



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“REPOTENCIACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE REFRIGERACIÓN PARA EL CUARTO FRÍO DE LA PLANTA DE CÁRNICOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS DE LA ESPOCH”

**MÉNDEZ ARROBAS ÁNGEL EDUARDO
RODRÍGUEZ DURÁN CARLA SOFÍA**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-12-23

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**MÉNDEZ ARROBAS ÁNGEL EDUARDO
RODRÍGUEZ DURÁN CARLA SOFÍA**

Titulada:

**“REPOTENCIACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DEL EQUIPO DE REFRIGERACIÓN PARA EL CUARTO
FRÍO DE LA PLANTA DE CÁRNICOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
PECUARIAS DE LA ESPOCH”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Fernando González P.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Fiallos V.
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MÉNDEZ ARROBAS ÁNGEL EDUARDO

TÍTULO DE LA TESIS: “REPOTENCIACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE REFRIGERACIÓN PARA EL CUARTO FRÍO DE LA PLANTA DE CÁRNICOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2015-07-20

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Fernando González P. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Fiallos V. ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: RODRÍGUEZ DURÁN CARLA SOFÍA

TÍTULO DE LA TESIS: “REPOTENCIACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE REFRIGERACIÓN PARA EL CUARTO FRÍO DE LA PLANTA DE CÁRNICOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2015-07-20

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Fernando González P. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Fiallos V. ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Carla Sofía Rodríguez Durán

Ángel Eduardo Méndez Arrobas

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado tantas bendiciones en el transcurso de la vida y por haberme permitido culminar una etapa más en mi vida.

A mis padres Norma y Teófilo por su apoyo incondicional, su infinito amor y paciencia durante todo este tiempo, por sus valores, por su motivación constante que me han permitido ser una persona de bien. De la misma manera un agradecimiento especial a mis hermanas Marcela y María Eugenia a mis tíos Víctor, Sonia y Deifilia que siempre me han motivado a ser cada día mejor y a superar todos los obstáculos, que no todo es fácil pero no imposible de alcanzar.

A mi esposo Miguel Ángel por comprenderme y apoyarme todo este tiempo, gracias por estar siempre a mi lado.

Carla Sofía Rodríguez Durán

Este trabajo de tesis de grado se la dedico a Dios por darme la vida por cuidarme hasta esta etapa de mi vida, por estar siempre a mi lado y no desampararme en momentos difíciles.

A mis padres que han sido el apoyo fundamental en todo este proceso, por sus enseñanzas, por cultivar en mí valores éticos y morales los cuales me han encaminado a ser un hombre de bien.

Y a mi esposa e hija que están presentes en mi corazón y que no han dudado en ningún momento en apoyarme, quiero decirles gracias y que sepan que la perseverancia es fundamental en la conquista de los sueños.

Ángel Eduardo Méndez Arrobas

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos guiado y acompañado a lo largo de nuestra carrera, por darnos la fortaleza y el valor necesario para continuar sin desmayar.

A nuestros padres por ser el pilar fundamental en nuestra formación personal, por su dedicación, atención, apoyo pero sobre todo por su amor incondicional durante esta etapa estudiantil.

A nuestros hermanos por ser parte importante en nuestras vidas.

A la ESPOCH, Facultad de Mecánica y Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, instituciones que nos aceptaron y nos abrieron las puertas para capacitarnos y brindarnos conocimientos para desempeñarnos de la manera más oportuna en el ambiente profesional

A los docentes quienes con sus conocimientos y consejos nos guiaron hasta alcanzar nuestra meta final, en especial al Ing. Fernando González P. y al Ing. Pablo Fiallos por su dirección y asesoría para lograr culminar con éxito esta tesis.

A todos los amigos que han formado parte de nuestra vida en el transcurso de esta gran etapa y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con triunfo este trabajo.

