuste de alta presión (psig): _____ Tipo: _____ ¿Funciona correctamente? _____

Ajuste de baja presión (psig): _____ Tipo: _____ ¿Funciona correctamente? _____

Ajuste de presión de aceite (psig): _____ Tipo: _____ ¿Funciona correctamente? _____

Requerimientos/Recomendaciones	Ajusta	Acciones recomendadas/ Comentarios	Estado de seguridad	Fecha fijada
Placa de identificación completa y legible	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Diseñado para amoniaco	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Operación dentro de los límites				
1) RPM del compresor	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Rango de compresión	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
3) Presión de descarga	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
4) Presión de cigüeñal máxima	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Accionamientos limpiados	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Se ha modificado el compresor, alterado, dañado o reparado afectando la integridad.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Libre de vibración excesiva	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Anclado y asegurado en su lugar	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Medidores de presión y temperatura de succión, descarga y aceite presentes y funcionando	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Interruptores de alta, baja presión y baja diferencia de presión de aceite funcionando adecuadamente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
El compresor tiene válvula de alivio. Si es externa, ¿necesita ciertos requerimientos?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
El compresor tiene válvulas de paro de succión y descarga y válvula check de descarga.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
¿Hay otras condiciones que pueden afectar negativamente la seguridad de operación del compresor? <input type="checkbox"/> No				
<input type="checkbox"/> Si (describa): _____				

Número de identificación: _____

TANQUES DE PRESIÓN

Propietario de la planta: _____

Dirección: _____

Contacto: _____ Teléfono: _____

Inspector: _____ Fecha: _____

Tanque de presión

Ubicación: _____

Marca o número de identificación: _____

Aplicación

- Recibidor de alta presión Interenfriador Acumulador Recipiente de aceite
 Recibidor de bombeo, baja temp Recibidor de bombeo, alta temp Otro: _____

Datos de aplicación

Presión normal operacional (psig): _____ Temperatura (°F): _____

Dimensiones (ft): _____ Nivel de líquido normal (ft): _____

Capacidad normal de amoníaco (ft³): _____

Capacidad de diseño (especificar: bombeo, TR, etc): _____

Datos de placa de identificación del tanque

Fabricante, Modelo, No. de serie: _____

Año de fabricación: _____ Presión de trabajo máx. de diseño (psig): _____

Presión permisible máx. (psig): _____ A (°F): _____

Temp. del metal mín (°F): _____ A (psig): _____

Presión de prueba aplicada (psig): _____

Número de tablero: _____ Estampa de certificación ASME: Si No

Datos de seguridad de la válvula de alivio

Tipo: Dual Simple Ninguna

Fabricante, Modelo, No. de serie: _____

Año de fabricación: _____ Sello ASME integro: Si No

Presión ajustada (psig): _____ Capacidad (lb aire/min): _____

Conexiones: Entrada _____ Salida _____ Tamaño de tubería: Entrada _____ Salida _____

¿La válvula está propiamente instalada y conectada a la tubería? Si No

Si es NO, explique: _____

Indicador visual de líquido

- Tubular Piso blindado Diana blindada Indicador de alta presión Ninguna

Requerimientos/Recomendaciones	Ajusta	Acciones recomendadas/ Comentarios	Estado de seguridad	Fecha fijada
Placa de identificación completa y legible	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Operación dentro de los límites:				
1) Presión máxima	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Temperatura mínima	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Estampa de tanque ASME legible	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Planos de certificación en archivo	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Datos de fabricante en archivo	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
¿La válvula tiene alteraciones/ modificaciones conocidas?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
1) Si es SI, ¿se recertificó el tanque?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) ¿Los datos de reporte revisados están en archivo?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvula de alivio:				
1) Tipo adecuado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Configuración correcta	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
3) Capacidad correcta	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
4) Correcta instalación	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
5) Conectada a tubería correctamente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
6) ¿Se reemplazó o certifico en los últimos 5 años de servicio?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
7) Sello ASME integro	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Indicador de nivel de líquido (mirilla):				
1) Protegido contra riesgos	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Protecciones 360°	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
3) Válvulas check de apagado internas	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
El tanque está propiamente identificado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Condición del tanque: <input type="checkbox"/> sin corrosión <input type="checkbox"/> sin corrosión en mirilla <input type="checkbox"/> corrosión extensiva <input type="checkbox"/> desconocida				
Condición aislada (desconocida): <input type="checkbox"/> sin fugas <input type="checkbox"/> fuga mínima <input type="checkbox"/> fuga excesiva de vapor <input type="checkbox"/> no aislada				
Condición de válvula de alivio: <input type="checkbox"/> limpia, sin corrosión <input type="checkbox"/> corrosión externa mínima <input type="checkbox"/> corrosión extensiva				
¿Hay otras condiciones que pueden afectar negativamente la seguridad de operación del compresor? <input type="checkbox"/> No				
<input type="checkbox"/> Si (describa): _____				

