

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 10-04-2012	Revisión A
Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1(88)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Otoniel Pérez Martínez		
FACULTAD	DE INGENIERÍAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA MECÁNICA		
DIRECTOR	LEONARDO NAVARRO TORRADO		
TÍTULO DE LA TESIS	SUPERVISIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL FRIGORÍFICO FOGASA S.A.S EN AGUACHICA CESAR, BASADO EN EL SISTEMA DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (HACCP)		
RESUMEN			
<p>EL TRABAJO SE REALIZÓ EN EL FRIGORÍFICO FOGASA S.A.S, EL DOCUMENTO TIENEN COMO FIN SER UN APOORTE BIBLIOGRÁFICO QUE ESPECIFIQUE EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN, SUS COMPONENTES MÁS EXPUESTOS AL DAÑO Y CADA UNO DE LOS COMPONENTES QUE LOS COMPONEN, SE BUSCA LA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS QUE AYUDAN A QUE LA EMPRESA CUMPLA CON LAS EXIGENCIAS AMBIENTALES Y REGULACIONES PARA SU CONTINUA CERTIFICACIÓN DEL PLAN HACCP.</p> <p>PARA LA ELABORACIÓN DE ESTE ESTUDIO SE TOMA COMO FUENTE PRINCIPAL LA ASESORÍA Y EL CONOCIMIENTO DE LAS PERSONAS QUE LABORAN EN LA EMPRESA, LUEGO EL ACOMPAÑAMIENTO DEL DIRECTOR Y LOS JURADOS PARA LA CULMINACIÓN DE ESTE.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 88	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 82	CD-ROM: 1



**SUPERVISIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL
FRIGORÍFICO FOGASA S.A.S EN AGUACHICA CESAR, BASADO EN EL
SISTEMA DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL
(HACCP)**

OTONIEL PÉREZ MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA MECÁNICA
OCAÑA
2015**

**SUPERVISIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL
FRIGORÍFICO FOGASA S.A.S EN AGUACHICA CESAR, BASADO EN EL
SISTEMA DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL
(HACCP)**

OTONIEL PÉREZ MARTÍNEZ

**Trabajo de grado modalidad de pasantías presentado como requisito para optar el
título de ingeniero mecánico**

**Director
LEONARDO NAVARRO TORRADO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA MECÁNICA
OCAÑA
2015**

TABLA DE CONTENIDO

pág

INTRODUCCIÓN.....	15
1. TITULO.....	16
1.1 DESCRIPCIÓN BREVE DE LA EMPRESA.....	16
1.1.1 Misión.....	16
1.1.2 Visión.....	16
1.1.3 Objetivos de la empresa.....	17
1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.....	17
1.1.5 Descripción de la dependencia a la que fue asignado.....	17
1.2 DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA.....	18
1.2.1 Planteamiento del problema.....	20
1.3 OBJETIVOS DE LA PASANTÍA.....	20
1.3.1 General.....	20
1.3.2 Específicos.....	20
1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA EMPRESA.....	21
2. ENFOQUES REFERENCIALES.....	23
2.1 ENFOQUE CONCEPTUAL.....	23
2.1.1 Principio de una instalación frigorífica.....	23
2.1.2 Aspectos generales de los sistemas de refrigeración del frigorífico Fogasa S.A.S.....	23
2.1.3 Aspectos que caracterizan el sistema de refrigeración.....	26
2.1.3.1 Expansión del líquido refrigerante.....	26
2.1.3.2 Formación de escarcha en los evaporadores.....	29
2.1.4 Suministro de evaporadores.....	29
2.1.4.1 Expansión directa.....	29
2.1.4.2 Evaporadores inundados.....	30
2.1.4.3 Recirculación de líquido.....	31
2.1.5 Métodos de desescarche de evaporadores.....	32
2.1.6 Sistema de tuberías de las instalaciones frigoríficas.....	32
2.1.6.1 Tuberías de cobre o Tubing.....	33
2.1.6.2 Tuberías de acero.....	36
2.1.7 Accesorios de una instalación frigorífica.....	36
2.2 ENFOQUE LEGAL.....	37
3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO.....	38
3.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	38
3.1.1 Descripción del frigorífico Fogasa S.A.S.....	38

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AMONIACO...	38
3.2.1 Subsistema de compresión.....	39
3.2.1.1 Compresores.....	39
3.2.1.2 Funcionamiento del compresor.....	40
3.2.1.3 Sistema de enfriamiento con recirculación de agua.....	42
3.2.1.4 Sistema de separación de aceite.....	43
3.2.1.5 Sistema de control de los compresores.....	43
3.2.2 Subsistema de evaporación.....	45
3.2.2.1 Evaporadores.....	45
3.2.2.2 Unidad recirculadora.....	46
3.2.3 Subsistema de desescarche.....	48
3.2.4 Subsistema de condensación.....	50
3.2.5 Subsistema de almacenamiento.....	51
3.2.6 Subsistema de control.....	53
3.2.7 Accesorios de la instalación.....	57
3.2.8 Cámaras frigoríficas.....	62
3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR FREÓN.....	64
3.3.1 Subsistema de compresión.....	64
3.3.1.1 Compresores.....	64
3.3.1.2 Sistema de control de los compresores.....	65
3.3.2 Subsistema de evaporación.....	66
3.3.2.1 Evaporadores.....	66
3.3.3 Subsistema de condensación.....	67
3.3.4 Subsistema de almacenamiento.....	67
3.3.5 Subsistema de control.....	68
3.3.6 Accesorios de la instalación.....	70
3.3.7 Cámaras frigoríficas.....	71
3.4 EQUIPOS CRITICOS DEL FRIGORIFICO FOGASA.....	72
3.4.1 Torre de enfriamiento numero1.....	73
3.4.2 Compresor de freon numero 2.....	73
3.5 MÉTODOS PARA DETECCIONES DE FUGAS EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.....	74
3.5.1 Generalidades de la deteccion de fuga en los sistemas de refrigeracion.....	74
3.5.2 Descripción de los métodos de detección de fugas.....	75
3.5.2.1 Detector electrónico.....	75
3.5.2.2 Prueba de agua jabonosa.....	76
3.5.2.3 Flama con gas propano.	76
3.5.2.4 Trazador fluorescente.....	77
3.5.2.5 Método de Barra de azufre.....	77
3.6 PROCESOS DE DETECCIÓN DE FUGAS EN EL FRIGORÍFICO.....	78
3.6.1 Generalidades sobre la emisión de fugas de amoniaco.....	78
3.6.2 Descripción del proceso.....	79
3.6.3 Generalidades sobre la emisión de fugas de freón.....	79
3.7 INSTRUCTIVO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACION.....	80

3.7.1 Instructivo 1.....	80
3.7.2 Instructivo 2.....	81
3.7.3 Instructivo 3.....	81
3.7.4 Instructivo 4.....	81
4. DIAGNÓSTICO FINAL.....	82
5. CONCLUSIONES.....	83
6. RECOMENDACIONES.....	84

LISTA DE FIGURAS

pág

Figura 1. Estructura organizacional de la empresa.....	19
Figura 2. Sistema de compresión mecánica básico.....	24
Figura 3. Gases no condensables en intercambiador.....	27
Figura 4. Diferencia entre Ciclo ideal y real.....	28
Figura 5. Purga de gases no condensables (GNC).....	29
Figura 6. Esquema de evaporador de expansión directa.....	30
Figura 7. Esquema de evaporadores inundados.....	31
Figura 8. Esquema de evaporador de recirculación de líquido.....	31
Figura 9. Compresor alternativo SABROE SMC 10/100 y 6/100 (vista perfil).....	39
Figura 10. Compresor alternativo SABROE SMC 10/100 y 6/100 (vista frontal). 40	40
Figura 11. Compresor alternativo (vista seccionada).....	41
Figura 12. Sistema de enfriamiento de Compresor SABROE.....	42
Figura 13. Sistema de separación de aceite del Compresor SABROE.....	43
Figura 14. Sistema control de los compresores.....	44
Figura 15. Parámetros de control SMC 10 – 100.....	44
Figura 16. Evaporadores.....	46
Figura 17. Tanque separador y purga de aceite del colector.....	47
Figura 18. Bombas RUTSCHI.....	47
Figura 19. Bombas RUTSCHI (vista frontal).	47
Figura 20. Esquema de descongelamiento por gas caliente.....	50
Figura 21. Torres de enfriamiento 1 y 2.....	50
Figura 22. Esquema de funcionamiento de Torre de enfriamiento.....	51
Figura 23. Tanque receptor de amoníaco.....	52
Figura 24. Tablero principal de mando análogo.....	53
Figura 25. Mando inicio/parada del sistema.....	53
Figura 26. Mando inicio/parada de bombas de amoníaco.....	54
Figura 27. Mando inicio/parada de torre de enfriamiento.....	54
Figura 28. Mando inicio/parada, desescarhe cámara 6.....	55
Figura 29. Mando inicio/parada, desescarhe pasillo y despacho.....	55
Figura 30. Tablero secundario de mando.....	55
Figura 31. Pantalla táctil.....	56
Figura 32. Botón de paro de emergencia.....	56
Figura 34. Encendido y apagado cámaras 2 y 3.....	57
Figura 35. Válvula de cierre, alta presión delta DANFOSS.....	58
Figura 36. Válvula de cierre.....	58
Figura37. Válvula de regulación manual.....	59
Figura 38. Válvula principal pilotada.....	59
Figura 39. Válvula solenoide DANFOSS.....	60
Figura 40. Filtro DANFOSS.....	60

Figura 41. Válvula de retención.....	61
Figura 42. Válvula de seguridad.....	61
Figura 43. Transmisor de nivel.	62
Figura 44. Compresor alternativo SABROE SMC 6/100 y 4/100(vista perfil).....	65
Figura 45. Compresor alternativo SABROE SMC 6/100 y 4/100(vista frontal).....	65
Figura 46. Mando de encendido / apagado).....	65
Figura 47. Evaporadores.....	66
Figura 48. Válvula termostática.....	66
Figura 49. Condensadores de tiro forzado.....	67
Figura 50. Tanques de almacenamiento de freón.....	67
Figura 51. Tablero de control sistema freón.....	68
Figura 52. Inicio /parada del sistema.....	68
Figura 53. Encendido/apagado de cámara 1.....	69
Figura 54. Encendido/apagado de cámara 4 y 5.....	69
Figura 55. Control programable.....	69
Figura 56. Esquema de instalación del controlador.....	70
Figura 57. Filtro de freón.....	70
Figura 58. Filtro de freón y núcleo.....	71
Figura 59. Eliminador de vibraciones.....	71
Figura 60. Torre de enfriamiento uno.....	73
Figura 61. Descarga de freón.....	74
Figura 62. Detector electrónico.....	76
Figura 63. Detección con jabón.....	76
Figura 64. Detección con gas.....	77
Figura 65. Detección de luz UV.....	77
Figura 66. Barras de azufre.....	78

LISTA DE CUADROS

pág

Cuadro 1. Matriz DOFA.....	20
Cuadro 2. Actividades a desarrollar en el frigorífico Fogasa S.A.S.....	22
Cuadro 3. Especificaciones par tubería de cobre tipo K y L.....	35
Cuadro 4. Propiedades de las tuberías tipo extruido suave y duro.....	35
Cuadro 5. Clasificación de los evaporadores.....	45

LISTA DE TABLAS

pág

Tabla 1. Especificaciones del compresor.....	40
Tabla 2. Presiones de interrupción para compresores SABROE SMC 10.....	42
Tabla 3. Especificaciones de las bombas de amoniaco.....	48
Tabla 4. Especificaciones del tanque receptor.....	52
Tabla 5. Especificaciones de la cámara 2.....	62
Tabla 6. Especificaciones de la cámara 3.....	63
Tabla 7. Especificaciones de la cámara 6.....	63
Tabla 8. Especificaciones de la cámara 7.....	63
Tabla 9. Especificaciones de la cámara 1.....	71
Tabla 10. Especificaciones de la cámara 4.....	72
Tabla 11. Especificaciones de la cámara 5.....	72

LISTA DE ANEXOS

pág

Anexo A. Determinacion de fugas..... 87

RESUMEN

El trabajo se realizó en el frigorífico Fogasa S.A.S, el documento tienen como fin ser un aporte bibliográfico que especifique el funcionamiento de los sistemas de refrigeración, sus componentes más expuestos al daño y cada uno de los componentes que los componen, se busca la implementación de metodologías que ayudan a que la empresa cumpla con las exigencias ambientales y regulaciones para su continua certificación del plan HACCP.

Para la elaboración de este estudio se toma como fuente principal la asesoría y el conocimiento de las personas que laboran en la empresa, luego el acompañamiento del director y los jurados para la culminación de este.

INTRODUCCIÓN

El Frigorífico es una empresa de beneficio animal, que cuenta con una serie de equipos de refrigeración que son utilizados para la conservación de estos productos por tal motivo es indispensable que el funcionamiento de estos equipos se entienda de manera clara para las personas que se contratan por primera vez para el departamento de mantenimiento.

Los objetivos que se realizan dentro de este trabajo tienen como fin cumplir una necesidad requerida dentro de la empresa para acelerar los procesos de inducción al nuevo personal, por esta razón se enfatiza este documento en dejar un registro que pueda complementar y ayudar a comprender conceptos básicos de los sistemas de refrigeración, garantizando con esto un mejoramiento continuo en todos los aspectos de la empresa.

Se describe de manera detallada los sistemas de refrigeración de la empresa, los métodos para la detección de fugas, los componentes críticos y metodologías claves para el buen manejo de estos equipos de cuidados exigentes ya que un daño en estos puede causar un traumatismo en la producción diaria de la empresa y en su economía.

1. SUPERVISIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL FRIGORÍFICO FOGASA S.A.S EN AGUACHICA CESAR, BASADO EN EL SISTEMA DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (HACCP).

1.1 DESCRIPCIÓN BREVE DE LA EMPRESA

FRIGORÍFICO FOGASA S.A.S es una de las empresas que integran el FONDO GANADERO DE SANTANDER. Surge de una decisión estratégica de un grupo de inversionistas que en asocio con el FONDO GANADERO DE SANTANDER, deciden invertir en la reestructuración de una planta de beneficio de ganado bovino y bufalino, ante la evidente necesidad que tenía la región de poder aprovechar las bondades ganaderas del sur del Cesar y demás entorno. Fue así como en el año 2004, se direccionaron todos los esfuerzos gerenciales y administrativos hacia el objetivo de tener un frigorífico ajustado en todo al marco legal sanitario Colombiano, con compromiso frente a los temas de responsabilidad social, salud pública, conservación del medio ambiente y comprometido con los intereses de los productores ganaderos como primeros integrantes de la cadena cárnica.

En la actualidad esta planta de beneficio de ganado bovino y bufalino se encuentra calificada por el INVIMA como CLASE 1, es decir, aptos para el sacrificio con destino al consumo nacional y de exportación. Igualmente certificados en el sistema de calidad HACCP lo que evidencia y reconoce altos estándares de calidad en su proceso de producción y en consecuencia en sus productos finales. Son una organización en permanente mejoramiento continuo, capaz de realizar alianzas comerciales estratégicas dirigidas a incursionar en mercados nacionales e internacionales tanto en prestación del servicio de faenado bovino, como en la comercialización de carnes en canal o despostada empacada al vacío.

1.1.1 Misión. Realizar dentro de las más exigentes condiciones de inocuidad sanitaria, el beneficio de Bovinos y Bufalinos y el procesamiento de esas carnes con destino al consumo humano, siguiendo técnicas y procedimientos de mejoramiento continuo, en estricta sujeción a las normas legales y en procura de contribuir a una mejor salud pública.

1.1.2 Visión. Contribuir al desarrollo sostenible social y económico de Colombia, trabajando sin ahorrar esfuerzos y dentro del marco legal sanitario, para que el FRIGORÍFICO FOGASA S.A.S, en el año 2016, sea reconocido nacional e internacionalmente por la inocuidad de sus productos y servicios, proyectando siempre una imagen de confianza y seguridad que trasmite tranquilidad a nuestros clientes y consumidores finales.

1.1.3 Objetivos de la empresa. El FRIGORÍFICO FOGASA S.A.S, actúa dentro de todas las normas legales colombianas, ajusta sus comportamientos de toda índole a los conceptos de ética y moral y cuida que el crecimiento en la calidad de la organización empresarial, sea paralelo al crecimiento personal y bienestar de sus funcionarios.

- El objetivo primordial es el cliente, para quien se tiene una disposición de servicio permanente.
- El trabajo en equipo permite ofrecer productos y servicios de óptima calidad.
- El profesionalismo hace que las quejas y sugerencias de los clientes sean atendidas, analizadas y respondidas con prontitud.
- La consideración y respeto por los clientes se percibe en el trato personalizado, caluroso y amable desde el primer contacto con la Organización.
- La Honradez Empresarial y Comercial de la Organización FRIGORÍFICO FOGASA S.A.S genera un ambiente de confianza y seguridad en los clientes.
- El compromiso general de esta Organización y el individual de los funcionarios, se unen para lograr la valiosa Misión de hacer empresa en Colombia.

1.1.4 Descripción de la estructura organizacional. La descripción organizacional de la empresa se puede apreciar en la Figura 1.

1.1.5 Descripción de la dependencia al que fue asignado. El departamento de mantenimiento se dedica a realizar actividades de diseño e implementación y adecuaciones de equipos e instalaciones requeridas para el cumplimiento del plan HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points o Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control), además de realizar las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos.

También está dedicado a solucionar cualquier tipo de eventualidad que puedan presentar los equipos durante el proceso de producción.