Carla Sofía Rodríguez Durán

Ángel Eduardo Méndez Arrobas

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Descripciones generales.....	4
2.2 Definiciones	4
2.3 Sistemas de refrigeración.....	5
2.3.2 <i>Sistemas de refrigeración conforme alimentación de refrigerante.</i>	6
2.4 Refrigeración por compresión	7
2.5 Cámara de refrigeración	7
2.5.1 <i>Principio de funcionamiento.</i>	7
2.6 Elementos de un sistema de refrigeración	8
2.6.1 <i>Unidades condensadoras.</i>	8
2.6.2 <i>Componentes y accesorios del sistema de refrigeración.</i>	8
2.7 Sistema eléctrico	17
2.7.1 <i>Circuitos de maniobra.</i>	17
2.7.2 <i>Circuito de potencia.</i>	18
2.7.3 <i>Mantenimiento.</i>	18
2.7.4 <i>Importancia del plan de mantenimiento.</i>	19
3. ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
3.1 Elaboración del formato del estado técnico de situación inicial.....	21
3.1.1 <i>Encabezado</i>	22
3.1.2 <i>Datos generales</i>	22
3.1.3 <i>Datos de placa</i>	22
3.1.4 <i>Evaluación externa del activo</i>	22
3.1.5 <i>Análisis cualitativo y cuantitativo.</i>	22
3.1.6 <i>Tablas de ponderaciones.</i>	22
3.1.7 <i>Observaciones y conclusiones</i>	23
3.2 Segunda parte del formato: “Planes de Acción”	23
3.2.1 <i>Encabezado</i>	23
3.2.2 <i>Ítem y fecha</i>	23
3.2.3 <i>Foto y Descripción del Problema</i>	24
3.2.4 <i>Acción tomada</i>	24
3.2.5 <i>Responsables y fecha de cierre</i>	24
3.3 Análisis del estado del compresor.	24
3.3.1 <i>Estado de carcasa</i>	24
3.3.2 <i>Estado de tapas posteriores</i>	24
3.3.3 <i>Estado de tuberías de succión / descarga</i>	25
3.3.4 <i>Estado de cañería de baja y alta presión</i>	25

3.3.5	<i>Estado de válvula de alta y baja presión</i>	25
3.3.6	<i>Estado de cableado eléctrico</i>	25
3.3.7	<i>Estado de anclaje</i>	25
3.3.8	<i>Estado de pistones</i>	25
3.3.9	<i>Estado de válvulas de admisión/escape</i>	25
3.3.1	<i>Estado de empaques</i>	25
3.3.2	<i>Estado de rotor</i>	25
3.3.3	<i>Estado de estator</i>	25
3.4	<i>Análisis del estado del condensador</i>	27
3.4.1	<i>Estado de carcasa</i>	27
3.4.2	<i>Estado de tubería de succión y descarga</i>	27
3.4.3	<i>Estado de anclaje</i>	28
3.4.4	<i>Estado de serpentín</i>	28
3.4.5	<i>Estado de los motores ventiladores</i>	28
3.4.6	<i>Estado de bases del motor ventilador</i>	28
3.4.7	<i>Estado de cableado eléctrico</i>	28
3.4.8	<i>Estado de capacitores</i>	28
3.5	<i>Análisis del estado del evaporador</i>	30
3.5.1	<i>Estado de la carcasa</i>	30
3.5.2	<i>Estado de la tubería de succión y descarga</i>	30
3.5.3	<i>Estado de anclaje</i>	30
3.5.4	<i>Estado de serpentín</i>	30
3.5.5	<i>Estado de moto-ventiladores</i>	30
3.5.6	<i>Estado de cableado eléctrico</i>	30
3.5.7	<i>Bandeja de drenaje</i>	30
3.6	<i>Análisis del estado de elementos auxiliares</i>	32
3.6.1	<i>Tanque recibidor</i>	33
3.6.2	<i>Separador de aceite</i>	33
3.6.3	<i>Filtro deshidratador de líquido</i>	33
3.6.4	<i>Termostato</i>	33
3.6.5	<i>Cristal mirilla</i>	33
3.6.6	<i>Válvula de termo expansión</i>	33
3.7	<i>Análisis del estado del sistema eléctrico</i>	34

4. MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA

4.1	<i>Mantenimiento del compresor</i>	36
4.1.1	<i>Inspección interna del compresor</i>	36
4.1.2	<i>Verificar la continuidad de las bobinas</i>	¡Error! Marcador no definido.
4.1.3	<i>Cambio de empaques</i>	37
4.1.4	<i>Cambio de aceite</i>	37
4.1.5	<i>Lijado y pintado</i>	38
4.2	<i>Mantenimiento de condensador</i>	38
4.2.1	<i>Mantenimiento de serpentines y aletas</i>	39
4.2.2	<i>Mantenimiento de ventiladores</i>	39
4.3	<i>Mantenimiento de evaporadores</i>	40
4.4	<i>Mantenimiento de elementos auxiliares</i>	40
4.4.1	<i>Cambio de filtro deshidratador</i>	41
4.4.2	<i>Mantenimiento de válvula de termo expansión</i>	41
4.5	<i>Mantenimiento del sistema eléctrico</i>	41
4.5.1	<i>Implementación del sistema eléctrico</i>	41

4.5.2	<i>Sistema de control</i>	42
4.5.3	<i>Diseño del circuito de potencia</i>	42
4.5.4	<i>Diseño del circuito de mando</i>	42
4.6	Cálculo de la sección de conductores para el compresor.....	44
4.7	Cálculo de la sección de conductores para moto ventiladores.....	46
4.8	Cálculo del disyuntor.....	47
4.9	Protector de voltaje o delay.....	48
4.9.1	<i>Especificaciones</i>	48
4.10	<i>Selección del gabinete metálico</i>	49
4.10.1	<i>Armado del tablero de control y distribución</i>	49
4.10.2	<i>Colocación del tablero</i>	50
4.10.3	<i>Materiales</i>	50
4.10.4	<i>Herramientas</i>	50
4.11	Selección y programación del controlador digital.....	50
4.11.1	<i>Configuraciones</i>	51
4.12	Instalación eléctrica.....	52
4.13	Preparación para la puesta en marcha.....	52
4.13.1	<i>Procedimiento de barrido</i>	53
4.13.2	<i>Procedimiento para detección de fugas</i>	54
4.13.3	<i>Carga de aceite al compresor</i>	56
4.13.4	<i>Carga del sistema con refrigerante</i>	58
4.13.5	<i>Arranque de la unidad condensadora</i>	60
4.14	Operación del equipo.....	60
4.15	Revisión final para el arranque.....	60
4.16	Funcionamiento del sistema de refrigeración.....	61
4.17	Análisis de Criticidad.....	62
4.17.1	<i>Criterios de decisión en forma de objetivos jerárquicos</i>	65
4.17.2	<i>Pesos de las alternativas a ser jerarquizadas</i>	65
4.17.3	<i>Jerarquización por nivel de importancia y por cada criterio</i>	68
4.17.4	<i>Congruencia de los juicios</i>	68
4.17.5	<i>Jerarquización final de los equipos del sistema de refrigeración</i>	68
4.18	Análisis de resultados.....	70
4.19	Evaluación del funcionamiento de la cámara de refrigeración.....	71
5.	PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	
5.1	Inventario de equipos.....	74
5.2	Ubicación técnica.....	75
5.3	Modelo del plan de mantenimiento preventivo para los equipos.....	76
5.3.1	<i>Compresor y accesorios</i>	77
5.3.2	<i>Condensador</i>	80
5.3.3	<i>Evaporadores</i>	83
5.3.4	<i>Tablero de control</i>	86
5.4	Programación del Mantenimiento.....	88
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	91
6.2	Recomendaciones.....	92