Número de identificación: _____

INTERCAMBIADORES DE CALOR (IC)

Propietario de la planta: _____

Dirección: _____

Contacto: _____ Teléfono: _____

Inspector: _____ Fecha: _____

Intercambiador de tubos y coraza

Ubicación: _____

Marca o número de identificación: _____

Tipo

- Condensador, agua enfriada Subenfriador de líquido Evaporador, inundación de amoniaco
 Evaporador, sin inundación Otro: _____

Datos de aplicación

Presión normal operacional (psig): _____ Temperatura (°F): _____

Dimensiones del tanque (ft): _____ Nivel de líquido normal (ft): _____

Material del tubo: Acero al carbón Acero inoxidable Aluminio Diámetro de tubo (in): _____

No. de tubos: _____ Capacidad normal de amoniaco (volumen/peso): ft³: _____ lb: _____

Capacidad de diseño: _____ TR con _____ GPM de _____ pulgadas a _____ °F, salida a _____ °F

Datos de placa de identificación del intercambiador de calor

Fabricante, Modelo, No. de serie: _____

Año de fabricación: _____

Presión de coraza: _____ psig a _____ °F Presión de tubos: _____ psig a _____ °F

Presión permisible máx. (psig): _____ A (°F): _____

Temp. del metal mín (°F): _____ A (psig): _____

Número de tablero: _____ Estampa de certificación ASME: Si No

Datos de seguridad de la válvula de alivio

Tipo: Dual Simple Ninguna

Fabricante, Modelo, No. de serie: _____

Año de fabricación: _____ Sello ASME integro: Si No

Presión ajustada (psig): _____ Capacidad (lb aire/min): _____

Conexiones: Entrada _____ Salida _____ Tamaño de tubería: Entrada _____ Salida _____

¿La válvula está propiamente instalada y conectada a la tubería? Si No

Si es NO, explique: _____

Indicador visual de líquido

- Tubular Piso blindado Diana blindada Indicador de alta presión Ninguna

Requerimientos/Recomendaciones	Ajusta	Acciones recomendadas/ Comentarios	Estado de seguridad	Fecha fijada
Placa de identificación completa y legible	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Aplicable para amoniaco	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Operación dentro de límites				
1) Presión máxima coraza tubos	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Temperatura mínima	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Sello ASME visible	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Planos de certificación en archivo	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Datos de fabricante en archivo	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
¿El intercambiador tiene alteraciones/ modificaciones conocidas?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
1) Si es SI, ¿se recertificó el IC?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) ¿Los datos de reporte revisados están en archivo?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvulas de alivio de seguridad e hidrostática:				
1) Tipo adecuado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Configuración correcta	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
3) Capacidad correcta	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
4) Correcta instalación	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
5) Conectada a tubería correctamente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
6) ¿Se reemplazó o certifico en los últimos 5 años de servicio?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
7) Sello ASME integro	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Indicador de nivel de líquido (mirilla):				
1) Protegido contra riesgos	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Protecciones 360°	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
3) Válvulas check de apagado internas	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
El IC está propiamente identificado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Condición del IC: <input type="checkbox"/> sin corrosión <input type="checkbox"/> sin corrosión en mirilla <input type="checkbox"/> corrosión extensiva <input type="checkbox"/> desconocida				
Condición aislada (desconocida): <input type="checkbox"/> sin fugas <input type="checkbox"/> fuga mínima <input type="checkbox"/> fuga excesiva de vapor <input type="checkbox"/> no aislada				
Condición de válvula de alivio: <input type="checkbox"/> limpia, sin corrosión <input type="checkbox"/> corrosión externa mínima <input type="checkbox"/> corrosión extensiva				
¿Hay otras condiciones que pueden afectar negativamente la seguridad de operación del compresor? <input type="checkbox"/> No				
<input type="checkbox"/> Si (describa): _____				