Apoyar el diseño, implementación y el desarrollo de los programas de mantenimiento preventivo, calibración de equipos y abastecimiento de agua potable.

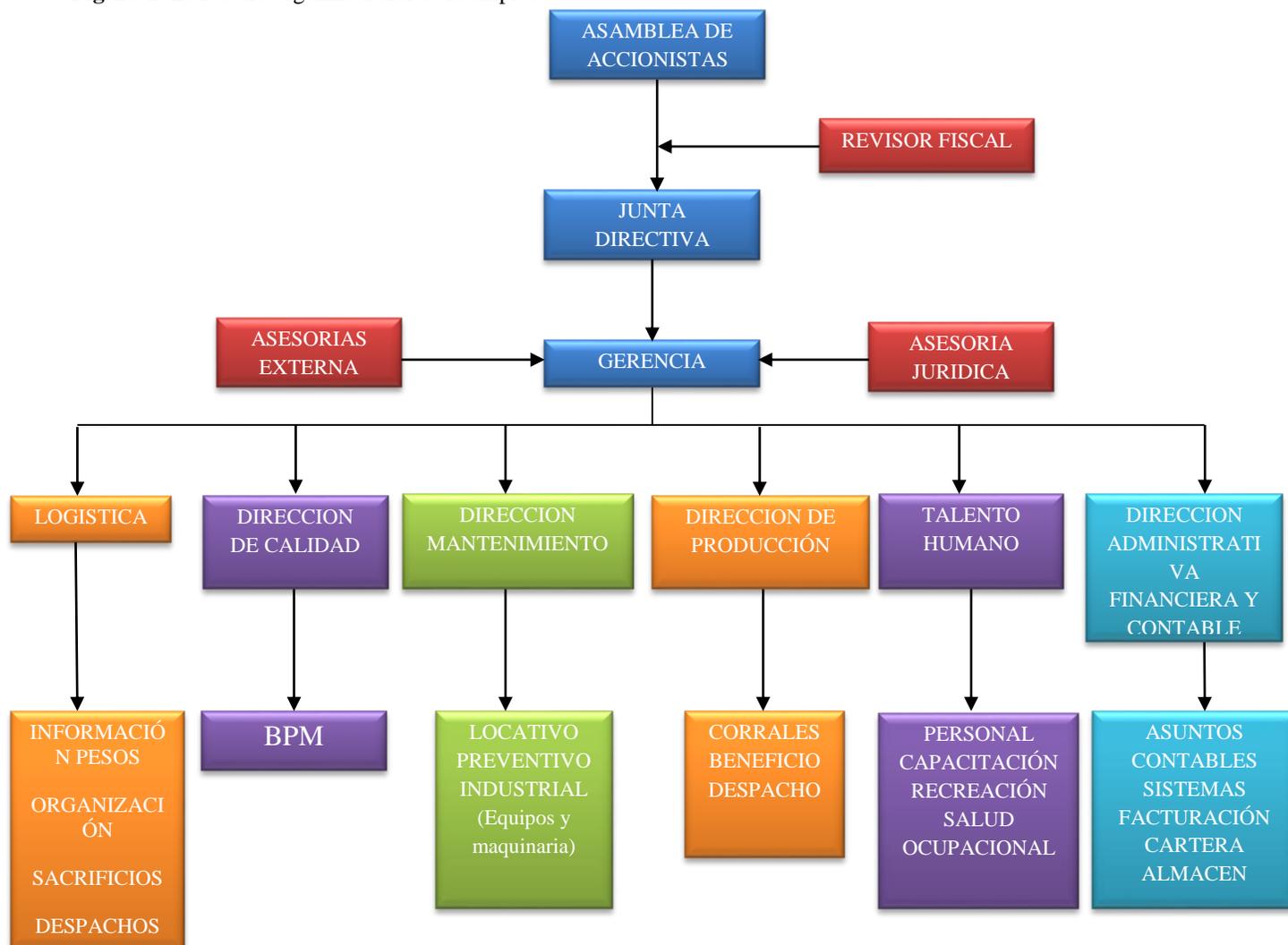
Mantenimiento correctivo y preventivo de instalaciones y equipos.

Verificación de equipos de medición.

Mantenimiento de operaciones de planta de tratamiento de agua potable (incluye tanques).¹

¹ Disponible en internet en <<http://www.frigorificofogasa.com/html/index.php>>

Figura 1. Estructura organizacional de la empresa



Fuente: Documentos plan HACCP frigorífico Fogasa S.A.S

1.2 DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA

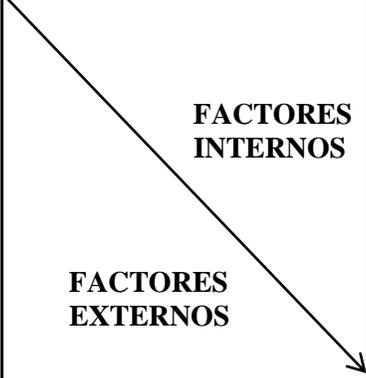
Con el objetivo de conocer el desempeño de los sistemas de mayor criticidad y para el cumplimiento del plan HACCP por el cual se rige el Frigorífico Fondo Ganadero de Santander S.A.S – FOGASA S.A.S, se hace necesario realizar un análisis que identifique los puntos positivos y negativos del entorno interno y externo de la misma. El análisis a utilizar es el de la matriz DOFA (debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas).

La dirección de mantenimiento es un área encargada de realizar el mantenimiento preventivo de los elementos mecánicos y sistemas de refrigeración con los que cuenta la empresa. Debido al tiempo y al uso permanente de los sistemas, éstos se encuentran en un

estado en el cual resulta adecuado realizar un diagnóstico de fugas, además de realizar una lista de fallas de los mismos y de los equipos que presentan mayor criticidad en la producción.

Actualmente la empresa realiza monitoreo de los sistemas de manera aleatoria y no cuenta tampoco con una programación específica de estos monitoreos, lo que resulta a veces un gran riesgo para la salud del personal, la seguridad industrial y del cumplimiento del plan HACCP.

Cuadro 1. Matriz DOFA

 <p>FACTORES INTERNOS</p> <p>FACTORES EXTERNOS</p>	<p>FORTALEZAS (F)</p> <p>Clima laboral agradable.</p> <p>Acompañamiento del personal capacitado en todo momento.</p> <p>Cuenta con los cronogramas, documentos, planes y estrategias para llevar a cabo el mantenimiento preventivo.</p>	<p>DEBILIDADES (D)</p> <p>Los dos sistemas más importantes del frigorífico poseen tecnologías antiguas.</p>
	<p>OPORTUNIDADES (O)</p> <p>Crecimiento y mejoramiento en general de la empresa.</p> <p>Oportunidad de emprender proyectos que impliquen nuevas tecnologías y energías renovables.</p> <p>Crear un caza falla.</p>	<p>ESTRATEGIAS(FO) (MAXI-MAXI)</p> <p>Realizar investigaciones de nuevas tecnologías y energías renovables para reducir los costes en los servicios de energía.</p> <p>Capacitación y actualización constante del personal técnico y administrativo.</p>
<p>AMENAZAS (A)</p> <p>Deterioro de la mayoría de los componentes de los que dispone la empresa para la producción diaria.</p>	<p>ESTRATEGIAS (FA) (MAXI-MINI)</p> <p>Concientizar al personal a ejecutar de forma eficiente los procesos para disminuir los costos.</p>	<p>ESTRATEGIAS (DA) (MINI-MINI)</p> <p>Restaurar las partes con mayor deterioro.</p>

Fuente: Pasante

1.2.1 Planteamiento del problema. La empresa Frigorífico del Fondo Ganadero de Santander Fogasa S.A.S cuenta actualmente con un complejo de equipos estructurados para cumplir con el sistema productivo de la misma. No obstante, debido al uso constante al tiempo de vida de los equipos, resulta inevitable realizar el mantenimiento correctivo en plena producción, causando retrasos en la misma.

Cuando estas ocasiones especiales suceden, el personal técnico intercede, lo que conlleva a la pérdida de tiempo valioso. Por esta razón se hace necesario crear una lista de los fallos más comunes de estos equipos, para que pueda ser utilizada como instructivo tanto para el nuevo personal como para los que se encuentran en el momento en la planta.

Otra causa que requiere una investigación no menos importante son las fugas en los sistemas de refrigeración de la instalación. Estas emisiones de gases tóxicos como amoníaco (NH_3) y Freón-22 (Clorodifluorometano CHClF_2) requieren muchos cuidados ya que pueden causar problemas graves a la salud de las personas dentro de la planta; además de esto también provocan afectaciones graves al medio ambiente, como en el caso del Freón-22.

Finalmente, los problemas descritos dan origen a una reducción en la eficiencia de los sistemas, a la vez que causan pérdidas económicas a la empresa.

1.3 OBJETIVOS DE LA PASANTIA

1.3.1 General. Supervisar las actividades de mantenimiento del frigorífico Fogasa S.A.S en Aguachica - Cesar, basado en el sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP).

1.3.2 Específicos.

- Describir los sistemas de refrigeración, los equipos de mayor criticidad y los métodos empleados para la detección de fugas de los sistemas de refrigeración.
- Determinar fugas presentes en los sistemas de refrigeración de acuerdo a los métodos de agua jabonosa y barras de azufre.
- Establecer instructivos para los equipos de refrigeración del frigorífico.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA EMPRESA

Cuadro 2. Actividades a desarrollar en el frigorífico Fogasa S.A.S

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	Actividades a desarrollar en la empresa para hacer posible el cumplimiento de los objetivos específicos
<p>Supervisar las actividades de mantenimiento del frigorífico Fogasa S.A.S en Aguachica - Cesar, basado en el sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP)</p>	<p>Describir los sistemas de refrigeración, los equipos de mayor criticidad y los métodos empleados para la detección de fugas de los sistemas de refrigeración.</p>	<p>Conocimiento del funcionamiento en general de los sistemas de refrigeración que componen el frigorífico.</p> <p>Acompañamiento al personal técnico de la empresa en las actividades de mantenimiento preventivo diarias a los sistemas de refrigeración.</p> <p>Estudio de los métodos de detección de fugas de los sistemas de refrigeración.</p> <p>Descripción de los dos sistemas de refrigeración, funcionamiento, puesta en marcha, control de temperaturas y subsistemas que componen estos sistemas.</p>
	<p>Determinar fugas presentes en los sistemas de refrigeración de acuerdo a los métodos de agua jabonosa y barras de azufre.</p>	<p>Realizar la detección de fugas en el sistema de amoniaco por el método de barras de azufre.</p> <p>Realizar la detección de fugas en el sistema de Freón-22 por medio de agua jabonosa.</p>
	<p>Establecer instructivos en los equipos de refrigeración del frigorífico.</p>	<p>Describir métodos de procedimiento preventivos en los equipos de refrigeración.</p>

Fuente: Pasante

2. ENFOQUES REFERENCIALES

2.1 ENFOQUE CONCEPTUAL.

A continuación se describen las características de la planta frigorífica para una clara apreciación del trabajo realizado en esta misma.

2.1.1 Principio de una instalación frigorífica. Una instalación frigorífica consta de cuatro partes esenciales:

- **Evaporador.** Consiste en un serpentín formado por tubos dispuestos en forma especial y en cuyo interior el fluido refrigerante hierve y se convierte en gas. Estos serpentines, generalmente se construyen con tubos de acero o de cobre depende del sistema de diferentes longitudes y soldados formando espiras e instalados en las cámaras a refrigerar.
- **El compresor.** Puede considerarse como una bomba que extrae los gases formados en la ebullición dentro del evaporador y los comprime, con lo cual aumenta la temperatura de los mismos pasándolos luego al condensador.
- **Condensador.** Que consiste en una serie de tubos en los cuales los gases son refrigerados mediante agua fresca y por medio de procesos internos de transferencia de calor los gases son licuados nuevamente.
- **Válvula de regulación.** Permite a través de una pequeña abertura el paso del fluido refrigerante desde el condensador al evaporador, regulando su paso.²

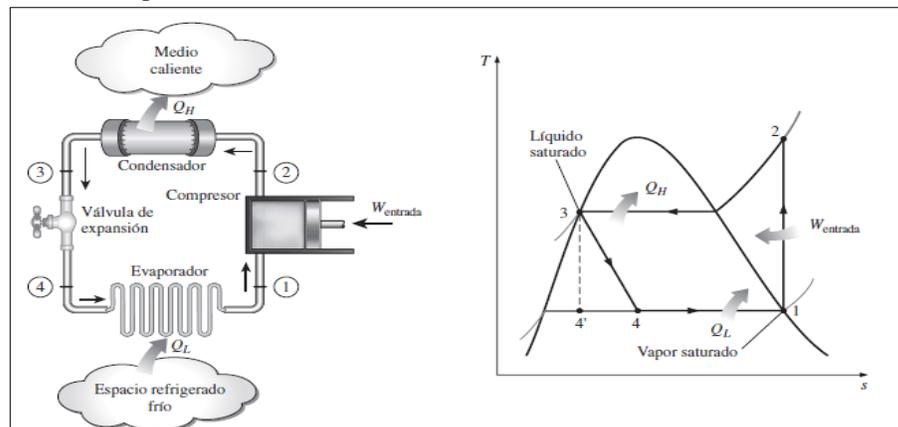
2.1.2 Aspectos generales de los sistemas de refrigeración del frigorífico Fogasa S.A.S. El frigorífico Fogasa S.A.S cuenta con dos sistemas de refrigeración independientes y que utilizan cada uno un refrigerante diferente, un sistema de amoniaco de recirculación de líquido por compresión mecánica y uno de freón 22 con las mismas características. Ahora bien, la refrigeración por compresión mecánica se puede definir como un sistema que 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 suceden el fluido refrigerante se encuentra en procesos de cambio de estado sucesivamente.

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

² Thomas THS. Instrucciones para la puesta en marcha y manejo de los compresores “Sabroe”. Libro de referencia. SABROE & CIA S.A

contenido en el ambiente se le denomina carga térmica. 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 sub-enfriamiento 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.³

Figura 2. Sistema de compresión mecánica básico



Fuente: Termodinámica 7ed. Yunus A. Cengel – Michael A Boles

La función específica de estos sistemas es la de enfriar y mantener las condiciones óptimas del producto. Se puede definir la refrigeración como el proceso que consiste en bajar o evitar que suba el nivel de calor de un cuerpo o un espacio.

Existe una clasificación para los sistemas de refrigeración:

- **Refrigeración doméstica.** La refrigeración doméstica representa una parte muy significativa de la industria de la construcción de equipos de refrigeración. Las unidades domésticas son de tamaño pequeño, teniéndose capacidades de potencia que fluctúan entre 1/5 de CV y 2CV.

Los compresores son del tipo hermético de pistones y/ o rotativos; las condensaciones por gravedad en las traseras de los equipos y los evaporadores, por gravedad con circuitos

³ Sistemas de refrigeración por compresión. Disponible en internet en <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>. Citado el 10 de Septiembre de 2015

impresos y/o ventilados en los últimos modelos no frost. Los tipos de expansión por expansión directa de refrigerante por tubo capilar.

- **Refrigeración comercial. (food retail).** La refrigeración comercial se refiere al diseño, instalación y mantenimiento de unidades de refrigeración del tipo que se tienen en establecimientos comerciales para su venta al público en general, con lo que también se dedican a almacenamiento, muestra y/o manipulación de productos perecederos, con toda la complejidad que ello conlleva. Las temperaturas pueden estar comprendidas de +7/+10°C, para frutas, vegetales, hasta -18/20°C congelado con helados u otros productos. Los fluidos refrigerantes más comunes para este tipo de refrigeración la comprenden la gama de los freones.

- **Refrigeración industrial.** La refrigeración industrial son aplicaciones de refrigeración de alta, media, baja y muy baja temperatura, en compresión mecánica hasta -60°C, que como regla general son más grandes en tamaño que las aplicaciones comerciales y la característica que las distingue es que requieren tener unos equipos de mayor potencia y con mayores seguridades que las unidades empleadas para los servicios de refrigeración comercial.

Algunas aplicaciones industriales típicas son plantas de hielo, grandes plantas almacenadoras de alimentos (carne, pescado, pollos, alimentos congelados, etc), cervecerías, lecherías y plantas industriales, tales como refinerías de petróleo, etc. El fluido a utilizar es en una gran medida amoniaco y los sistemas de refrigeración varios, simples y dobles etapas de compresión en los sistemas de muy baja temperatura, expansión directa de refrigerante, sistema inundado de refrigerante con bomba o gravedad y sistema indirecto cerrado con glicol como fluido secundario y amoniaco en primario. El dióxido de carbono en fluido secundario también se está empezando a utilizar con primarios de amoniaco. Los compresores utilizados son esencialmente de tornillo, siempre con acoplamientos mecánicos de unión y en algún caso alternativo, los sistemas de condensación en las plantas de gran capacidad son a base de sistemas evaporativos y en algún caso por aire en baterías de acero inoxidable/aluminio en aletas.

- **Acondicionamiento de aire.** Como lo implica su nombre, el acondicionamiento de aire concierne con la condición del aire en alguna área o espacio designado. Por lo general, esto involucra no únicamente el control de la temperatura del espacio, sino también de la humedad del mismo y el movimiento del aire incluyéndose el filtrado y la limpieza de éste.

Las aplicaciones de acondicionamiento de aire son de dos tipos de acuerdo a sus propósitos, para producir confort o para uso industrial. Cualquier acondicionamiento de aire el cual tiene como función primordial la aplicación de aire para confort humano, se le llama acondicionamiento de aire para confort. Se tienen instalaciones típicas de aire acondicionado para confort en casas, escuelas, oficinas, iglesias, hoteles, establecimientos comerciales, edificios públicos, fábricas, automóviles, autobuses, trenes, barcos, etc.