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Tabla de ponderación cuantitativa 22
2	Tabla de ponderación cualitativa 23
3	Estado técnico del compresor 26
4	Plan de acción del compresor 27
5	Estado técnico del condensador 29
6	Plan de acción del condensador 29
7	Estado técnico del evaporador 31
8	Plan de acción del evaporador 31
9	Estado Estado técnico de los elementos auxiliares 32
10	Plan de acción de los elementos auxiliares 33
11	Estado técnico del sistema eléctrico 34
12	Plan de acción del sistema eléctrico 35
13	Parámetros de configuración protegidos por el código de acceso 51
14	Jerarquización cualitativa 64
15	Escala que permite definir el criterio de frecuencia de fallos (FF) 66
16	Escala que permite definir el criterio de detección de fallos (DF) 66
17	Escala que permite definir el criterio de severidad de fallos (SF) 67
18	Escala que permite definir el criterio de costes de fallos (CF) 67
19	Evaluación de los sistemas para cada uno de los criterios seleccionados 68
20	Estimación de IR y jerarquización de los criterios evaluados 69
21	Jerarquización final 69
22	Ranking final 69
23	Análisis de resultados del compresor 70
24	Análisis de resultados del condensador 70
25	Análisis de resultados del evaporador 70
26	Análisis de resultados del sistema eléctrico 71
27	Análisis de resultados de los elementos auxiliares 71
28	Evaluación del sistema de refrigeración 72
29	Lista de equipos de la cámara de enfriamiento 74
30	Lista de equipos de la cámara de enfriamiento 75
31	Programación del mantenimiento compresor. 88
32	Programación del mantenimiento condensador. 88
33	Programación del mantenimiento en los evaporadores. 889
34	Programación del mantenimiento tablero de control. 89
35	Programación del mantenimiento de cámara de enfriamiento. 90

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Planta frigorífica 6
2	Sistema de expansión seca 6
3	Componentes del sistema de refrigeración 9
4	Compresores semi-herméticos 10
5	Paso del refrigerante por el evaporador 12
6	Ubicación del separador de aceite en el sistema de refrigeración. 12
7	Tanque receptor de líquido refrigerante. 13
8	Ubicación de indicador de líquido y humedad 14
9	Filtro deshidratador 14
10	Válvula solenoide 15
11	Válvula de expansión. 15
12	Válvula de paso 16
13	Válvulas de servicio del compresor 16
14	Válvula de alivio 17
15	Formato de estado técnico. 21
16	Planes de acción. 23
17	Inspección interna del compresor 36
18	Cambio de empaques 37
19	Cambio aceite. 38
20	Lijado y pintado de compresor 38
21	Mantenimiento condensador 39
22	Aletas del condensador 39
23	Ventiladores del condensador 40
24	Evaporadores 40
25	Filtro deshidratador 41
26	Válvula de termo expansión 41
27	Circuito de potencia de sistema de refrigeración 43
28	Circuito de mando de sistema de refrigeración 44
29	Delay 49
30	Armado del tablero de control y distribución. 49
31	Controlador e indicador de temperatura 51
32	Instalación eléctrica 52
33	Esquema del procedimiento de vacío 54
34	Procedimiento de vacío. 55
35	Aceite mineral para compresor 56
36	Visor de nivel de aceite del compresor 57
37	Carga de refrigerante. 58
38	Presión de refrigerantes 59
39	Modelo del proceso de gestión del mantenimiento (MGM) 63
40	Modelo AHP diseñado para jerarquizar el sistema de refrigeración 64
41	Distribución de la planta 75

LISTA DE ABREVIACIONES

ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
SI	Sistema Internacional
HP	Horse Power
N.C.	Normalmente cerrada
COVENIN	Comisión Venezolana Industrial

LISTA DE ANEXOS

- A** Selección del calibre de conductores
- B** Especificaciones técnicas del tablero eléctrico
- C** Manual de uso del controlador digital
- D** Manual de operación del cuanto de enfriamiento

RESUMEN

Se realizó la repotenciación de la cámara de enfriamiento y la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo, del equipo de refrigeración para el cuarto frío de la planta de cárnicos de la facultad de ciencias pecuarias de la ESPOCH, con la finalidad de aportar en la realización de prácticas investigativas y elaboración de nuevos productos, mejorando la calidad de aprendizaje de la colectividad que se educa en esta facultad.