Número de identificación: _____

EVAPORADORES DE ENFRIAMIENTO DE AIRE

Propietario de la planta: _____

Dirección: _____

Contacto: _____ Teléfono: _____

Inspector: _____ Fecha: _____

Evaporadores de enfriamiento de aire

Ubicación: _____

Marca o número de identificación: _____

Aplicación

- Blast Freezer Almacén de congelados
- Cuarto de proceso Muelle
- Almacén frío Otro: _____

Tipo de alimentación

- Recirculación de líquido Inundado
- Expansión directa Otro: _____

Datos de aplicación

Material de tubos y aletas: Acero al carbón Acero inoxidable Aluminio

Tipo de deshiele: Aire Agua Gas caliente Otro: _____

Temperatura de cámara (°F): _____ Temperatura de refrigerante: _____

Capacidad (TR): _____ Flujo de aire (CFM): _____

Volumen interno total (ft³): _____

Capacidad de carga de amoniaco (volumen/peso): ft³: _____ lb: _____

Datos de placa de identificación del evaporador

Fabricante, Modelo, No. de serie: _____

Año de fabricación: _____ Presión de diseño (psig): _____

Datos de placa de identificación del motor del ventilador

Fabricante (año), Modelo, No. de serie: _____

Tamaño de marco: _____ Tipo: _____ Velocidad (rpm): _____ Potencia (hp): _____

Voltaje (V): _____ ACC (amps): _____ Etapa: 1 3

Frecuencia (Hz): _____ Tamaño y número de bandas: _____

Requerimientos/Recomendaciones	Ajusta	Acciones recomendadas/ Comentarios	Estado de seguridad	Fecha fijada
Placa de identificación completa y legible	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Diseñado para amoniaco	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Operación dentro de los límites	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Apoyado y anclado adecuadamente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Acceso seguro para servicio y mantenimiento	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Libre de vibración excesiva	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Protección adecuada contra riesgos de tráfico	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Evaporador libre de formación de cristales excesiva y de suciedad	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Accionamiento debidamente protegido y vigilado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Condición del evaporador: <input type="checkbox"/> sin corrosión <input type="checkbox"/> sin corrosión en mirilla <input type="checkbox"/> corrosión extensiva				
¿Hay otras condiciones que pueden afectar negativamente la seguridad de operación del compresor? <input type="checkbox"/> No				
<input type="checkbox"/> Si (describa): _____				