- **Acondicionamiento industrial.** Las aplicaciones de acondicionamiento de aire industrial no tienen límite de número y variedad, en general, las funciones de los sistemas de acondicionamiento de aire industrial son enfriamientos térmicos y procesos de humidificación / des humidificación, de diversos tipos de materiales, con variedad de formas, pesos, temperaturas y condiciones, donde los diseños son ex profeso para ésa única aplicación y control dedicado.

Entre ellos se pueden citar secaderos de productos como jamones, embutidos, pieles, pescado, enfriamiento de plásticos de inyección, enfriamiento de agua de procesos térmicos, etc.⁴

2.1.3 Aspectos que caracterizan el sistema de refrigeración. Cuando se habla de refrigeración industrial se deben tener en cuenta dos aspectos importantes que caracterizan una instalación frigorífica.

- Expansión del líquido refrigerante.
- Formación de escarcha en el evaporador.

A continuación se describen estos aspectos y los procesos que estos implican.

2.1.3.1 Expansión del líquido refrigerante. El proceso de expansión es muy importante en un sistema de refrigeración ya que es en este punto es donde las propiedades del líquido o gas refrigerante cambian sus propiedades termodinámicas al someterse a cambios grandes de temperaturas y presiones.

Para mantener un efecto refrigerante altamente eficiente es necesario expandir el refrigerante en más de dos etapas en el caso estudiado se hace en la entrada al evaporador y en la entrada del tanque receptor.

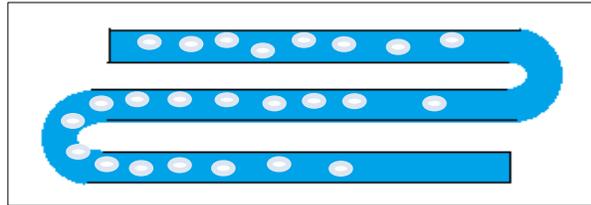
En un ciclo ideal no se tiene en cuenta varios aspectos al llevarse a cabo estos procesos de expansión pero en un ciclo real estos aspectos si son de gran importancia ya que estos suelen causar un bajo rendimiento en el ciclo termodinámico del proceso. Uno de los procesos más ocurrentes en la expansión de líquido refrigerante es la formación de gases no condensables.

- **Formación de gases no condensables (GNC).** Los gases no condensables son un “derivado” del proceso de expansión del refrigerante, esta parte que es incapaz de volver a su estado líquido se le conoce como gases no condensables (GNC) y afectan en gran medida la eficiencia del sistema de refrigeración ocasionando que la transferencia de calor

⁴ Grupo Cofrico. Fecha de publicación 5 de marzo de 2010. Disponible en internet en <<http://www.cofrico.com/newswp/blog/clasificacion-de-los-sistemas-de-refrigeracion/>>. Citado el 10 de septiembre de 2015.

tanto en el condensador como en el evaporador se dificulte debido al espacio que ocupa en la tubería de estos.

Figura 3. Gases no condensables en intercambiador



Fuente. Pasante

En un ciclo ideal unidireccional en estado estacionario, la transferencia de calor actúa entre el área del condensador (A) que ha sido seleccionada para rechazar la cantidad adecuada de calor (Q) y el coeficiente de transferencia de calor del refrigerante (U) en este caso por convección y conducción, y la diferencia de temperatura entre la temperatura del aire del medioambiente y el refrigerante (dt).

$$Q = U \cdot A \cdot dt$$

En el caso de un ciclo real, una parte del refrigerante se convierte en gas no condensable y este se mantendrá en forma de vapor. No fluirá a la salida como refrigerante líquido, en vez de eso permanecerá atrapado dentro de la tubería del condensador. Ocasionando con ello:

El área de la superficie ocupada por el GNC no estará disponible para que el refrigerante la use para completar la transferencia de calor (el área “ A ” del condensador se reduce).

- El aire reducirá el coeficiente de transferencia de calor total del vapor en el interior del tubo (U se reduce).

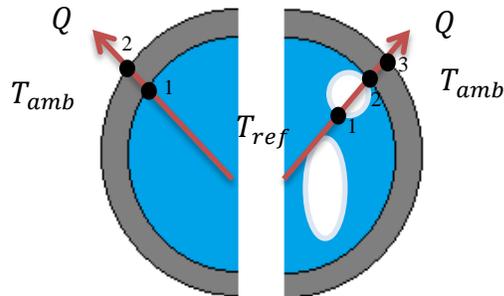
Regresando a la ecuación de transferencia de calor se demuestra que si A y U se reducen, entonces dt sube. En otras palabras:

- La temperatura del refrigerante tendrá que ser mayor en comparación con la del aire, lo cual significa que tendremos mayores presiones de descarga.
- Con el sistema operando a una presión mayor, el trabajo adicional realizado por el compresor provocará que la eficiencia energética del sistema disminuya.

- Las temperaturas de la descarga, por consiguiente, también subirán, lo que conducirá a la descomposición del lubricante.⁵

En la figura 4 se puede demostrar la diferencia entre un ciclo ideal y un ciclo real en el condensador.

Figura 4. Diferencia entre Ciclo ideal y real



Fuente. Pasante

- **Purgas de gases no condensables en sistemas de refrigeración con compresores alternativos.** De vez en cuando se acumulan gases nocivos y esto se nota por un aumento anormal de la presión en el manómetro de impulsión del compresor. La presencia de gases no condensables, reduce la eficiencia de la maquinaria e incrementa innecesariamente la presión en los cojinetes. Por esta razón, deben purgarse periódicamente estos gases de la instalación.

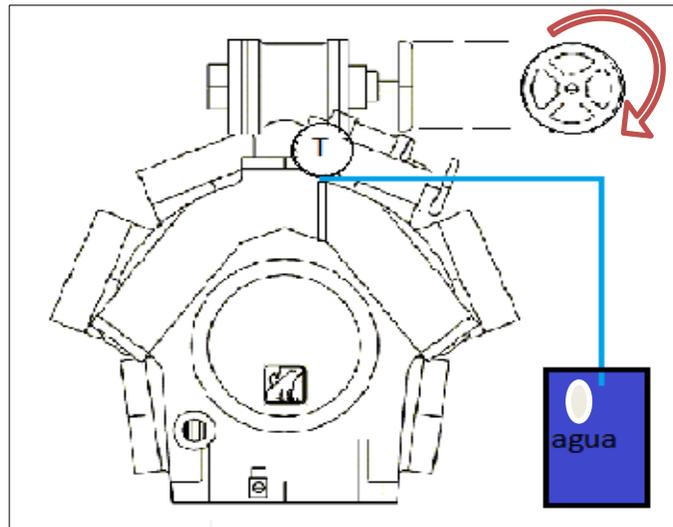
Los gases se acumulan en el lado de impulsión y pueden ser purgados del condensador, del tanque receptor. Otro método consiste en desenroscar el asiento del termómetro de la tubería de impulsión mientras el compresor está parado y la válvula de impulsión cerrada. Cuando el asiento del termómetro está aflojado o fuera, se abre solo un poco la válvula de impulsión y el gas y el aire que pueda contener la instalación son expulsados.

El aire purgado puede hacerse circular a través de un recipiente con agua mediante una manguera, cuyo extremo libre se hace llegar al fondo del recipiente. Así no se podrá percibir olor de amoníaco además de poder detectar los gases que tomaran forma de burbujas, cuando estas burbujas dejen de aparecer se apreciará que no se pueden extraer más de estos gases.⁶

⁵ Gildardo Yañez. Disponible en internet en <<http://www.gildardoyanez.com/tips/gases-no-condensables/>>. <www.gildardoyanez.com>. Citado el 15 de septiembre de 2015.

⁶ Thomas THS. Instrucciones para la puesta en marcha y manejo de los compresores “Sabroe”. Libro de referencia. SABROE & CIA S.A

Figura 5. Purga de gases no condensables (GNC)



Fuente. Pasante

2.1.3.2 Formación de escarcha en los evaporadores. Este proceso se da debido a que el evaporador al extraer calor del espacio a refrigerar, se encuentra a temperaturas inferiores de los ceros grados, al hacer pasar el aire por este que se encuentra a una temperatura y humedad relativa mayor que la del refrigerante, este se condensa y luego se congela.

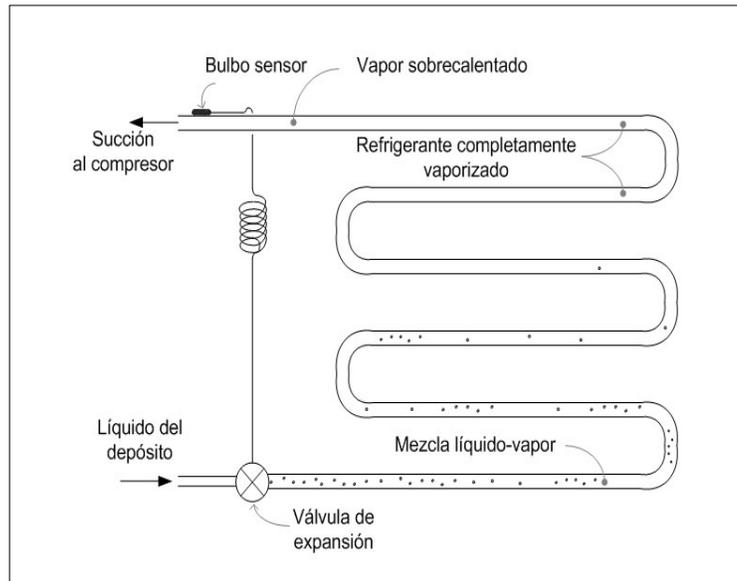
Al comenzar la formación de hielo se produce escarcha en la superficie del serpentín y aletas del evaporador, este fenómeno afecta el óptimo intercambio de calor entre el espacio a refrigerar y el refrigerante causando así la disminución del desempeño de la instalación, existen métodos para eliminar esta escarcha, mas sin embargo ellos son aplicables debido al método como el refrigerante es suministrado a los evaporadores.

- Expansión directa
- Evaporadores inundados
- Recirculación de liquido

2.1.4 Suministro de evaporadores. Debido a que un evaporador es cualquier superficie de transferencia de calor en la cual se vaporiza un líquido volátil para eliminar calor de un espacio o producto refrigerado, se utilizan sistemas de suministrar el refrigerante a estos, a continuación se describen estos métodos.

2.1.4.1 Expansión directa. En este método el refrigerante líquido saturado se evapora en su recorrido por el serpentín. De esta manera, el fluido que abandona el evaporador es puramente vapor sobrecalentado.

Figura 6. Esquema de evaporador de expansión directa



Fuente. Es.wikipedia.org

El bulbo ubicado en la parte superior es un sensor que controla la salida del fluido refrigerante que sale en forma de vapor sobrecalentado, generalmente calibrado y controlado automáticamente.

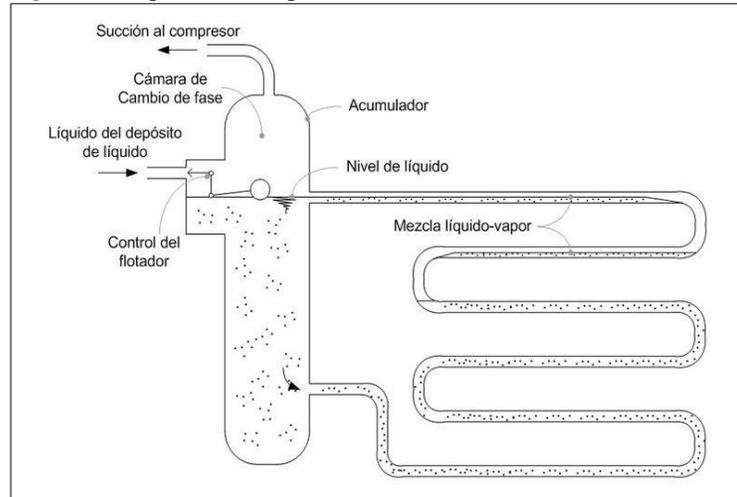
2.1.4.2 Evaporadores inundados. Los evaporadores inundados trabajan con refrigerante con lo cual se llenan por completo a fin de tener humedecida toda la superficie interior del intercambiador y, en consecuencia, la mayor razón posible de transferencia de calor. El evaporador inundado está equipado con un acumulador o colector de vapor el que sirve, a la vez, como receptor de líquido, desde el cual el refrigerante líquido es circulado por gravedad a través de los circuitos del evaporador.

Preferentemente son utilizados en aplicaciones industriales, con un número considerable de evaporadores, operando a baja temperatura y utilizando amoníaco (R717) como refrigerante.⁷

La figura 7 muestra un esquema de evaporadores inundados.

⁷ Disponible en internet en < <https://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>>.

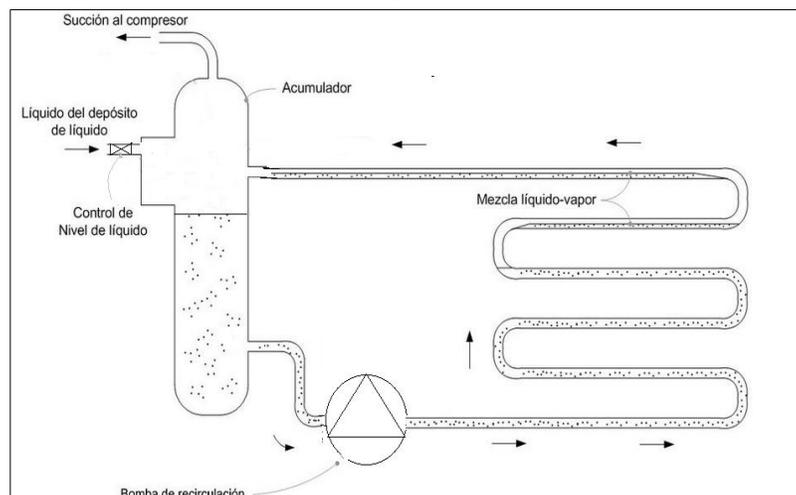
Figura 7. Esquema de evaporadores inundados



Fuente. Es.wikipedia.org

2.1.4.3 Recirculación de líquido. La configuración de este sistema hace que el refrigerante circule de forma forzada por medio de bombas mecánicas y/o por diferencia de presión. Una gran cantidad de líquido entra a este y una gran cantidad de mezcla de líquido y vapor sale de este, esta mezcla es enviada a un tanque recirculador donde es separado líquido y vapor, el tanque recirculador cuenta con válvulas de control de nivel para permitir la entrada de refrigerante al mismo.

Figura 8. Esquema de evaporador de recirculación de líquido



Fuente. Es.wikipedia.org

2.1.5 Métodos de desescarche de evaporadores. Es muy importante para la buena economía de la instalación frigorífica que los serpentines de aire se desescarchen de vez en cuando. Al cabo de un tiempo de trabajo se ha ido depositando sobre los serpentines la humedad del aire en forma de una capa de escarcha o hielo. Esta capa hace los efectos de aislamiento reduciendo el rendimiento frigorífico de los evaporadores obligando al compresor a trabajar en periodos innecesariamente largos, por este motivo deberá fundirse de vez en cuando esta capa de escarcha.

Existen procedimientos para llevar a cabo los desescarche de los evaporadores.

Desescarche cuando la temperatura del aire es superior al punto de congelación.

- Desescarche manual
- Desescarche por paro de la máquina y calentamiento natural de los evaporadores
- Desescarche por paro de la máquina y circulación de aire forzado
- Desescarche por pulverización de agua.

Desescarche cuando la temperatura del aire inferiores al punto de congelación.

- Desescarche por medio de resistencias eléctricas
- Desescarche por gas caliente
- Desescarche por inversión del ciclo⁸

2.1.6 Sistema de tuberías de las instalaciones frigoríficas. Los sistemas de tuberías forman una parte importante y primordial de las instalaciones frigoríficas, además de ser los elementos que hacen posible la unión del evaporador, compresor, condensador y válvulas, el material y diámetro de estas depende de la aplicación que se quiera utilizar.

La mayor parte del tubo que se usa en acondicionamiento de aire está hecho de cobre. Sin embargo, hoy en día el aluminio se usa mucho para fabricar los circuitos internos de los serpentines del evaporador y condensador, aunque no se ha extendido su uso en fabricación en el campo porque no se puede trabajar con tanta facilidad como el cobre, y es más difícil de soldar.

La tubería de acero se usa para armar sistemas de refrigeración muy grandes en los que se necesitan tubos de 3, 4,6 pulgadas de diámetro o mayores. En la refrigeración moderna no se usan conexiones roscadas de tubo de acero, porque no se puede hacer hermética. Estos sistemas son soldados, y cuando se necesita conectar al equipo o se necesitan uniones de servicio se usan conexiones atornilladas.

⁸ Thomas THS. Instrucciones para la puesta en marcha y manejo de los compresores “Sabroe”. Libro de referencia. SABROE & CIA S.A

El término “tubing” se aplica en general a materiales de pared delgada, que se unen mediante sistemas que no sean de rosca en la pared del tubo. Por otro lado, el término tubo común y corriente es el que se aplica a materiales con pared gruesa, como por ejemplo hierro y acero, en los cuales se pueden cortar roscas en la pared y que se unen mediante conexiones que se atornillan en el tubo.

Estos tubos también se pueden soldar. Otra diferencia entre “tubing” y tubo es el método de medición de tamaño. Los tamaños de “tubing” se expresan en términos del diámetro exterior (DE), y los del tubo se expresan como diámetros nominales interiores (DI).