La investigación realizada se contempló en las aplicaciones de la eficiencia energética, al diseñar un nuevo circuito eléctrico, con menor número de componentes, facilitando la manipulación y minimizando el tiempo del operador para poner en funcionamiento la cámara de refrigeración.

Se determinó el estado de situación inicial y el plan de acción correspondiente de cada uno de los activos, este análisis se plasmó utilizando la norma UNE-EN 60300-3-11:2013.

Obtenido el éxito total en el funcionamiento de nuestro activo, se realiza un análisis de criticidad, determinando al compresor como nuestro activo más crítico, al cual se le destinará nuestros mejores recursos (humanos, económicos y tecnológicos). También se realizó el plan de mantenimiento preventivo con el fin de prever y anticiparse a los fallos de nuestro activo en funcionamiento.

Concluido el plan de mantenimiento, se realiza una evaluación del funcionamiento de todo el sistema, utilizando la norma COVENIN 2500-93, la misma que de una forma cuantitativa nos permite obtener una referencia de la condición de funcionamiento de nuestro activo, obteniendo como resultado 100% y de forma cualitativa nuestro sistema se encuentra en excelentes condiciones.

ABSTRACT

The repowering of cooling Chamber and the elaboration of a plan of preventive maintenance of refrigeration equipment for the cold room of the plant's meat from the Faculty of livestock Sciences of the ESPOCH, with aims to bring in investigate practices and developing new products, improving the quality of learning for the community that is educated in this school were performed.

The investigation contemplated in applications of energy efficiency, to design a new circuit, with fewer components, facilitating and reducing the operator to operate the refrigeration Chamber.

It was determined the status of initial situation and the plan of action of each of the assets, this analysis was expressed using the standard UNE- EN- 60300-3-11_2013.

Achieving total success in the functioning of our asset is an analysis of criticality, determining the compressor as our most critical asset; which will be our best resources (human, economic and technological). There was also the preventive maintenance plan in order to foresee and anticipate our active operating failures.

To sum up the maintenance plan, an assessment of the functioning of the entire system is made using standard COVENIN 2500-93, the same which allows us to obtain a reference of the operating condition of our asset in a quantitative way, resulting in 100%, and in a qualitative way our system is in excellent condition.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad cualquier empresa que desee enfrentar los cambios actuales del mundo industrial debe estar preparada para asimilar los cambios que le imponen al desarrollo, pero lo importante y que define es contar con personal calificado capaz de enfrentar estos retos y llevar a la empresa al éxito.

El mantenimiento no está ajeno a estos cambios, su eficiencia radica en: qué mantenimiento debo aplicar, cómo debo aplicarlo y cuando debo aplicarlo.

No basta con conocer y ser oportunos se trata de tener bien estructurado un sistema que funcione organizadamente y que responda a los intereses de la empresa para que su efectividad genere los beneficios deseados por lo tanto el mantenimiento es un eslabón principal en el éxito de la institución.

El mantenimiento entraña acciones, pero acciones que deben ser planificadas con la independencia de la urgencia de estas.

La aparición de fallos y averías en los componentes de una instalación industrial trae consigo la disminución de beneficios del proceso productivo. Aquellas averías imprevistas en los procesos provocan disminución de ingresos, originando incremento de costos de producción.