Número de identificación: _____

CONDENSADORES EVAPORATIVOS

Propietario de la planta: _____

Dirección: _____

Contacto: _____ Teléfono: _____

Inspector: _____ Fecha: _____

Condensador evaporativo

Ubicación: _____

Marca o número de identificación: _____

Datos de aplicación

Material de tubos y aletas: Acero al carbón Acero inoxidable Aluminio

Tipo de deshielo: Aire Agua Gas caliente Otro: _____

Temperatura de bulbo húmedo (°F): _____ Flujo de agua (GPM): _____

Presión de condensación (psig): _____ Temperatura (°F): _____

Volumen interno total (ft³): _____

Capacidad de carga de amoniaco (volumen/peso): ft³: _____ lb: _____

Serpentín sobrecalentador instalado): Si No

Datos de placa de identificación del condensador

Fabricante, Modelo, No. de serie: _____

Año de fabricación: _____ Presión de diseño (psig): _____

Datos de placa de identificación del motor del ventilador

Fabricante (año), Modelo, No. de serie: _____

Tamaño de marco: _____ Tipo: _____ Velocidad (rpm): _____ Potencia (hp): _____

Voltaje (V): _____ ACC (amps): _____ Etapa: 1 3

Frecuencia (Hz): _____ Tamaño y número de bandas: _____

Purgador de gas no condensable

Tipo: Automático, refrigerado Manual, refrigerado Manual, NO refrigerado

Ubicación del punto de purga: _____

Datos de placa de identificación del purgador

Fabricante, Modelo, No. de serie: _____

Requerimientos/Recomendaciones	Ajusta	Acciones recomendadas/ Comentarios	Estado de seguridad	Fecha fijada
Placa de identificación completa y legible	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Aplicable para amoniaco	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Operación dentro de límites	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Acceso seguro para servicio y mantenimiento (escaleras, pasillos)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Libre de exceso de vibración visible	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Protección contra riesgos de tráfico adecuada	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Sistema de monitoreo de corrosión presente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvulas de purga de condensador presentes y en buenas condiciones	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Purga de aire auto refrigerada instalada	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvulas de aislamiento del condensador en buen estado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvulas de alivio del condensador:				
1) Tipo adecuado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Configuración de presión correcta	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
3) Capacidad correcta	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
4) Correcta instalación	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
5) Conectada a tubería correctamente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
6) ¿Se reemplazó o certifico en los últimos 5 años de servicio?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
7) Sello ASME integro	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Escala de acumulación de polvo presente				
1) Serpentín de compresor	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Separadores de gotas	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
3) Colector de agua	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Distribuidores de agua funcionan con eficacia	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Los separadores de gotas que opera de manera efectiva	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Tipo de tratamiento de agua: <input type="checkbox"/> Ozono <input type="checkbox"/> Químico				
Condición del condensador: <input type="checkbox"/> limpia, sin corrosión <input type="checkbox"/> corrosión externa mínima <input type="checkbox"/> corrosión extensiva				
Condición de válvula de alivio: <input type="checkbox"/> limpia, sin corrosión <input type="checkbox"/> corrosión externa mínima <input type="checkbox"/> corrosión extensiva				
¿Hay otras condiciones que pueden afectar negativamente la seguridad de operación del compresor? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si (describa): _____				

Número de identificación: _____

BOMBAS

Propietario de la planta: _____

Dirección: _____

Contacto: _____ Teléfono: _____

Inspector: _____ Fecha: _____

Bomba

Ubicación: _____

Marca o número de identificación: _____

Aplicación

- Baja temperatura, recirculación de líquido
- Alta temperatura, recirculación de líquido
- Transferencia de baja presión
- Transferencia de alta presión
- Otra: _____

Tipo

- Abierta, centrífuga
- Hermética, centrífuga
- Engrane giratorio
- Paletas giratorias
- Otro: _____

Datos de aplicación

Tipo de accionamiento: Correa Directo Velocidad de operación (rpm): _____

Capacidad de diseño (GPM a carga total, psig): _____

Temperatura de refrigerante mínima (°F): _____ Presión máxima de refrigerante (psig): _____

Válvula de alivio: Interna Externa Tipo de bypass: Manual Otro: _____

Datos de placa de identificación de la bomba

Fabricante, Modelo, No. de serie: _____

Año de fabricación: _____ Refrigerante: Amoniaco Otro: _____

Máx. presión de diseño (psig): _____ Temp. min. (°F): _____ Máx. rpm: _____

Dirección de rotación: Izquierda Derecha

Datos de placa de identificación del motor

Fabricante (año), Modelo, No. de serie: _____

Tamaño de marco: _____ Tipo: _____ Velocidad (rpm): _____ Potencia (hp): _____

Voltaje (V): _____ ACC (amps): _____ Etapa: 1 3

Frecuencia (Hz): _____ Tamaño y número de bandas: _____

Requerimientos/Recomendaciones	Ajusta	Acciones recomendadas/ Comentarios	Estado de seguridad	Fecha fijada
Placa de identificación completa y legible	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Diseñado para amoniaco	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Operación dentro de los límites				
1) Velocidad de bombeo	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Presión de diseño	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
3) Mínima temperatura	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Accionamiento debidamente protegido y vigilado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Bomba libre de vibración excesiva	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Bomba anclada en su lugar correctamente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Medidores de presión de succión y descarga funcionan correctamente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvula de alivio y tubería de venteo debidamente instalados	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvula de bypass instalada adecuadamente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Interruptores de límites de seguridad instalados y funcionales	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			

¿Hay otras condiciones que pueden afectar negativamente la seguridad de operación del compresor? No
 Si (describa): _____