A continuación se enuncian los materiales más usados para los sistemas de refrigeración en mención:

- Tuberías de cobre o “Tubing”
- Tuberías de acero

2.1.6.1 Tuberías de cobre o Tubing. Su uso más común se da en sistemas aplicables de aires acondicionados, acondicionamiento comercial y en instalaciones frigoríficas con refrigerantes de freón.

Se usa en la mayor parte de los sistemas domésticos de refrigeración, y es cobre especialmente reconocido. Cuando se forma el tubo de cobre tiene una tendencia a endurecerse, y esta tendencia podría originar grietas en los extremos del “tubing” cuando se avellan o se aplanan, el cobre se puede reblandecer por calentamiento hasta que su superficie tenga color azul, y dejándolo enfriar. A este proceso se le llama recocido y se hace en fábrica.

El “tubing” de cobre que se usa en refrigeración y acondicionamiento de aire se llama tubing ACR, que quiere decir que se usa en trabajos de refrigeración y aire acondicionado, y que se ha fabricado y procesado especialmente para este objeto. El “tubing” ACR tiene nitrógeno a presión para evitar la entrada de aire, humedad y polvo, y también para dar máxima protección contra los óxidos perjudiciales que se forman normalmente durante el latonado, los extremos están taponados, y los tapones se deben volver a poner después de cortar un tramo del “tubing”.

- **Clasificación del “tubing” de cobre.** El “tubing” de cobre tiene tres clasificaciones: K, L y M, que se basan en los espesores de pared:

K: pared gruesa, aprobado para refrigeración y aire acondicionado

L: pared media, aprobado para refrigeración y aire acondicionado

M: pared delgada; no se usa en sistemas de refrigeración.

El “tubing” M de pared delgada no se usa en tuberías de refrigerante a presión, porque no tiene el espesor de pared necesario para cumplir con los reglamentos de seguridad; sin embargo, se usa en tuberías de agua, drenado de condensados y otras necesidades relacionadas con el sistema.

El “tubing” K de pared gruesa se emplea en usos especiales, cuando se esperan condiciones excepcionales de corrosión. El tipo L es el que se usa con más frecuencia para aplicaciones normales en refrigeración.

- **“Tubing” de cobre extruido suave.** Como su nombre lo dice, se recuece para hacer que el tubo sea más flexible y fácil de doblar y conformar. Se consigue en el comercio en tamaños de 1/8" a 1 5/8" DE y se vende con frecuencia en rollos de 7.5, 15 y 30 metros.

Los rollos se deshidratan y sellan en fábrica. El “tubing” de cobre suave se puede soldar o usar con conexiones abocinadas o mecánicas de otro tipo. Como se dobla y se conforma con facilidad debe sujetarse con abrazaderas u otros componentes para soportar su propio peso.

- **“Tubing” de cobre extruido duro.** Este “tubing” también se usa mucho en sistemas comerciales de refrigeración y aire acondicionado. A diferencia del extruido suave, es duro y rígido y tiene la forma de tramos rectos. Se debe usar con conexiones formadas para dar los cambios de dirección y dobleces necesarios. A causa de su construcción rígida es más auto soportante y necesita de pocos soportes. Sus diámetros van de 3/8" a más de 6".

El “tubing” extruido duro se vende en tramos normales de 6 m que están deshidratados, cargados con nitrógeno y taponados en ambos extremos para mantener una condición interna limpia y libre de humedad. El empleo de “tubing” extruido duro se asocia con más frecuencia con tamaños mayores de tubería, de 7/8" o más.⁹

El siguiente cuadro 3. Muestra las especificaciones para “tubing” tipos K y L. Ambos tipos se consigue en variantes de extrusión suave o dura.

⁹ Disponible en internet en <<http://www.refriwex.260mb.com/refriwex/?q=node/78&ckattempt=1>>.

Cuadro 3. Especificaciones par tubería de cobre tipo K y L

Tipo	DIÁMETRO		Espesor de Pared, pulg	Weight per Foot (lb)
	Exterior, Pulg.	Interior, Pulg.		
K	½	0.402	0.049	0.2691
	¾	0.527	0.049	0.3437
	¾	0.652	0.049	0.4183
	¾	0.745	0.065	0.6411
	1%	0.995	0.065	0.8390
	1%	1.245	0.065	1.037
	1%	1.481	0.072	1.362
	2%	1.959	0.083	2.064
	2%	2.435	0.095	2.927
	3%	2.907	0.190	4.003
L	½	0.430	0.035	0.1982
	¾	0.545	0.040	0.2849
	¾	0.666	0.042	0.3621
	¾	0.785	0.045	0.4518
	1%	1.025	0.050	0.6545
	1%	1.265	0.055	0.8840
	1%	1.505	0.060	1.143
	2%	1.985	0.070	1.752
	2%	2.465	0.080	2.479
	3%	2.945	0.090	3.326
	3%	3.425	0.100	4.292

Fuente. www.refriwex.260mb.com

Cuadro 4. Propiedades de las tuberías tipo extruido suave y duro

	<i>Endurecido</i>	<i>Recocido</i>
Peso específico (kg/dm ³)	8,9	8,9
Temperatura de fusión (°C)	1083	1083
Conductividad térmica (W/m · K)	395	395
Coefficiente de dilatación lineal (× 10 ⁻⁶)	17	17
Calor específico (J/kg · K)	385	385
Temperatura de recocido (°C) (aproximada)	500	-
Temperatura de forja	750-900	750-900
Decapado (solución para)	10% H ₂ SO ₄	10% H ₂ SO ₄
Carga de ruptura <i>R</i> (daN/mm ²)*	32	32
Alargamiento (%)*	> 40	> 40

Fuente. P.J Rapin P. Jacquard, Instalaciones frigoríficas, tomo 2

2.1.6.2 Tuberías de acero. Las tuberías de aceros al carbono son aplicables a grandes instalaciones frigoríficas que utilizan el amoníaco NH₃. Hay una serie de metales, como el cobre o el latón, con los que el amoníaco se vuelve corrosivo en presencia de humedad. Es importante por tanto evitar el uso de amoníaco en sistemas de refrigeración que empleen estos metales.

Las medidas y dimensiones de este tipo de tuberías comercialmente varían mucho y dependen también del diseño y capacidad del compresor de la instalación frigorífica.

2.1.7 Accesorios de una instalación frigorífica. Existen diversos accesorios para una instalación frigorífica, a continuación se nombrarán:

- **Válvulas.** Por definición una válvula como un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.¹⁰

Para los sistemas de refrigeración se utilizan las siguientes:

- Válvulas de expansión, Válvulas de retención
- Válvulas de cierre, Válvulas de seguridad
- Válvulas manuales
- Válvulas solenoides

- **Filtros.** Es un dispositivo utilizado para llevar a cabo el proceso de filtración que es donde se desea eliminar las partículas de un fluido, para los sistemas de refrigeración los filtros empleados son los siguientes:

- Filtros deshidratadores
- Filtros de aceite
- Filtros coalescentes
- Filtros de partículas
- Filtros de agua

- **Eliminador de vibraciones.** Es un dispositivo conformado por un tubo ondulado metálico flexible de acero inoxidable que es recubierto por hilos del mismo material, este conjunto proporciona al dispositivo unas excelentes propiedades mecánicas y químicas.¹¹

¹⁰ Disponible en internet en <<https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula>>

¹¹ P.J Rapin P. Jacquard, Instalaciones frigoríficas, tomo 2. Disponible en internet en <P.J Rapin P. Jacquard, Instalaciones frigoríficas, tomo 2>

2.2 ENFOQUE LEGAL.

Teniendo en cuenta la realización de las actividades de trabajo que se aplican dentro del FRIGORÍFICO FOGASA S.A.S perteneciente al FONDO GANADERO DE SANTANDER, se lleva a cabo el estudio para la determinación de fugas en los sistemas de refrigeración y por tanto la normatividad vigente para la inmisión de gases contaminantes a la atmósfera que estas fugas producen, como también la norma técnica para el almacenamiento, transporte, distribución, exhibición y venta de alimentos refrigerados con total cumplimiento de sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control. Por esta razón el enfoque legal está basado en la legislación existente que rige en este tipo de casos.

La norma técnica 4869 de 2000¹² establece las directrices sobre las prácticas y requisitos que se deben tener en cuenta durante el almacenamiento; transporte y distribución y exhibición y venta de los alimentos refrigerados y congelados para mantener las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas y por ende garantizar la vida útil, igualmente busca unificar conceptos relacionados con algunas de las etapas involucradas en la cadena de frío.

El frigorífico se encuentra regulado por el plan HACCP (sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control) del decreto 60 de 2002¹³ por el cual se promueve la aplicación del sistema de análisis de peligros y puntos de control crítico - HACCP en las fábricas de alimentos y se reglamenta el proceso de certificación, teniendo en cuenta el artículo 5° inciso C y D los cuales enuncian un programa de mantenimiento preventivo de áreas, equipos e instalaciones y un programa de calibración de equipos e instrumentos de medición.

Por otra parte, para asegurar el cumplimiento del decreto 948 de 1995¹⁴ Reglamento de protección y control de la calidad del Aire, de acuerdo al artículo 3° donde el tipo de contaminantes que generan las fugas presentes en los sistemas de refrigeración son contaminantes de segundo grado, ya que sin afectar el nivel de inmisión, generar daño a la atmosfera porque van directo a la estratósfera contribuyendo a su destrucción.

¹² Norma técnica Colombiana NTC 4869 2000

¹³ Ministerio de Salud (Decreto 60 de 2002)

¹⁴ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (Decreto 948 de 1995)

3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO

3.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Objetivo específico 1. Describir los sistemas de refrigeración, los equipos de mayor criticidad en la empresa y los métodos empleados para la detección de fugas de los sistemas de refrigeración.

Para el cumplimiento de este objetivo se llevó a cabo el estudio de fuentes bibliográficas y por medio de las personas que laboran en la parte de mantenimiento de la planta, quienes decidieron que este era un gran aporte a la empresa ya que mucha de la información aquí consignada no se encuentra claramente consignada y que no hay un documento que describa los dos sistemas del frigorífico específicamente.

3.1.1 Descripción del frigorífico Fogasa S.A.S. El frigorífico Fogasa S.A.S. cuenta con dos sistemas de refrigeración independientes y que utilizan cada uno un refrigerante diferente, un sistema de amoniaco de recirculación de líquido por compresión mecánica y uno de freón 22 con las mismas características.

Esta instalación frigorífica se encuentra dentro de la categoría de refrigeración industrial ya que su aplicación denota en conservar alimento refrigerado a bajas temperaturas y con una producción elevada, ahora bien definido los conceptos se describen los siguientes sistemas.

3.2 Descripción del sistema de refrigeración por amoniaco. Es un sistema de compresión mecánica de amoniaco que cuenta con dos compresores alternativos dispuesto en forma paralela, con sistema de enfriamiento de recirculación de agua. La compresión se da en dos etapas y la expansión de igual manera en dos etapas:

La primera etapa de compresión es la de baja presión que se da entre la salida del compresor y la entrada al evaporador y la segunda etapa que es de alta presión que se da entre la salida del evaporador y el condensador donde se necesitan altas presiones para que el refrigerante vuelva a un estado líquido, el refrigerante condensado pasa a un tanque de alta presión llamado tanque receptor en forma líquida, este proceso de condensación se da gracias a una torre de enfriamiento con recirculación de agua y ventiladores de apoyo, el refrigerante continua su recorrido forzosamente hasta un tanque separador o recirculador, donde antes de entrar a este se expande por primera vez convirtiéndose nuevamente en una mezcla de líquido y gas en el tanque separador la mezcla cae por gravedad a una bomba mecánica donde está impulsada la mezcla hasta otra válvula de expansión y es aquí donde se expande por segunda vez antes de entrar al evaporador para que la mezcla gane propiedades termodinámicas, el suministro de refrigerante a los evaporadores se da por sistema de recirculación de líquido impulsado por bombas mecánicas.

A continuación se nombran los subsistemas que componen este sistema:

- Subsistema de compresión
- Subsistema de evaporación
- Subsistema de desescarche
- Subsistema de condensación
- Subsistema de almacenamiento
- Subsistema de control
- Accesorios de la instalación
- Cámaras frigoríficas

3.2.1 Subsistema de compresión. Este subsistema está compuesto por:

- Compresores
- Funcionamiento del compresor
- Sistema de refrigeración con recirculación de agua
- Sistema de separación de aceite
- Sistema de control de los compresores

3.2.1.1 Compresores. Para la compresión mecánica del refrigerante del sistema de amoníaco NH_3 se utilizan dos compresores SABROE tipo SMC 100, el SMC 10 - 100 y el SMC 6 - 100 la diferencia de estos es la capacidad y el número de culatas, pero ambos funcionan de la misma manera.

Estos están acoplados directamente con motores eléctricos trifásico marca siemens de 125 Hp (1155 rpm, 330V, 60hz) Y 75 Hp (1160 rpm, 330V, 60hz), respectivamente dispuestos en paralelo en una sala de máquinas desde allí se controla todo el sistema de refrigeración de la planta y se distribuye el refrigerante en óptimas condiciones a todas las cámaras frigoríficas.

La capacidad de refrigeración de los compresores a condiciones de temperatura de evaporación es de -10°C , y a temperatura de condensación de 41°C , condición de líquido condensado.

Figura 9. Compresor alternativo SABROE SMC 10/100 y 6/100 (vista perfil)



Fuente. Pasante

Figura 10. Compresor alternativo SABROE SMC 10/100 y 6/100 (vista frontal)



Fuente. Pasante

Los compresores SABROE son compresores alternativos y poseen partes y características similares a los motores de combustión interna.

Tabla 1. Especificaciones del compresor

COMPRESOR ALTERNATIVO SABROE SMC 100							
MODELO	NUMERO DE CULATAS	POTENCIA	CFM	RPM	CAPACIDAD DE PASO	MEDIDAS DE CONEXIÓN	
						Succión	Descarga
SMC 10 - 100	5	75 hp	166	1160	50% - 100%	4"	3"
SMC 6 - 100	3	75 hp	103	1160	50% -75%	4"	3"

Fuente. Pasante

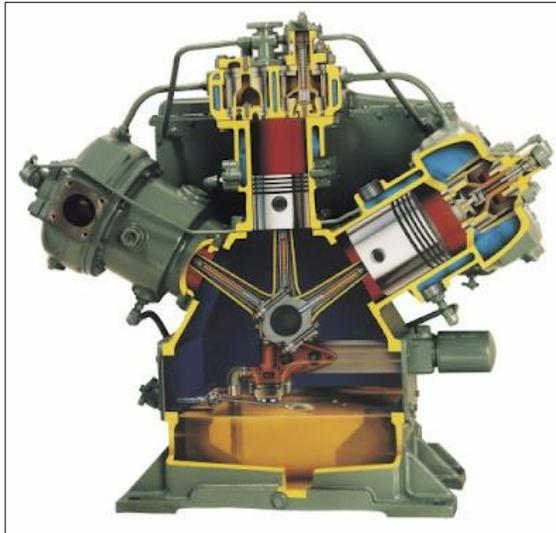
Los compresores SABROE son máquinas que realizan movimiento alternativo, para realizar este movimiento que se repite una y otra vez consta de un conjunto de componentes que hacen que esto sea posible, este conjunto está conformado principalmente por la cámara del cilindro, el cilindro, la biela, cigüeñal, cojinetes y válvulas.

3.2.1.2 Funcionamiento del compresor. El compresor tiene por finalidad aportar energía al fluido en este caso amoniaco, para hacerlo fluir aumentando su presión al mismo tiempo que realiza esta acción.

El amoniaco entra al compresor a una baja presión por la tubería de succión, donde es recibido por una válvula de servicio que reparte el amoniaco a todas las culatas del

compresor, la válvula de admisión se abre después del punto muerto superior, a estos procesos se le conoce como succión y expansión. El amoniaco entra cuando el pistón se encuentra en el punto muerto inferior, luego es comprimido en la cámara a una alta presión y la misma alta presión dentro de la cámara hace que la válvula de impulsión abra y salga el amoniaco, este proceso se le conoce como compresión y descarga, estos procesos se realizan de la misma manera en todas las culatas y se realiza en un giro completo del cigüeñal que serán 360°.

Figura 11. Compresor alternativo (vista seccionada)



Fuente. www.atmosferis.com

Dentro de las características más importantes del compresor sabroe se encuentran unos parámetros para el correcto funcionamiento de los compresores en caso alguno de que estas condiciones de funcionamiento no se cumplan el compresor cuenta con un control de presostatos que lleva al paro del compresor. En la tabla 2 se pueden apreciar estas presiones La presión de aceite dentro del compresor es muy importante ya que de esta depende que el compresor funcione correctamente y que sus partes permanezcan lubricadas para evitar daños en la parte interna del compresor, la presión normal de aceite en el compresor debe ser de 2.5 kg/cm^2 .

Las válvulas de impulsión y de aspiración que son las que permiten la cantidad de paso de refrigerante al compresor.

La válvula de impulsión permite reducir o incrementar el volumen de salida de refrigerante, controlando con esto la presión de descarga.

La válvula de succión al accionarse se mueve entre un 50% y un 100%, esta es la capacidad de paso del compresor, esto permite que el compresor iguale las necesidades de flujo del compresor.

Cuando se ponga en marcha el compresor se deben seguir una serie de recomendaciones es para su correcto funcionamiento, ellas son:

- Que el compresor este cargado de aceite
- Que el compresor gire fácilmente con la mano
- Que el compresor gire en el sentido indicado por la flecha de la tapa extrema
- Que el presostato de alta esté conectado y regulado correctamente
- Que el presostato de aceite corte la corriente y pare el compresor cuando la presión sea de 1.5 atm.¹⁵

Tabla 2. Presiones de interrupción para compresores SABROE SMC 100

PRESIONES DE INTERRUPCIÓN	
PRESOSTATO DEL ALTA	16.5 <i>kg/cm²</i>
PRESOSTATO DE BAJA	Regulado a una presión con temperatura inferior en 5°C a la temperatura de evaporación más baja
VÁLVULAS DE SEGURIDAD PARA COMPRESORES	18 <i>kg/cm²</i>
PRESIÓN DE ACEITE	2.5 a 3.0 <i>kg/cm²</i>
PRESIÓN MÍNIMA DE INTERRUPCIÓN	1.5 <i>kg/cm²</i>

Fuente. Catalogo Sabroe

3.2.1.3 Sistema de enfriamiento con recirculación de agua. El sistema de enfriamiento del compresor viene por el sistema de refrigeración por agua, básicamente este sistema lo que consigue es remover el calor producido por la compresión en las culatas del compresor. Para el suministro de agua la planta dispone de un planta de tratamiento de agua potable es de allí de donde el agua también es enviada a los compresores para su enfriamiento, un sistema de tuberías instalado especialmente que consta de tuberías de acero galvanizado por las altas temperatura con las que sale el agua de los compresores realiza su recorrido desde la planta hasta la sala de máquinas, los compresores cuentan con una cubierta superior de aluminio situada directamente por encima de las culatas, este amplio elemento de refrigeración permite que el calor radiante que es producido en el compresor sea absorbido, estos elementos están interconectadas por un sistema de tuberías.

A la entrada del agua al compresor se encuentra una válvula solenoide que es accionada por un termostato calibrado y ajustado automáticamente por diferencial de temperaturas, este conjunto es el encargado de controlar el flujo de agua hacia el interior de las tapas del compresor, la temperatura del agua es ambiente y a la salida puede alcanzar los 70°C, el agua se dirige nuevamente hacia la planta de tratamiento y se mezcla con agua fresca y se recircula.

¹⁵ Thomas THS. Instrucciones para la puesta en marcha y manejo de los compresores “Sabroe”. Libro de referencia. SABROE & CIA S.A

Figura 12. Sistema de enfriamiento de Compresor SABROE



Fuente. Pasante – catalogo SABROE

3.2.1.4 Sistema de separación de aceite. Algunas pequeñas partículas de aceite que pasan a lo largo del pistón del compresor y sirven para engrasar el cilindro y las válvulas, son arrastradas por el amoníaco hacia las tuberías de impulsión.

La mayor parte de ese aceite se separa del amoníaco gaseoso en el separador del compresor y de allí y vuelve automáticamente al cárter del compresor, cuando un nivel tolerable de aceite es recolectado allí una válvula solenoide da paso para que este vuelva al compresor.

Figura 13. Sistema de separación de aceite del Compresor



Fuente. Pasante

3.2.1.5 Sistema de control de los compresores. El control de los compresores está configurado por dos tipos de control un tablero análogo y el otro por medio de una pantalla táctil marca siemens, también los compresores cuentan con un sistema de control por medio de presostatos, por medio de estos se pueden ver las presiones de aspiración e impulsión y saber si el compresor está trabajando a las presiones adecuadas.

El sistema análogo se encuentra en el tablero principal de la sala de máquina, allí por medio de una perilla se puede poner en marcha el compresor SABROE SMC 6 – 100, además de regular la capacidad del mismo configurando el número de culatas, en el tablero se encuentra marcado como el compresor de amoniaco número dos.

La puesta en marcha del compresor SABROE SMC 10 – 100, es controlada por una pantalla táctil marca siemens quien acciona el motor trifásico acoplado al compresor, para la configuración de cuantas culatas se pueden accionar en el compresor directamente, ya que cuenta con una palanca dispuesta en la parte frontal del mismo y desde allí se puede decidir el número de culatas que se disponen a trabajar.

Figura 14. Sistema control de los compresores



Fuente. Pasante

Los parámetros que se pueden controlar son los siguientes:

- Presión de alta
- Presión de baja
- Presión de aceite

Estos parámetros son estipulados por el fabricante y los operarios deben dar cuenta de tener presente que cada uno de estos se mantenga dentro del rango operacional del compresor.

Figura 15. Parámetros de control SMC 10 – 100



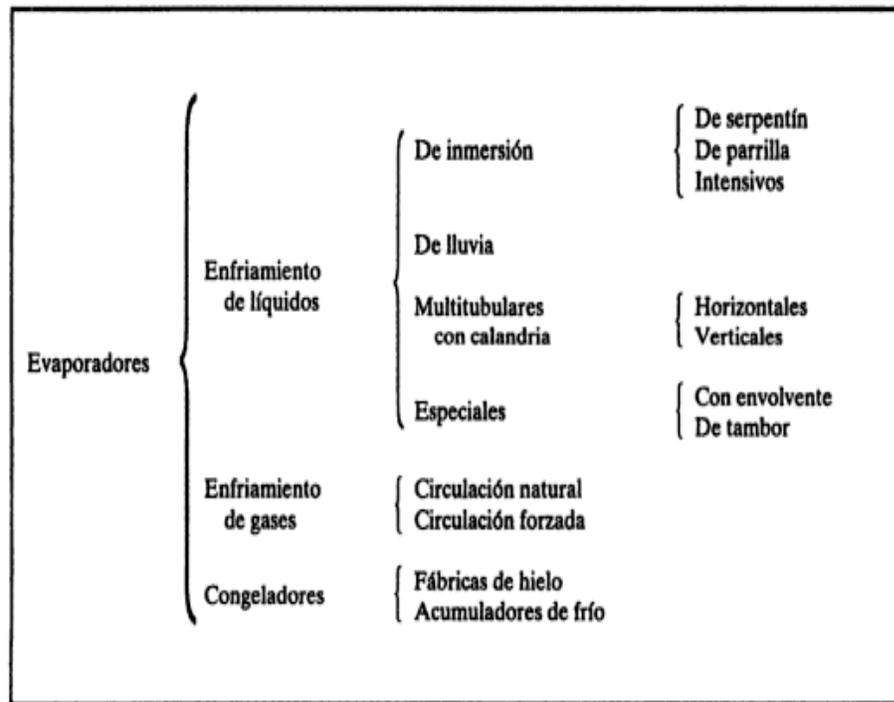
Fuente. Pasante

3.2.2 Subsistema de evaporación. Este subsistema está compuesto por:

- Evaporadores
- Unidad de recirculación

3.2.2.1 Evaporadores. Los evaporadores son un intercambiador de tubo aleteado, consta de una carcasa exterior que protege un serpentín en frente de él se encuentran unas aletas dispuestas en forma especial para aumentar el área superficial externa del evaporador. El aire dentro de las cámaras a refrigerar se hace circular de manera forzada usando ventiladores ubicados en el evaporador¹⁶, a continuación se muestra una tabla donde se encuentra la clasificación de los evaporadores.

Cuadro 5. Clasificación de los evaporadores.



Fuente. P.J Rapin P. Jacquard, Instalaciones frigoríficas, tomo 2

Las aletas primordialmente lo que hacen es aumentar el área de transferencia de calor del ambiente hacia el tubo para lograr una mayor eficiencia del refrigerante, debido a este proceso la formación de escarcha en los evaporadores es inevitable, a medida de que esta capa que en un principio siendo delgada puede ayudar en la transferencia de calor, al tornarse más gruesa con el transcurrir del proceso hace que el proceso pierda eficiencia ya

¹⁶ Jaime Giovanni Buitrago Arenas. Análisis operativo del sistema de refrigeración del frigorífico metropolitano. Disponible en internet en <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6082/2/144430.pdf>.

que actúa como un aislante en el serpentín y las aletas, restringiendo con esto el paso de aire entre las aletas y el serpentín, es por esta razón que las aletas deben venir con un espacio entre ellas suficientemente tolerable para que el proceso se lleve a cabo de la mejor manera, algunos fabricantes pueden variar la configuración de estos espacios en los diseños de los evaporadores.

Figura 16. Evaporadores.



Fuente. Pasante

- **Funcionamiento de los evaporadores.** Los evaporadores funcionan con el proceso de recirculación de líquido, los evaporadores son sobrealimentados con exceso de amoníaco en zona de saturación por esta razón solo una parte de ese amoníaco dentro de los evaporadores se convierte en gas recalentado, este proceso de recirculación de refrigerante se da porque la unidad recirculadora hace posible este proceso ya que en el tanque separador es donde lo que es completamente gas pasa a los compresores para ser comprimido y el líquido regresa a los evaporadores por medio de las bombas mecánicas de impulsión de líquido.

3.2.2.2 Unidad recirculadora. Unidad recirculadora se le conoce al conjunto del tanque separador y las bombas mecánicas de amoníaco, este conjunto tiene como principio fundamental distribuir de forma constante el amoníaco hacia los evaporadores.

- **Tanque separador.** El tanque separador está dispuesto de forma horizontal, es el encargado de recibir el amoníaco proveniente del tanque receptor y de los evaporadores.

Una pequeña parte del aceite que pasa del sistema de separación de aceite de los compresores es arrastrado por el amoníaco al condensador, recipiente y evaporadores. Por consiguiente, es necesario que periódicamente se purgue el aceite de estos elementos, el tanque separador viene provisto de un almacenador de aceite en la parte inferior de aquí se realizan estas purgas periódicamente.

Figura 17. Tanque separador y purga de aceite del colector.



Fuente. Pasante

- **Bombas de amoniaco.** El sistema cuenta con un arreglo de dos bombas marca RUTSCHI de la de amoniaco de circulación de rotor húmedo serie AG PUMPENBAU que pueden funcionar en paralelo y/o en serie, pero este proceso no se da ya que una de ellas se utiliza de respaldo en caso de que la otra falle.

Figura 18. Bombas RUTSCHI



Fuente. Pasante

Figura 19. Bombas RUTSCHI (vista frontal).



Fuente. Pasante

A continuación se muestra en la tabla 4 las especificaciones de la bomba.

Tabla 3. Especificaciones de las bombas de amoníaco.

BOMBAS DE AMONIACO R717	
Fabricante	RUTSCHI
R.P.M	3520
Modelo	AG PUMPENBAU
Caudal m^3/h	1 a 3.6
Rango de temperatura	- 60°C a 90°C

Fuente. Catalogo RUTSCHI.

- **Funcionamiento de la unidad recirculadora.** El tanque separador posee dos flotadores uno de nivel bajo y otro de nivel alto estos son los encargados de abrir paso hacia los evaporadores ya que el flujo hacia estos no puede ser mayor o menor al flujo de amoníaco que es succionado hacia los compresores y que está en los condensadores, este tanque recibe el amoníaco en zona de mezcla proveniente de los evaporadores y del tanque receptor, siempre y cuando la válvula solenoide a la entrada del tanque lo permita ya que esta se activa cuando el flotador de nivel bajo envía la señal de baja presión de amoníaco en el tanque, en el interior el tanque por gravedad se precipita el amoníaco líquido hacia las bombas mecánicas y estas recirculan este a los evaporadores, mientras que la parte que es vapor es succionada por el compresor.

A la entrada entre una válvula solenoide de suministro y el tanque, se encuentra una válvula de expansión manual que es la encargada de realizar la primera expansión al amoníaco líquido proveniente del tanque receptor, la válvula solenoide abre dependiendo de la necesidad de líquido que requiera el tanque separador, dependiendo también de las presiones ya que en estos puntos se manejan las presiones altas y bajas.

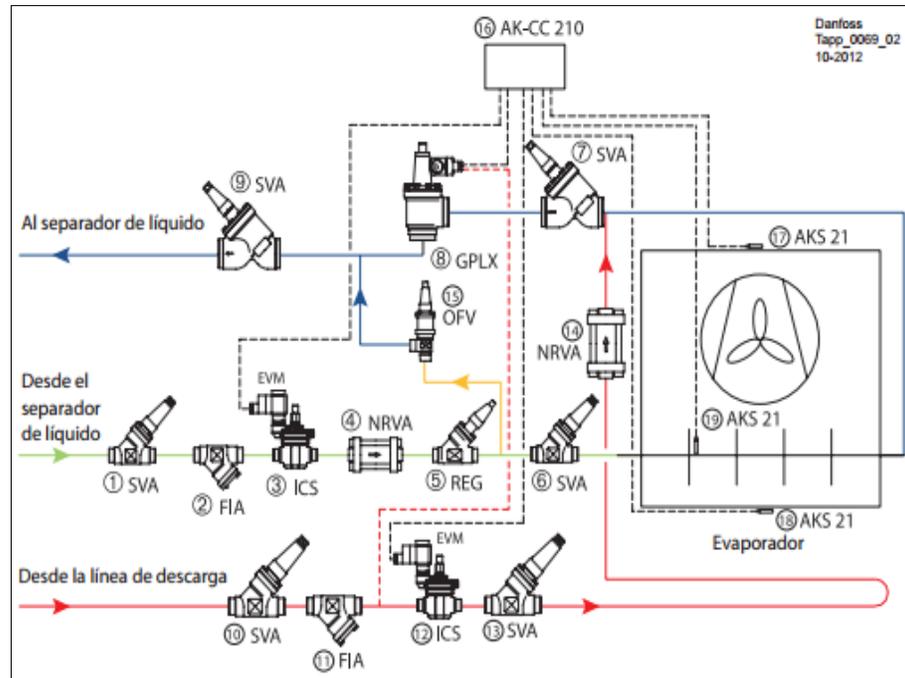
Las bombas impulsan el amoníaco líquido que es precipitado desde el tanque separador a los evaporadores, por este bombeo constante de líquido a los evaporadores no todo este se evapora, solo una pequeña parte del refrigerante se evapora consiguiendo así con esto que los evaporadores se encuentren todo el tiempo húmedos, aumentando con esto la eficiencia de los mismos.

3.2.3 Subsistema de desescarche. El método utilizado para el desescarche de los evaporadores es por medio de gas caliente, el gas caliente es el refrigerante que proviene de la línea de descarga de los compresores el cual se hace circular por el sistema hasta llegar a los serpentines de los evaporadores, este proceso causa que la escarcha acumulada en la parte externa del serpentín se funda debido al calor transmitido por el gas al pasar por él, al condensarse esta escarcha es atrapada en forma líquida por bandejas ubicadas en la parte inferior del evaporador, de allí son transportada por un sifón fuera de la cámara frigorífica.

Este proceso se repite para todos los evaporadores de las cámaras que utilizan sistema de amoníaco.

El operario encargado de la planta es el responsable de realizar los desescarche de las cámaras de refrigeración ya que este proceso se realiza de forma manual y no cumple exactamente con un horario determinado para cuyo fin, esto es debido a que la formación de escarcha se da luego de determinado lapso de tiempo y no es necesario contar con una secuencia logística de desescarche al día.

Figura 20. Esquema de descongelamiento por gas caliente.



Fuente. Manual de aplicación Danfoss.

El proceso de desescarche o ciclo de descongelamiento se realiza de la siguiente manera.

- Después del inicio del ciclo de descongelamiento o de desescarche, el solenoide de suministro líquido ICS (3) es cerrado.
- El ventilador es mantenido en operación por 120 a 600 segundos, dependiendo del tamaño del evaporador con el fin de bombear debajo del evaporador del líquido.
- Los ventiladores son detenidos y el GPLX es cerrado. Esto toma de 45 a 700 segundos para cerrar la válvula solenoide GPLX (8) accionada por gas, se requiere un retraso de 10 a 20 segundos para que el líquido en el evaporador se asiente en el fondo sin burbujas de vapor. La válvula solenoide ICS (12) luego es abierta y suministra gas caliente al evaporador.

- Durante el ciclo de descongelamiento, la válvula de descarga OFV (14) se abre automáticamente conforme la presión diferencial. La válvula de descarga permite que el gas caliente condensado del evaporador sea liberado en la línea de succión húmeda.
- Cuando la temperatura en el evaporador (medida por AKS 21 (19)) alcanza el valor deseado, el descongelamiento termina, la válvula solenoide ICS (12) es cerrada y la válvula de solenoide de dos tiempos GPLX (8) es abierta.
- Después que GPLX se abre completamente, la válvula solenoide de suministro de líquido ICS (3) es abierta para iniciar el ciclo de refrigeración. El ventilador es iniciado después de atrasarse, con el fin de refrigerar las gotas líquidas que quedaron en la superficie de evaporador.

3.2.4 Subsistema de condensación. Este subsistema de refrigeración consta de dos torres de refrigeración de tiro forzado que son las encargadas de enfriar el amoníaco para convertirlo nuevamente en fase de líquido, ese es su principal propósito en el sistema.

Las torres constan de dos ventiladores de 2HP en la parte superior, un serpentín por donde circula el refrigerante, una balsa de recogida y una bomba mecánica de recirculación.

Figura 21. Torres de enfriamiento 1 y 2.