Número de identificación: _____

TUBERÍA

Propietario de la planta: _____

Dirección: _____

Contacto: _____ Teléfono: _____

Inspector: _____ Fecha: _____

Sistema de tuberías

Ubicación: _____

Marca o número de identificación: _____

Requerimientos/Recomendaciones	Ajusta	Acciones recomendadas/ Comentarios	Estado de seguridad	Fecha fijada
Sistema de tubería adecuadamente soportado y anclado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Sistema de tubería adecuadamente protegido de riesgos de tráfico	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Sistema de tubería libre de formaciones de hielo anormales	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
¿La tubería está arreglada de manera que el líquido de amoníaco no quede atrapado ente la válvula check de descarga de la bomba y la válvula de cierre?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Si NO, ¿hay válvula de alivio y venteo instalada adecuadamente?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todas las válvulas de drenaje amoníaco equipadas con tapones	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvulas y medidores instalados en todas las válvulas de control	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todos los medidores en buenas condiciones de trabajo	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Toda la tubería tiene marcas adecuadas de acuerdo al Boletín 114 IIAR	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Instalación de acuerdo a IIAR-2-1992 Sección 5	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Sujetadores mecánicos ajustados	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Condición de tubería: <input type="checkbox"/> sin corrosión <input type="checkbox"/> sin corrosión en mirilla <input type="checkbox"/> corrosión extensiva <input type="checkbox"/> desconocida				
Condición aislada (desconocida): <input type="checkbox"/> sin fugas <input type="checkbox"/> fuga mínima <input type="checkbox"/> fuga excesiva de vapor <input type="checkbox"/> no aislada				
¿Hay otras condiciones que pueden afectar negativamente la seguridad de operación del compresor? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si (describa): _____				

Número de identificación: _____

VENTILACIÓN

Propietario de la planta: _____

Dirección: _____

Contacto: _____ Teléfono: _____

Inspector: _____ Fecha: _____

Sistema de ventilación del cuarto de máquinas

Ubicación del sistema de ventilación: _____

Marca/número de identificación: _____

Tamaño del cuarto de máquinas (LxWxH, ft): _____

Área de cuarto de máquinas (ft²): _____ Volumen (ft³): _____

Carga de amoníaco en el mayor sistema de tuberías o tanques situado en cuarto de máquinas (lb de amoníaco): _____

Placa de identificación de potencia de motor en cuarto de máquinas (hp): _____

Otra carga de calor en cuarto de máquinas (BTUH): _____

Temperatura de diseño externa: Verano (°F): _____ Invierno (°F): _____

Códigos con jurisdicción en esta ubicación: _____

Otros requerimientos con jurisdicción: _____

Escape mecánico continuo mínimo requerido (CFM): _____

Escape de emergencia mecánico mínimo requerido (CFM): _____

Escape de emergencia mecánico real instalado (CFM): _____

Nivel de detector de alarma de amoníaco (ppm): _____

Requerimientos/Recomendaciones	Ajusta	Acciones recomendadas/ Comentarios	Estado de seguridad	Fecha fijada
Escape mecánico actual es mejor o igual que el mínimo requerido	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Escape de emergencia mecánico actual es mejor/igual que el mínimo requerido	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Interruptor de alarma instalado para flujos por escapes continuos	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Alarma trabaja correctamente cuando un ventilador de escape continuo es detenido por desconexión	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Un detercto de amoníaco instalado para emergencias de ventiladores de escape de emergencia, alarma activada y supervisada cuando se detecta amoniaco	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Detector de amoniaco, circuito de control, ventiladores de escape de emergencia, compuertas y alarmas, todas funcionan correctamente al exponer el detector a una muestra de amoniaco	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todas las bandas de los ventiladores, rodamientos, amortiguadores y filtros en buen estado de funcionamiento	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
El calor se instala en la sala de máquinas para satisfacer a la pérdida de calor envolvente y la carga de ventilación continua	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Descargas de ventilador de escape están lejos de puertas, ventanas y entradas de aire	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Compuertas de entrada son del tipo a prueba de aperturas	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Entradas de persianas y ventiladores de escape promueven la mezcla y evitan baja circulación de aire de la sala	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Ventiladores de escape de emergencia pueden ser accionados manualmente desde el exterior del cuarto	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
¿Hay otras condiciones que pueden afectar negativamente la seguridad de operación del compresor? <input type="checkbox"/> No				
<input type="checkbox"/> Si (describa): _____				

Número de identificación: _____

VÁLVULAS DE ALIVIO

Propietario de la planta: _____

Dirección: _____

Contacto: _____ Teléfono: _____

Inspector: _____ Fecha: _____

Sistema de válvulas de alivio de presión

Ubicación: _____

Marca o número de identificación: _____

Requerimientos/Recomendaciones	Ajusta	Acciones recomendadas/ Comentarios	Estado de seguridad	Fecha fijada
Todas las válvulas de alivio tiene placas de identificación legibles	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todas las válvulas de alivio están diseñadas para amoníaco	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todas las válvulas tienen buena configuración de alivio	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todas las válvulas de alivio tienen capacidad de descarga requerida	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todas las válvulas tienen sello ASME en buen estado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvulas de alivio simples o dobles están instaladas en todos los tanques de presión, intercambiadores de calor, recipientes de aceite, y en donde se requiera según ANSI/IIAR-2 (última edición)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todas las válvulas de alivio están conectadas sobre el nivel de líquido	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Toda la tubería de entrada a válvulas de alivio conectada según ANSI/IIAR-2 (última edición)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Toda la tubería de salida de válvulas de alivio conectada según ANSI/IIAR-2 (última edición)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
El extremo de todas las tuberías de descarga a la atmosfera está ajustado con difusor y/o cubierta contra lluvia aprobada.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todas las válvulas de alivio están colocadas fuera de espacios de refrigeración	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			