Fuente. Pasante

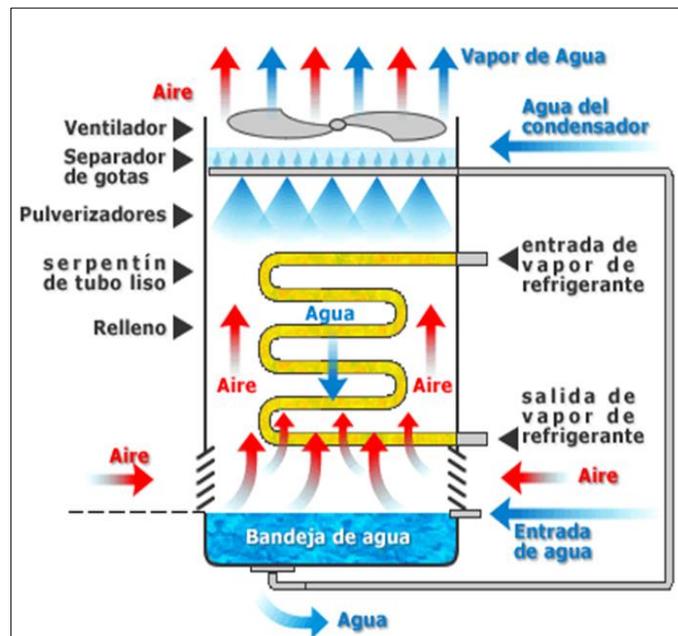
- **Funcionamiento de las torres de enfriamiento.** Las torres de refrigeración funcionan bajo el principio básico de un condensador, el amoníaco fluye del compresor por el lado de alta hacia el serpentín interior de la torre, el agua de enfriamiento es bombeada hacia el tubo colector de agua donde se distribuye a través de un sistema de tuberías con agujeros milimétricos que forman una especie de rocío sobre el serpentín, este rocío forma una película húmeda sobre toda la superficie del serpentín, el rocío que se acumula en la parte

inferior del serpentín forma gotas que caen en forma de lluvia a la balsa de recolección que se encuentra en la parte más baja de la torre donde es recirculada nuevamente por la bomba.

El enfriamiento del amoniaco principalmente se da debido a que una parte de las gotas de agua que hacen contacto con la superficie caliente del serpentín se evapora en la corriente de aire que fluye forzadamente por los ventiladores, es precisamente el trabajo de estos ventiladores el que hace que una corriente de aire frío que depende de las condiciones ambientales fluya hacia el interior de la torre a través de la zona de lluvia, los ventiladores se encuentran ubicados en la parte superior de la torre fuera de la carcasa principal.¹⁷

La bomba es la encargada de realizar la recirculación de agua por las torres la que cae en forma de lluvia y la que entra por la tubería de suministro de la torre, este sistema de torres de enfriamiento es el tipo más adecuado para sistemas de condensación en donde las condiciones ambientales como las elevadas temperaturas y humedad relativa alta son constantes, lo que hace que este diseño encaje perfectamente en el clima de Aguachica.

Figura 22. Esquema de funcionamiento de Torre de enfriamiento.



Fuente. Torres de refrigeracionn.blogspot.com.co

3.2.5 Subsistema de almacenamiento. El subsistema de almacenamiento está compuesto por un tanque receptor de alta presión marca ATLAS que recibe el amoniaco en fase líquida, es un tanque receptor tipo horizontal.

¹⁷ Disponible en internet en <<http://www.proficool-fans.com/es/principios-de-funcionamiento-de-la-torre-de-refrigeracion/>>

Figura 23. Tanque receptor de almacenamiento.



Fuente. Pasante

A continuación las especificaciones del tanque receptor.

Tabla 4. Especificaciones del tanque receptor.

TANQUE RECEPTOR	
Fabricante	ATLAS
Capacidad	1500 LT
Modelo	1976 Horizontal
Serie	67 - 63
Test de presión	24 atm

Fuente. Autor del proyecto

- **Funcionamiento del tanque receptor.** Su principal funcionamiento es la de almacenar amoníaco líquido para disposición de las necesidades de refrigeración del sistema, consta de las siguientes líneas de alimentación.
- **Líneas de las torres de enfriamiento.** Estas líneas son las encargadas de suministrar directamente el amoníaco en fase líquida al tanque.
- **Línea de salida al tanque separador.** Esta línea es la encargada de suministrar el amoníaco líquido al tanque separador, esta línea posee una válvula de expansión que es donde se estrangula por primera vez el líquido.
- **Línea de seguridad.** Esta línea es la encargada de aliviar la presión en caso de que esta sea excesiva en el tanque liberando refrigerante al ambiente en caso de ser necesario.
- **Línea de purga.** Esta línea se encuentra en la parte inferior del tanque, es la encargada de drenar cualquier tipo de anomalías dentro del sistema, entre ellos aceite y material particulado arrastrado por las altas presiones.

- **Visor de nivel.** Este es el encargado de mostrar el nivel de líquido dentro del tanque por medio de un cristal.

3.2.6 Subsistema de control. El sistema de control del frigorífico funciona bajo dos mandos divididos, uno análogo y uno accionado por una pantalla táctil, desde estos dos tableros se maneja en su totalidad el sistema de amoniaco.

- **Control análogo.** Este es el control principal del frigorífico, es muy limitado en cuanto a los datos del sistema como presiones de alta y de baja, temperaturas del sistema, y de los diferentes parámetros mencionado anterior mente, solo muestra en un pequeño tablero digital el amperaje de funcionamiento de las bombas mecánicas de amoniaco.

Figura 24. Tablero principal de mando análogo



Fuente. Pasante

Este sistema posee los siguientes controles:

- El sistema análogo controla el inicio y parada del sistema de refrigeración de amoniaco por medio de un uno botón de encendido y de parada ON/OFF, y luz de inicio.

Figura 25. Mando inicio/parada del sistema



Fuente. Pasante

- Encendido y/o apagado de las bombas de impulsión de amoniaco se puede ver el amperaje que manejan las bombas y sistema de alarma por luz cuando las bombas presentan vacío.

Figura 26. Mando inicio/parada de bombas de amoniaco.



Fuente. Pasante

- Encendido y/o apagado de la torre de enfriamiento número uno, se encuentra la puesta en marcha de la bomba de recirculación de la torre de enfriamiento uno.

Figura 27. Mando inicio/parada de torre de enfriamiento



Fuente. Pasante

- Encendido y/o apagado del compresor de amoniaco numero dos que es el compresor sabroe SMC 6 – 100. (ver figura 14)
- Encendido y/o apagado, desescarche de las cámaras de refrigeración 6 y 7.

Figura 28. Mando inicio/parada, desescarche cámara 6



Fuente. Pasante

- Encendido y/o apagado, desescarche de los evaporadores de pasillo y despacho.

Figura 29. Mando inicio/parada, desescarche pasillo y despacho



Fuente. Pasante

- **Control digital.** Este control puede trabajar en dos modos(automático y manual) y a través de una pantalla mostrar y cambiar parámetros del proceso principal, el motor de 125 HP la temperatura de las cámaras de refrigeración 2 y 3 de arranque del compresor sabroe SMC 10 – 100, además de una lista de fallos y alarmas si existiera en determinado momento. Posee cuatro bombillos de alarma de alta y baja presión, fallo de la torre y con unas perillas que pueden cambiar el modo de operación.

Figura 30. Tablero secundario de mando



Fuente. Pasante

A través de una pantalla marca siemens serie simatic panel táctil puede controlar los siguientes parámetros.

- Proceso principal, donde muestra que todos los elementos estén funcionando perfectamente.

Figura 31. Pantalla táctil



Fuente. Pasante

- Botón de parada de emergencia

Figura 32. Botón de paro de emergencia



Fuente. Pasante

- Luces de alarma de fallos, perillas para cambiar modo de uso automático/manual.

Figura 33. Perillas de modo automático/manual



Fuente. Pasante

- Encendido y/o apagado de las cámaras de refrigeración 2 y 3.

Figura 34. Encendido y apagado cámaras 2 y 3



Fuente. Pasante

- Encendido y/o apagado del compresor sabroe SMC 10 – 100. (Ver figura 14).

3.2.7 Accesorios de la instalación. Friocol es el proveedor de la planta frigorífica Fogasa, ellos son los encargados de suministrar los accesorios de los sistemas de refrigeración, los accesorios son de la marca danfoss, válvulas, flotadores, presostatos.

- **Válvulas de cierre manual.** Estas válvulas tienen como fin regular o bloquear manualmente de forma total o parcial el paso del refrigerante se utilizan en líneas de entradas y/o salidas de los tanques, evaporadores, condensadores, con el fin de aislarlos en caso de fuga.

En el frigorífico se usan de 2 clases:

- **Válvulas de cierre SVA-DH 250, alta presión Delta.** Las SVA-DH son válvulas de cierre en paso ángulo diseñadas para todas las aplicaciones de refrigeración industrial. La SVA-DH (Diferencial de alta presión) está diseñada sin restricciones en la función de apertura. Como consecuencia de su diseño equilibrado, ésta válvula abre a todas las diferencias de presión con un par limitado.

Las válvulas de cierre en paso ángulo están diseñadas para proporcionar condiciones de flujo favorables. Permiten un desmontaje sencillo para inspección, mantenimiento y reparaciones. Las SVA-DL tienen un asiento interno trasero que permite la sustitución del vástago cuando la válvula todavía está bajo presión. El diseño del cono de la válvula está asegurado un cierre perfecto.

Figura 35. Válvula de cierre, alta presión delta



Fuente. Catálogo válvulas Danfoss

- **Válvulas de cierre SVA-S 6-200.** Las válvulas de cierre han sido diseñadas para satisfacer todos los requisitos que presentan las aplicaciones de refrigeración industrial y proporcionar unas condiciones de flujo favorables, siendo fáciles de desmontar y reparar cuando es necesario. El diseño del cono de la válvula garantiza un cierre perfecto y permite su uso en sistemas con pulsaciones y vibraciones intensas (unos fenómenos que, en particular, resultan habituales en las líneas de descarga).

Figura 36. Válvula de cierre



Fuente. Catálogo de válvulas Danfoss

- **Válvulas de regulación manual.** Estas válvulas se ubican en el sistema a la entrada del tanque separado en la línea de líquido y en la entrada de los evaporadores con el fin de cambiar las propiedades del refrigerante al regular la presión y el caudal de entrada a los equipos.

- **REG-SB 15-40.** Las válvulas de regulación manual han sido diseñadas para brindar las condiciones de flujo necesarias y expansionar el líquido refrigerante a las condiciones rango de temperatura: $-60/+150^{\circ}\text{C}$ ($-76/+302^{\circ}\text{F}$). Max. Presión de trabajo: 52 bar g (754 psi g).

Figura37. Válvula de regulación manual



Fuente. Catálogo de válvulas Danfoss

- **Válvulas servo accionadas o solenoides.** Estas válvulas son accionadas por medio de señales eléctricas y configuradas para activarse a determinado rango de temperaturas o presión.

• **PMLX, Válvula principal pilotada.** Las PMLX son válvulas principales servo accionadas de dos tiempos, con válvulas piloto de solenoide roscadas. Las válvulas PMLX utilizan una fuente de presión externa para la apertura de la válvula sin necesidad de una diferencia de presión a través de la válvula. Las válvulas se pueden utilizar con todos los refrigerantes corrientes no inflamables incluido el R717, así como medios líquidos o gaseosos no corrosivos, suponiendo que los materiales de sellado son los correctos. Las válvulas PML se pueden utilizar en todos los sistemas de refrigeración, con expansión directa, recirculación por bomba o natural y se pueden instalar en las líneas de aspiración, retorno de líquido (líquido/vapor), líneas de igualación de presión y líneas de bypass. Las válvulas PMLX se utilizan en las líneas de aspiración para asegurar la apertura a pesar de una diferencia de presión elevada, por ejemplo, después del desescarche por gas caliente en una instalación frigorífica con amoníaco o gases fluorados. La PMLX abre en dos tiempos: en el paso 1, se abre aprox. 10% de la capacidad máxima, cuando las válvulas piloto de solenoide están con tensión, en el paso 2, la apertura es automática después de que la diferencia de presión a través de la válvula haya alcanzado 1.5 bar aprox.

Figura 38. Válvula principal pilotada DANFOSS.



Fuente. Catálogo de válvulas Danfoss

- **Válvulas servo accionada ICS 25-80 (1 piloto).** El funcionamiento de las válvulas ICS es dependiente de la presión piloto aplicada bien desde la configuración íntegra de la válvula piloto o desde una fuente de presión externa. El piloto ICS 1 tiene una conexión de presión

Figura 39. Válvula solenoide DANFOSS.



Fuente. Catálogo de válvulas Danfoss

- **Filtros.** Los filtros del sistema son utilizados para retener aceite, partículas arrastradas por el refrigerante, estos se encuentran ubicados en la línea de líquido del sistema.

- **Filtro FIA 15-40.** Para todos los refrigerantes comunes incluidos los hidrocarburos inflamables y todos los gases/líquidos.

Rango de temperatura: $-60/+150^{\circ}\text{C}$ ($-76/+302^{\circ}\text{F}$). Max. Presión de trabajo: 52 bar g (754 psi g).

Figura 40. Filtro DANFOSS.



Fuente. Catálogo de válvulas Danfoss

- **Válvulas de retención.** Las válvulas de retención pueden utilizarse en tuberías de líquido, de aspiración y de gas caliente en instalaciones de refrigeración y aire acondicionado con amoníaco.

- **NRVA.** Cuando se utiliza la NRVA en tuberías de líquido que puedan contener impurezas de aceite frío y espeso, se recomienda cambiar el muelle estándar por un muelle especial.

Figura 41. Válvula de retención DANFOSS.



Fuente. Catálogo de válvulas Danfoss

- **Válvulas de seguridad.** Las válvulas están especialmente diseñadas para proteger los componentes contra presiones elevadas, cumpliendo así con los estrictos requisitos de calidad y seguridad en Instalaciones de Refrigeración, especificadas por los Organismos de Homologación Internacionales.

- **SFV 20-25 T, con ajuste de presión estándar.**

Figura 42. Válvula de seguridad



Fuente. Catálogo de válvulas Danfoss

- **Flotadores de nivel o transmisor de nivel de líquido.** Son los encargados de enviar la señal a la válvula solenoide en la entrada del tanque para permitir la entrada de líquido al tanque.

- **AKS 38, Transmisor de nivel de líquido.** El AKS 38 es un interruptor de nivel electromecánico, diseñado para proporcionar una respuesta electromecánica fiable a los cambios de nivel de líquido. El diseño básico y simple permite una larga vida útil y un funcionamiento fiable para diversas aplicaciones.

El AKS 38 puede controlar el nivel de líquido en recipientes y acumuladores o puede utilizarse como una alarma de seguridad por alta y baja. Para control y detección del nivel de líquidos en:

Acumuladores de líquido sobrealimentados.

Separadores de líquido inundados

Enfriadores de carcasa & tubos.

Recipientes de alta y baja presión

Enfriadores intermedios.

Utilizar como interruptor de seguridad de alta/baja para protección contra circulación de bombas/compresores.¹⁸

Figura 43. Transmisor de nivel.



Fuente. Catálogo de válvulas

3.2.8 Cámaras frigoríficas. Se puede definir cámaras frigoríficas a todo local, o cuarto aislado térmicamente, capaz de mantener las condiciones de temperatura y humedad definidas según el producto a almacenar o requeridas mediante la acción de equipos e instalaciones frigoríficas.

Las cámaras frigoríficas que se encuentran con sistema de amoniaco son:

- **Cámara número 2.** Posee unos rieles y estructura de platinas de acero.

Tabla 5. Especificaciones de la cámara 2

Capacidad en toneladas de refrigeración	50 toneladas
Capacidad en cantidad de canales	200
Refrigerante utilizado para su funcionamiento	R717
Cantidad de rieles	8
Numero de evaporadores	3
Medidas	Largo 11.10 m Ancho 7.60 m Alto 4.20 m

Fuente. Pasante

¹⁸Disponible en internet en < http://www.danfoss.com/Latin_America_spanish/Products/Categories/ >

- **Cámara número 3.** Posee rieles y estructura de platinas de acero

Tabla 6. Especificaciones de la cámara 3

Capacidad en toneladas de refrigeración	50 toneladas
Capacidad en cantidad de canales	200
Refrigerante utilizado para su funcionamiento	R717
Cantidad de rieles	8
Numero de evaporadores	3
Medidas	Largo 18 m Ancho 7.60 m Alto 4.30 m

Fuente. Pasante

- **Cámara número 6.** Posee rieles y estructura de platinas de acero

Tabla 7. Especificaciones de la cámara 6

Capacidad en toneladas de refrigeración	26 toneladas
Capacidad en cantidad de canales	110
Refrigerante utilizado para su funcionamiento	R717
Cantidad de rieles	8
Numero de evaporadores	2
Medidas	Largo 11.10 m Ancho 7.30 m Alto 5.30 m

Fuente. Pasante

- **Cámara número 7.** Posee rieles y estructura de platinas de acero

Tabla 8. Especificaciones de la cámara 7

Capacidad en toneladas de refrigeración	26 toneladas
Capacidad en cantidad de canales	110
Refrigerante utilizado para su funcionamiento	R717
Cantidad de rieles	8
Numero de evaporadores	2
Medidas	Largo 10.8 m Ancho 7.30 m Alto 5.30 m

Fuente. Pasante

- **Pasillo y despacho.** Son espacios que se deben refrigerar ya que el producto va a pasar por estos para el cargamento y despacho a camiones.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR FREÓN.

Es un sistema de compresión mecánica de R-22 que cuenta con dos compresores alternativos dispuesto en forma paralela, con sistema de enfriamiento de recirculación de agua. La compresión se da en dos etapas y la expansión en una etapa:

La primera etapa de compresión es la de baja presión que se da entre la salida del compresor y la entrada al evaporador y la segunda etapa que es de alta presión que se da entre la salida del evaporador y el condensador donde se necesitan altas presiones para que el refrigerante vuelva a un estado líquido, luego el refrigerante en estado líquido pasa a un tanque de alta presión llamado tanque receptor en forma líquida, este proceso de condensación se da gracias a condensadores de tiro forzado, el refrigerante continua su recorrido hacia los evaporadores donde antes de entrar a estos pasa por una válvula de expansión cambiando su propiedades termodinámicas, ya en el evaporador absorbe calor latente del medio a refrigerar y se convierte en gas.

El suministro de refrigerante a los evaporadores se da por sistema de expansión directa.

A continuación se nombran los subsistemas que componen este sistema:

- Subsistema de compresión
- Subsistema de desescarche
- Subsistema de evaporación
- Subsistema de condensación
- Subsistema de almacenamiento
- Subsistema de control
- Accesorios de la instalación
- Cámaras frigoríficas

3.3.1 Subsistema de compresión. Este subsistema está funciona bajo los mismos parámetros que el sistema de amoniaco, cambia en el modo de acople de los compresores.

- Compresores
- Funcionamiento del compresor
- Sistema de refrigeración con recirculación de agua
- Sistema de separación de aceite
- Sistema de control de los compresores

3.3.1.1 Compresores. Para la compresión mecánica del refrigerante del sistema de freón 22 se utilizan dos compresores SABROE tipo SMC 100, el SMC 6 - 100 y el SMC 4 - 100 la

diferencia de estos es la capacidad y el número de culatas, pero ambos funcionan de la misma manera. Estos están acoplados cada uno mediante poleas con correas trapezoidales con 2 motores eléctricos siemens de 60 Hp (1764 rpm, 330V, 60hz), respectivamente dispuestos en paralelo en una sala de máquinas desde allí se controla todo el sistema de refrigeración de la planta y se distribuye el refrigerante en óptimas condiciones a todas las cámaras frigoríficas.

Figura 44. Compresor alternativo SABROE SMC 6/100 y 4/100 (vista perfil)



Fuente. Pasante

Figura 45. Compresor alternativo SABROE SMC 6/100 y 4/100 (vista frontal)



Fuente. Pasante

3.3.1.2 Sistema de control de los compresores. El sistema de control utilizado para los compresores es una perilla de giro de encendido y apagado.

Figura 46. Mando de encendido / apagado



Fuente. Pasante

3.3.2 Subsistema de evaporación. Este subsistema está compuesto por.

- Evaporadores
- Válvula de expansión.

3.3.2.1 Evaporadores. Los evaporadores son un intercambiador de tubo aleteado, consta de una carcasa exterior que protege un serpentín en frente de él se encuentran unas aletas dispuestas en forma especial para aumentar el área superficial externa del evaporador. El aire dentro de las cámaras a refrigerar se hace circular de manera forzada usando ventiladores ubicados en el evaporador, a continuación se muestra una tabla donde se encuentra la clasificación d los evaporadores.

Figura 47. Evaporadores



Fuente. Pasante

- **Funcionamiento de los evaporadores.** Los evaporadores funcionan con el proceso de expansión directa de líquido, a los evaporadores llega liquido expansionado en la válvula de entrada al evaporador y una pequeña parte en gas, dentro de los evaporadores este líquido se convierte en gas, este proceso de expansión directa de refrigerante se da debido a que el caudal de suministro de refrigerante está limitado por la cantidad que pueda evaporarse en el recorrido por el dispositivo, ya que a la línea de succión del compresor solo debe llegar vapor sobrecalentado.

- **Válvula de expansión termostática.** Es un dispositivo que tiene la capacidad de generar una caída de presión a la entrada del evaporador, se restringe a dos funciones: la de controlar el caudal de refrigerante en estado líquido que ingresa al evaporador y la de sostener un sobrecalentamiento constante a la salida de este.

Figura 48. Válvula termostática



Fuente. Catalogo danfoss

3.3.3 Subsistema de condensación. Este sistema consta de cuatro condensadores de circulación forzada, dos de estos condensadores vienen con 3 pares de ventiladores axiales y dos con 3 ventiladores cada uno, su principal objetivo es la de condensar el freón 22.

Figura 49. Condensadores de tiro forzado



Fuente. Pasante

- **Funcionamiento de los condensadores.** Constan de un serpentín de cobre por cuyo interior circula el freón. Soldados a estos y en sentido perpendicular se disponen unas láminas de aluminio cuya función es elevar la superficie de transferencia de calor por radiación por lo que estos tubos reciben el adjetivo de aleteados, en estos condensadores el aire se hace circular de manera forzada a través de ventiladores que están montados en la parte superior de la estructura del condensador de manera que extraen el aire a través del condensador, mejorando la ventilación en los extremos.

3.3.4 Subsistema de almacenamiento. El subsistema de almacenamiento está compuesto por un tanque receptor hermético de alta presión que recibe el freón en fase líquida, es un tanque receptor tipo vertical.

Figura 50. Tanques de almacenamiento de freón



Fuente. Pasante

- **Líneas de condensador.** Estas líneas son las encargadas de suministrar directamente el freón en fase líquida al tanque.

- **Línea de salida al evaporador.** Esta línea es la encargada de suministrar el freón líquido al evaporador, esta línea posee una válvula de expansión que es donde se estrangula por primera vez el líquido.

3.3.5 Subsistema de control. El control de este sistema viene dado por un tablero análogo y en él se encuentra instalado un controlador full gauge, que es el encargado de manejar automáticamente todo el sistema mediante las necesidades programadas para el evaporador.

Podemos encontrar la perilla de arranque para los compresores 3 y 4, luego de estos se pueden accionar los botones de encendido y paro de las cámaras que funcionan bajo freón.

Figura 51. Tablero de control sistema freón



Fuente. Pasante

Este sistema posee los siguientes controles:

- El sistema análogo controla el inicio y parada del sistema de refrigeración de amoniaco por medio de una perilla de giro de encendido y de parado.

Figura 52. Inicio /parada del sistema



Fuente. Pasante

- Encendido y/o apagado, de las cámaras de refrigeración 1.

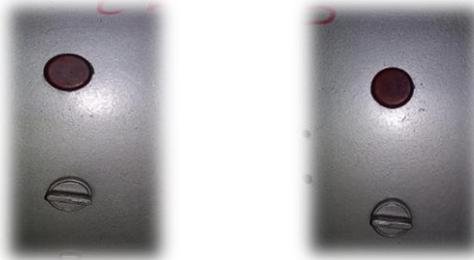
Figura 53. Encendido/apagado de cámara 1



Fuente. Pasante

- Encendido y/o apagado, por medio de perilla de giro las cámaras de refrigeración 4 y 5.

Figura 54. Encendido/apagado de cámara 4 y 5



Fuente. Pasante

- **Control programable.** Este controlador es el responsable de practicamente toda la aoperación del sistema de freon, el controlador es de la marca full gauge MT- 530, controla las tres funciones primordiales de los evaporadores la compresion, puesta en marcha de los ventiladores y el defrost.

Figura 55. Control programable



Fuente. Pasante

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Alimentación directa: 115 ó 230VCA $\pm 10\%$ (50/60Hz)

Temperatura de control: -10 hasta 70.0°C $\pm 1.5^\circ\text{C}$ (con resolución de 0.1°C)

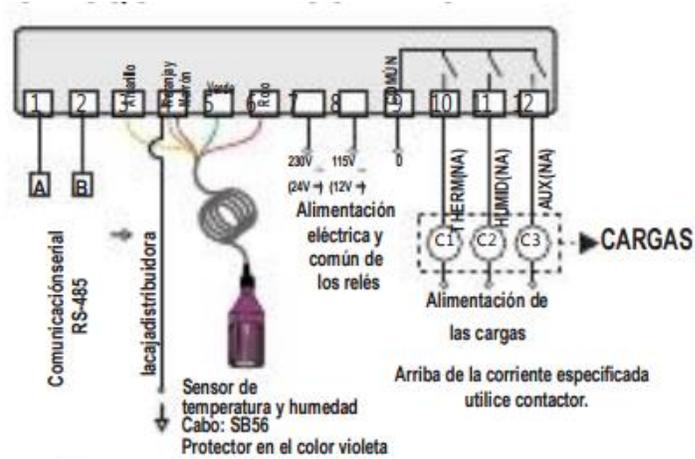
Humidad de control: 10 hasta 85%HR $\pm 5\%$ HR (con resolución de 0.1%HR)

Corriente máxima por salida: 8(3) A/250Vac1/4HP

Temperatura de operación: 0 hasta 50°C

Humidad de operación: 10 hasta 85% HR (no condensante)

Figura 56. Esquema de instalación del controlador.



Fuente. www.viaindustrial.com/manuales_pdf

3.3.6 Accesorios de la instalación. (Ver accesorios de R717) algunos accesorios se diferencian y son los siguientes.

- **Filtros FA.** Con filtro intercambiable se utiliza en líneas para refrigerantes fluorados.

Figura 57. Filtro de freón.



Fuente. Catálogo de válvulas Danfoss

- **Filtros secadores DCR.** Se suministra con núcleos intercambiables para utilizar en líneas de líquido y aspiración en instalaciones con refrigerantes fluorados.

Figura 58. Filtro de freón y núcleo.



Fuente. Catálogo de válvulas

- **Eliminador de vibraciones.** Este dispositivo elimina las vibraciones en las tuberías de las instalaciones.

Figura 59. Eliminador de vibraciones.



Fuente. Catálogo de válvulas Danfoss

3.3.7 Cámaras frigoríficas. Las cámaras de freón tienen las siguientes especificaciones

- **Cámara número 1.** Posee unos rieles y estructura de platinas de acero.

Tabla 9. Especificaciones de la cámara 1

Capacidad en toneladas de refrigeración	25 toneladas
Capacidad en cantidad de canales	100
Refrigerante utilizado para su funcionamiento	R 22
Cantidad de rieles	8
Numero de evaporadores	2
Medidas	Largo 10.70 m Ancho 7.50 m Alto 4.60 m

Fuente. Pasante

- **Cámara número 4.** Posee unos rieles y estructura de platinas de acero.

Tabla 10. Especificaciones de la cámara 4

Capacidad en toneladas de refrigeración	18 toneladas
Capacidad en cantidad de canales	85
Refrigerante utilizado para su funcionamiento	R 22
Cantidad de rieles	8
Numero de evaporadores	2
Medidas	Largo 8.50 m Ancho 7.30 m Alto 3.80 m

Fuente. Pasante

- **Cámara número 5.** Posee unos rieles y estructura de platinas de acero.

Tabla 11. Especificaciones de la cámara 5

Capacidad en toneladas de refrigeración	18 toneladas
Capacidad en cantidad de canales	85
Refrigerante utilizado para su funcionamiento	R 22
Cantidad de rieles	8
Numero de evaporadores	2
Medidas	Largo 8.50 m Ancho 7.30 m Alto 3.80 m

Fuente. Pasante

3.4 EQUIPOS CRITICOS DEL FRIGORIFICO FOGASA

Para la determinación de los equipos que poseen un trabajo constante y continuo en la empresa se realiza un estudio centrado en las hojas de vida, en las vitacoras, en el registro diario de equipos, específicamente en los descritos por los operarios debido a que ellos conocen de forma empírica cuales de estos presentan fallas más comunes.

Ahora bien, luego de revisar detalladamente todos estos parámetros se llega a la conclusión de que en las referencias técnicas se deben seguir algunos parámetros para solucionar estas fallas, algo detectable dentro del estudio fue que la torre de enfriamiento una es fabricada por el personal teniendo en cuenta las dimensiones y características de la torre número dos, se llega a una conclusión de que algunas de sus partes presentaban deterioro debido a los materiales de construcción, el compresor de freón número dos en el sistema de freón es estudiado constantemente por los técnicos para determinar pérdidas de freón del sistema.

A continuacion se presentan los equipos con criticidad en la empresa y se describen los metodos que llevaron a las posibles fallas:

- Torre de enfriamiento numero1.
- Compresor de freon numero 2.

3.4.1 Torre de enfriamiento numero1. El agua usada en las torres, con el tiempo formo impurezas en las tuberias del serpentín llevando con esto a la formacion de una capa protectora que lo recubre actuando como aislante, lo cual redujo la eficiencia de la torre.

Estos problemas se manifestaban por la elevacion de la presion en la torre de enfriamiento medida en el manometro del tanque receptor, y que la temperatura en el manometro era en exceso muy superior a la del agua en la salida de la torre, a pesar de que esta capa protectora del serpentín se prevenia con quimicos como el EXRO 720 y 614 esta capa con el tiempo se torno cada vez mas gruesa, otros metodos para prevenirlo fue la fabricacion de una puerta en la parte superior de la torre para facilitar la limpieza con cepillos de acero a traves de cada tubo.

Nota. Semanalmente se cumple con un estricto plan de prevencion de tratamiento de agua de las torres de enfriamiento que consiste en aplicar 2 litro de EXRO 614 que es un catalizador cationico de particulas y el 8 litros de EXRO 720 que es un desiscruntante, dividido entre las dos torres de enfriamiento.

Figura 60. Torre de enfriamiento uno



Fuente. Pasante

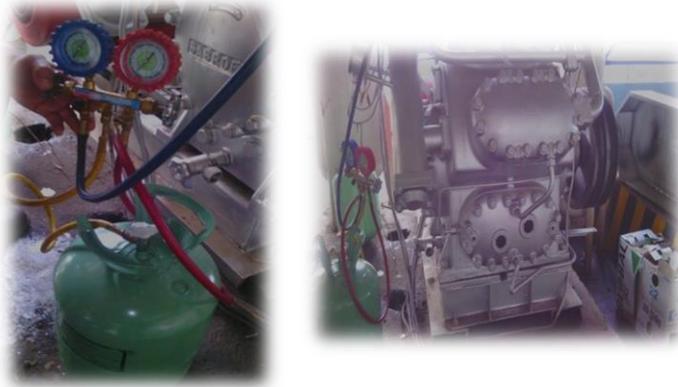
3.4.2 Compresor de freon numero 2. Descarga de freon del sistema, a continuacion se dan los sintomas caracteristicos de una carga insuficiente de freon.

- Los tubos de liquido se calentaban y la presion de aspiracion era demasiado baja
- La presion de condensacion era demasiado baja

- Los evaporadores se desescarchaban antes de lo programado en el controlador
- Prolongacion de la marcha en exceso del compresor

La aparición de estos síntomas de manera simultanea debía inspeccionarse el sistema el para localizar la fugas y cargar mas freon.

Figura 61. Descarga de freón



Fuente. Pasante

3.5 MÉTODOS PARA DETECCIONES DE FUGAS EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

3.5.1 Generalidades de la detección de fuga en los sistemas de refrigeración. Las fugas en un sistema de refrigeración pueden tener serias consecuencias. En un evento de fuga de refrigerante, la capacidad frigorífica del sistema se ve disminuida y, en el peor de los casos, pueden llegar a producirse daños a los componentes. Sin mencionar los daños medioambientales y los costos asociados en los que se puede incurrir debido a estos. Es por eso que la detección de fugas en sistemas de refrigeración adquiere una gran importancia.

Desde la primera aplicación de los sistemas de tuberías con acoples, juntas, siempre ha sido importante la detección de fugas, ya que estas conllevan a pérdidas económicas constantes dentro de una planta, es por esta razón que existen muchos métodos para la detección de las mismas, unos económico y otros no tanto, pero que con el pasar de los años han demostrado ser efectivo y estar vigentes.

Existen varios métodos para localizar fugas en un sistema de refrigeración. La gran mayoría son simples, otros se basan en detectores de tecnología avanzada, lo cual es muy recomendable para realizar buenas prácticas.

A continuación se anuncian los métodos utilizado para la detección de estas fugas:

- Detector electrónico.
- Prueba de agua jabonosa.

- Flama con gas propano.
- Trazador fluorescente.
- Método de Barra de azufre.

3.5.2 Descripción de los métodos de detección de fugas.

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

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

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

En casos donde se tenga un bajo nivel de gas, debido a una fuga recurrente, se puede mezclar el nitrógeno gaseoso con el refrigerante. Se detiene el equipo y se eleva la presión del sistema con el nitrógeno, debiendo llevar al sistema al menos a 60 psi, de ambos lados y a no más de 120 psi. Para poder cargar el nitrógeno al sistema de refrigeración, se debe hacer a través de un regulador de nitrógeno, ya que hacerlo de manera directa, ocasionará daños materiales y hasta puede ser mortal. En esta condición se comienza a buscar la fuga, de acuerdo con el procedimiento anterior.

Cuando se hayan terminado de eliminar las fugas de gas, entonces se debe presurizar nuevamente el sistema con nitrógeno, y esperar 24 horas para poder determinar si quedó eliminada la fuga, antes de proceder a hacer el vacío al sistema. Después de la prueba, el gas refrigerante mezclado con nitrógeno deberá de ser venteado del sistema. Este gas no se debe recuperar con la recuperadora. Está permitido liberar el gas refrigerante revuelto con el nitrógeno. Este procedimiento es válido cuando el gas sea el R-22.

Después se ejecuta el proceso de vacío del sistema, llevando al equipo a los siguientes niveles:

- 500 micrones, si se trabaja con aceite mineral o aceite alquilbenceno.
- 250 micrones, si se trabaja con aceite poliéster.

Cuando se llegue al vacío respectivo se debe esperar con el sistema cerrado a que el manómetro de vacío mantenga la lectura, al menos 15 minutos. Si el vacío se empieza a

perder, se tiene fuga del sistema o humedad en el mismo, se tendrá que continuar haciendo vacío o volver a presurizar el sistema hasta que funcione adecuadamente. Los detectores mencionados antes son muy efectivos para localizar pequeñas fugas de gas, pero pueden ser poco efectivos en la localización de fugas en sistemas largos.