Si NO, que precauciones se toman para prevenir migración de humedad dentro de la válvula de alivio				
Todas las válvulas de alivio han sido reemplazadas o inspeccionadas, reparadas, probadas y selladas por un agente certificado ASME en los últimos 5 años de servicio	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvulas de paro instaladas in las entradas y salidas de las válvulas de alivio	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			

¿Hay otras condiciones que pueden afectar negativamente la seguridad de operación del compresor? No
 Si (describa): _____

Número de identificación: _____

SEGURIDAD GENERAL

Propietario de la planta: _____

Dirección: _____

Contacto: _____ Teléfono: _____

Inspector: _____ Fecha: _____

Sistema de requerimientos/recomendaciones general de seguridad de amoniaco

Ubicación: _____

Marca o número de identificación: _____

Carga de amoniaco del sistema (lb): _____

Última cantidad de amoniaco añadida desde la última auditoría (lb): _____

Requerimientos/Recomendaciones	Ajusta	Acciones recomendadas/ Comentarios	Estado de seguridad	Fecha fijada
Medidores y válvulas instaladas en todos los tanques, equipos y controles	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todos los medidores y otros sensores en buenas condiciones de trabajo	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Todos los acumuladores e interenfriadores están equipados con interruptores de alto nivel de líquido que suenan ante una alarma de alto nivel de líquido.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
También apagan los compresores cuando el alto nivel es detectado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvulas de cierre principales están prominentemente identificadas con signos				
1) Principales válvulas de líquido	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Principales válvulas de gas caliente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
3) Principales válvulas de bombeo de líquido	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Principales válvulas de cierre son de fácil acceso	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Depósitos de aceite instalados en todos los punto donde el aceite debe ser drenado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Válvulas de drenado de aceite son de cierre automático	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Señalamientos en el cuarto de máquinas prominentemente muestra lo siguiente:				

1) Nombre, dirección, teléfono de contratista de instalación/servicio	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2) Cantidad aproximada de amoniaco	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
3) Identidad y cantidad del lubricante	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
4) Presión de prueba de campo	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Al menos un letrero en un lugar visible proporciona instrucciones de emergencia y números de teléfono de seguridad de emergencia y personal de operación	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Plan de evacuación por escrito presente en forma destacada en un lugar visible	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Piso de cuarto de máquinas libre de aceite, mugre y agua	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Pasillos de la sala de máquinas claramente marcados	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Pasillos de la sala de máquinas libres de obstrucciones	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Durante una fuga, el personal puede salir rápida y seguramente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Hay más de una salida del cuarto de máquinas	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Hay una salida al exterior desde el cuarto de máquinas	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Salidas libres de tuberías y otras obstrucciones	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Sistema libre de formaciones anormales de hielo	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Sistema libre de fugas de amoniaco a excepción de trazas en el cuarto de máquinas	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Sistema libre de sonidos, vibraciones y/o pulsaciones anormales	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Ducha y lavajos disponible en la sala de máquinas y ducha/lavajos adicional disponible a las afueras de la puerta principal del cuarto de máquinas	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Mascaras de amoniaco, tanques de aire y otro equipo aprobado de emergencia está disponible en lugar visible, de fácil acceso a las afueras del cuarto de máquinas	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Cubiertas aseguradas contra paneles eléctricos y cajas de conexión	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Hay un mantenimiento y registro de reparación, incluida la gestión de aceite	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Una inspección formal a fondo de todo el sistema se ha completado por un	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			

ingeniero competente de refrigeración de amoníaco, oficial de seguridad contra incendios, y/u otra autoridad exterior en los últimos cinco años				
Hay cilindros de amoníaco conectados al sistema	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
¿Hay otras condiciones que pueden afectar negativamente la seguridad de operación del compresor? <input type="checkbox"/> No				
<input type="checkbox"/> Si (describe): _____				