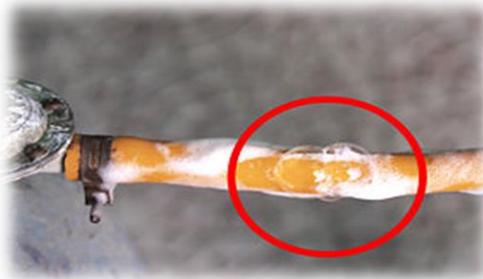
Figura 62. Detector electrónico



Fuente. Pasante

3.5.2.2 Prueba de agua jabonosa. Este método es muy económico para localizar grandes fugas de gas. Sólo se necesita colocar un poco de agua jabonosa donde exista sospecha de fuga. Si se forman burbujas de jabón se estará indicando que existe alguna fuga.

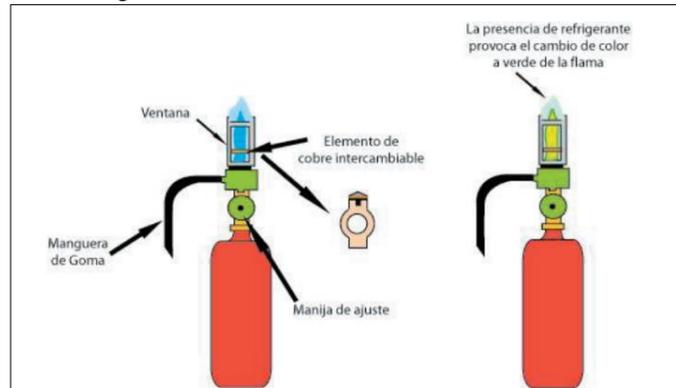
Figura 63. Detección por jabón



Fuente. profedaza.wordpress.com

3.5.2.3 Flama con gas propano. Con este método la flama cambiará de color cuando detecte la presencia de gas refrigerante. Al igual que con el detector electrónico, la presencia de aceite, grasa o agua en el sistema puede ocasionar el cambio de color de la flama y enviar falsas alarmas o lecturas de detección de gas.

Figura 64. Detección con gas



Fuente. profedaza.wordpress.com

3.5.2.4 Trazador fluorescente. Este método se basa en la utilización de un medio contrastante o trazador el cual se inyecta en el sistema y mediante una lámpara de luz azul o negra se apunta a la mirilla del cárter para determinar si se tiene suficiente trazador. Cuando la mirilla cambia de tonalidad a un color fluorescente, entonces se comienza a hacer el recorrido por todo el sistema hasta localizar la fuga.

Generalmente se deben esperar cuatro horas para darle tiempo al trazador de que penetre en la o las fugas y se puedan localizar con éxito.

Actualmente existen gases refrigerantes que ya vienen precargados con el trazador, así que solamente se tendría que cargar el sistema con éstos y más tarde revisar el sistema.

Tales versiones están liberadas y aprobadas para usarse en sistemas de aire acondicionado automotriz y sistemas de refrigeración o media temperatura que utilizan R-134a.

Figura 65. Detección de luz UV



Fuente. www.saetanet.com

3.5.2.5 Método de Barra de azufre. Toma el extremo de una barra de azufre frente a la mecha. Enciende el otro extremo de la barra de azufre con un encendedor o una cerilla.

Pasea por el sistema de refrigeración lentamente y observa la barra de azufre. Pásala por encima y alrededor del área donde sospeches que está la fuga de amoníaco. Si comienza a emitir humo blanco, esto indica la presencia de este químico.

Figura 66. Barras de azufre



Fuente. Pasante

Objetivo específico 2. Determinar fugas presentes en los sistemas de refrigeración.

Para el cumplimiento de este objetivo se emplearon dos de los métodos anteriormente descritos con ayuda y supervisión del personal técnico que labora en la parte de mantenimiento en la planta.

Para determinar las fugas en el sistema de amoníaco se utilizó el método de las barras de azufre por los puntos donde se presentaba un rastro de olor a amoníaco y por donde se inspecciono visualmente y que se creía que podría haber fugas.

3.6 PROCESOS DE DETECCIÓN DE FUGAS EN EL FRIGORÍFICO

Estos procesos se realizan aplicando métodos de carácter internacional utilizados para la detección de fugas en sistemas de refrigeración y cuidados relativos a los refrigerantes y al medio ambiente.

3.6.1 Generalidades sobre la emisión de fugas de amoníaco. Anteriormente, algunas emisiones accidentales de amoníaco han ocurrido en instalaciones de refrigeración. Las emisiones pueden ser causadas por varias situaciones, incluyendo dificultades en la planta que conllevan a condiciones de alta presión y el levantamiento de las válvulas de escape; fugas de los sellos del eje rotatorio y de los vástagos de las válvulas; fallas en las tuberías de los refrigerantes debido a la pérdida de la integridad mecánica por corrosión; daño físico de los componentes del sistema por colisiones del equipo; y fallas en las mangueras que ocurren durante el abastecimiento del amoníaco.

El Nivel de Exposición Permisible de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA), es 50 partes por millón (ppm), 8 horas de tiempo promedio ponderado. Los efectos de la inhalación del amoníaco varían desde la irritación hasta severas lesiones respiratorias, con posibles fatalidades si existe una concentración mayor. El Instituto Nacional de la Seguridad Ocupacional y la Salud (NIOSH) han establecido un índice Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud (IDLH) de 300 ppm para efectos de la selección de respiradores. El amoníaco es corrosivo y la exposición a éste resultará en quemaduras de tipo químicas. Debido a que el amoníaco es extremadamente higroscópico, éste se dirige hacia áreas húmedas del cuerpo, como ojos, nariz, garganta, y zonas húmedas de la piel. La exposición al amoníaco líquido resultará en congelación, ya que su temperatura bajo presión atmosférica es de $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$.¹⁹

3.6.2 Descripción del proceso. La búsqueda de detección de fugas se da aplicando lineamiento internacionales de la EPA método 21 para la detección de fugas donde describe el método aplica para la determinación de fugas de compuestos orgánicos volátiles (VOC) para equipos de proceso. Estas fuentes incluyen Pero no están limitadas a válvulas, bridas y otras conexiones, bombas y compresores, dispositivos de alivio de presión, procesos de drenaje, finales de línea, sellos de compresores y bombas, sistemas de venteo, recipientes acumuladores, y sellos de agitadores.²⁰

de acuerdo a estos lineamiento se desarrollo el proceso de las detcciones de fugas, pero cabe resaltar que fue un material de guia mas no de aplicabilidad al proceso.

- **Metodo de inspeccion visual y barras de azufre.** Al hacer una inspeccion visual general y detallada del sistema se pueden observar que hay partes de estos que se encuentran en un estado de detrioro considerable, ademas de presentarse rastros de olor a amoníaco dentro de la sala de maquina, es por esta razon que se decide realizar un estudio exhaustivo de estas partes, el metodo empleado es el de las barras de azufre, estas se encienden con una mechera por cualquier extremo, y se hacen circular alrededor de los puntos que presentaban deterioro. (ver anexo A)

3.6.3 Generalidades sobre la emisión de fugas de freón. El freón 22 es una sustancia HCFC este tipo de sustancias tienen la capacidad de ser las principales causantes del agotamiento de la capa de ozono, la EPA regula en la sección 608 de la ley de aire limpio decreta las sustancias que dañan la capa de ozono estratosférico. La EPA deberá promulgar reglamentos que establezcan normativas y requerimientos con respecto al uso y eliminación de las sustancias más peligrosas para la capa estratosférica de ozono. Estas medidas puede incluiré requerimientos de utilizar sustancias alternativas y/o promover el uso de alternativas más seguras.

¹⁹ <http://media.msanet.com/na/mexico/boletines/peligrossobrelaliberaciondeamoníaco.pdf>

²⁰ <http://www3.epa.gov/ttnemc01/promgate/m-21.pdf>

De acuerdo a estos reglamentos internacionales se realizan la búsqueda de fugas al medio ambiente y para cumplir con los lineamientos del plan HACCP que habla sobre los puntos críticos.

- **Metodo de agua jabonosa.** Este proceso de agua jabonosa se usa en los sistemas de freon en los compresores, tuberías y evaporadores, para este proceso se utiliza un recipiente de 15 litros y en el se disuelven 250 gramos de jabon en polvo, luego se realiza agitacion de esta mezcla hasta que una espuma abundante aparezca, esta espuma se aplica directamente sobre las partes a inspeccionar y en las fugas detectadas se presentan burbujas que explotaban. (ver anexo A)

Objetivo específico 3. Establecer instructivos para los equipos de refrigeración del frigorífico.

3.7 INSTRUCTIVO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACION.

Estos metodos se realizaron con ayuda del personal tecnico, debido a sus experiencias dentro de la planta, su aplicabilidad se usara como guia para futuras capacitaciones de personal nuevo en mantenimiento.

3.7.1 Instructivo 1

- **Funcionamiento de la instalación.** Para el inicio y manejo de la instalación deben seguirse el siguiente instructivo.

- Vigilar los controles y tableros en la sala de máquinas.
- Vigilar las presiones en los manómetros de compresores, bombas de amoniaco y tanque receptor.
- Vigilar la temperatura de los termómetros en las cámaras de refrigeración.
- Engrasar los motores eléctricos.
- Revisar la tensión en las correas trapezoidales.
- Desescarchar los evaporadores del sistema de amoniaco.
- Limpiar los condensadores con los métodos empleados.
- Limpiar los filtros de rack de válvulas a la entrada de los evaporadores.
- Limpiar los filtros del compresor.
- Purgar el sistema de amoniaco de aceite y recolectar debidamente estos residuos.
- Hacer purga de gases no condensables.

Este es un instructivo general que debe seguirse para el buen funcionamiento de la instalación frigorífica.

3.7.2 Instructivo 2

- **Inicio de la instalacion.** Para el inicio del sistema de amoniaco del frigorifico se sigue el siguiente instructivo.

- Verificar la cantidad de aceite del compresor por medio de las mirillas.
- Encender el condensador por medio del control.
- Abrir la vàlvula de impulsión del compresor.
- Poner en marcha el compresor por medio del control.
- Abrir la vàlvula de aspiración lentamente, para evitar que el compresor aspire amoniaco liquido.
- Abrir la vàlvula liquida que va hacia el condensador.
- Ajustar el regulador de capacidad de culatas para (SMC 10 – 100) con un tiempo de regulaciòn de dos (2) minutos.
- Revisar la presiòn de aceite y que el tubo de retorno del separador al càrter se vaya calentando.
- Vigilar este proceso por lo menos 20 minutos.

3.7.3 Instructivo 3

- **Mantenimiento de condensadores.** Los condensadores deberan inspeccionarse detalladamente y realizarse mantenimientos preventivos para su adecuado funcionamiento.

- Apagar el condensador
- Abrir la puerta lateral de las torres.
- Utilizar un cepillo de fibras de acero.
- Utilizar una hidrolavadora luego de usar el cepillo.
- Realizar las inspecciones de deteccion de fugas necesarias.
- Relizar una inspeccion visual de todos los componentes del condensador.

3.7.4 Instructivo 4

- **Mantenimiento de vàlvulas o mantenimiento de accesorios.** Los accesorios de la instalaciòn son muy importantes y se deben vigilar constantemente en el RACK vàlvulas.

- Probar el voltaje de linea de las vàlvulas solenoides.
- Limpiar el filtro que se encuentra entre las dos (2) vàlvulas de regulaciòn cerrandolas y extrayendo el filtro.
- Regular las vàlvulas de expansiòn.

4. DIAGNÓSTICO FINAL

Dentro de la dependencia de mantenimiento del Frigorifico Fogasa S.A.S se propusieron aplicar instructivos en procura de mejorar las condiciones de los equipos y que ayudaran a la conservacion, manejo y cuidado de los mismos, todos estas actividades se implementaron para un aportes que implemente al mejoramiento continuo de la empresa.

Todo el aporte que se brindò a la empresa, fue con el fin de documentar y con esto permitir que el nuevo personal tenga un apoyo y mejor comprension del funcionamiento de los sistemas de refrigeracionde la empresa.

Para finalizar la empresa, especificamente el departamento de mantenimiento quedara encargada de velar por estas buenas practicas como hasta el presente, y poder capacitar a sus nuevos empleados.

5. CONCLUSIONES

Después de finalizar los estudios pertenecientes y el cumplimiento de los objetivos se logra tener un concepto claro del funcionamiento de la empresa con énfasis en los sistemas de refrigeración.

Para cumplir con los más altos estándares nacionales referentes a la protección del medio ambiente y de las personas que laboran con sustancias peligrosas, se llevó a cabo la búsqueda de fugas en los sistemas de refrigeración, para determinar que estos cumplieran con los estrictos lineamientos establecidos por el estado.

Con la implementación de instructivos se consiguió contribuir al ciclo de mejoramiento continuo bajo el que se rige la empresa, ya que este estudio no busca solo documentar si no también complementar cada vez más este ciclo.

6. RECOMENDACIONES

Aplicar y restablecer nuevas tecnologías que conlleven al aprovechamiento de energías alternativas, ya que la empresa posee muchas de estas, además de cuenta con un personal técnico excelente capaz de realizar con los nuevos desafíos que se presenten.

Es indispensable buscar alternativas para reemplazar los sistemas de freón, ya que estos sistemas están destinados a quedar obsoletos debido a la adopción de normas internacionales por parte del país que se encuentra en vía desarrollo, además de ser beneficiosos para la empresa en el aspecto económico.

Realizar una actualización y restaurar los nombres de los controles en los tableros principales de amoniaco y de freón (botones, swichs, perillas, luces, etc.) con el fin de darle un mejor aspecto a los tableros.

Pintar y retocar los componentes de mayor deterioro de los sistemas de refrigeración.

Actualizar los planos de refrigeración de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

Thomas THS. Instrucciones para la puesta en marcha y manejo de los compresores “Sabroe”. Libro de referencia. SABROE & CIA S.A

REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS

<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Refrigeración>

<http://www.cofrico.com/newswp/blog/clasificacion-de-los-sistemas-de-refrigeracion/>

<http://www.gildardoyanez.com/tips/gases-no-condensables/>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>

<http://www.refriwex.260mb.com/refriwex/?q=node/78&ckattempt=1>

http://www.viaindustrial.com/manuales_pdf/controles-de-humedad-temperatura-con-y-salida-a-pc-mt-530-super-full-gauge-manual-esp%C3%B1ol.pdf

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6082/2/144430.pdf>

https://www.testo.com.ar/es/home/productos/deteccion_de_fugas_e_inspeccion_optica/deteccion_de_fugas.jsp

<https://profedaza.wordpress.com/refrigerantes/fugas-de-refrigerantes/>

<http://media.msanet.com/na/mexico/boletines/peligrossobrelaliberaciondeamoniac.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Determinación de fugas

Al determinar las fugas en los sistemas se plantean las posibles que den fin a estos problemas ya que cabe resaltar que el estudio realizado fue con el fin de determinar las fugas de amoniaco y freón de los sistemas, más no para eliminarlas, las estrategias de eliminación y su implementación quedaron a cargo del personal técnico de la empresa, y ellos velaran y valoraran los métodos adecuados para sus respectivas soluciones.



La oxidación entre la tapa inferior y el bloque de la bomba, y entre los tornillos de ajuste de los mismos elementos.



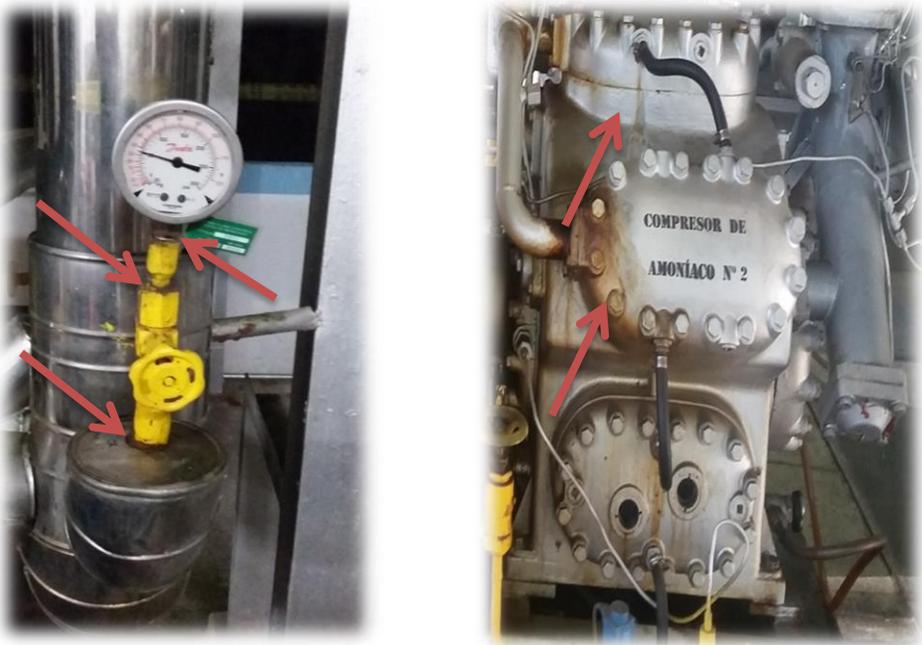
En las uniones permanentes o soldaduras del tanque separador de aceite se puede apreciar tambien la presencia de corrosion debido a la exposicion de amoniaco.



En los acoples entre el separador de aceite del compresor y la linea de impulsion en las valvulas valvulas de regulacion manual.



En la linea de succion a la entrada del compresor, en la válvula de regulación de succión.



En las uniones rosacadas y compresor, en el compresor numero dos que es donde se presenta el mayor deterioro de sus partes.