La planta de Cárnicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias empezó a funcionar en mayo de 1972, desde esa fecha ha cumplido con las funciones para las cuales fueron designadas, pero debido al paso de los años y el avance de la tecnología los equipos existentes para el sistema de refrigeración ha detenido su funcionamiento, ya sea por mala aplicación de técnicas de mantenimiento o por una administración ineficiente de los directivos de la planta en años pasados, han obligado a considerar como bodegas los cuartos fríos, olvidándose de esta manera del uso de los equipos y por ende llegando a

su obsolescencia, dejando a un lado la importancia de estos cuartos en el proceso productivo de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

1.2 Justificación

Los equipos de refrigeración constituyen una parte fundamental para el almacenamiento y conservación de los productos fabricados, aportando gran parte a la realización de prácticas investigativas para la elaboración de nuevos productos y mejorar la calidad de aprendizaje de la colectividad que se educa en la facultad de ciencias pecuarias de la ESPOCH, formando estudiantes prácticos con conocimiento en la industria Pecuaria por lo que el eventual cierre de ésta no ha permitido que los estudiantes obtengan los conocimientos necesarios para defenderse en la industria, limitando la vinculación con la colectividad.

Por tal motivo se ve en la imperiosa necesidad de realizar la repotenciación de la cámara de enfriamiento y a su vez elaborar un plan de Mantenimiento Preventivo para lograr optimizar recursos y mejorar el nivel de producción como se efectuaba en años anteriores.

El proyecto se ejecutará en la planta de producción de cárnicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH para cubrir las necesidades de producción al estar los equipos fuera de operación, evidenciando la falta de planificación de mantenimiento correctivo y preventivo. Culminado este trabajo contribuirá a que el mantenimiento de los equipos de refrigeración del sistema productivo sea administrado de una manera organizada y eficaz.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Repotenciar y planificar el mantenimiento preventivo del equipo de refrigeración para el cuarto frío de la planta de Cárnicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Espoch.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Determinar el estado técnico actual de los equipos del cuarto frío.

Realizar el mantenimiento y puesta en marcha de los equipos del sistema de refrigeración. .

Diseñar e implementar el plan de mantenimiento preventivo del equipo de refrigeración de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Descripciones generales

Los sistemas de refrigeración son dispositivos utilizados para extraer energía en forma de calor de elementos que pueden ser sólidos, líquidos o gases, para ser transmitida directa o indirectamente al medio ambiente.

Este tipo de equipos son de gran importancia y uso en industrias como la alimenticia y la química con altos niveles de incidencia en la producción, por lo que su cuidado y mantenimiento deben ser prioritarios. (sevilla1992, 2013)

2.2 Definiciones

- **Temperatura:** Es la medida de la presión térmica de un cuerpo. Una alta temperatura (cuerpo caliente) indica una alta presión térmica, si el cuerpo está frío indica una baja presión térmica. Las escalas de temperatura más usadas son la de Celsius ($^{\circ}\text{C}$) y el Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).
- **Presión:** Se define como la fuerza normal (F_N) que, distribuida uniformemente, actúa sobre una superficie dada (S). La fuerza puede estar ocasionada por líquidos, gases o vapores, o por cuerpos sólidos, y su unidad de medida en el Sistema Internacional (SI), es el Newton. .
- **Calor:** El calor es energía en tránsito de un cuerpo a otro como resultado de una diferencia de temperatura entre ellos.
- **Evaporación:** Fenómeno por el cual una sustancia en estado líquido pasa al estado gaseoso. En este cambio de estado la sustancia requiere energía, la cual absorbe del medio que la rodea, es por esto que se enfría.
- **Condensación:** Fenómeno por el cual una sustancia en estado gaseoso pasa al estado líquido.

- **Refrigeración:** La refrigeración se define como cualquier proceso de eliminación de calor. Es la rama de la ciencia que trata con los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o un cuerpo a temperatura inferior con respecto a los alrededores, para lograr lo anterior, debe sustraerse el calor del cuerpo que va a ser refrigerado y ser transferido a otro cuerpo cuya temperatura es inferior a la del cuerpo refrigerado.
- **Agente refrigerante:** En cualquier proceso de refrigeración, la sustancia empleada para absorber calor o agente de enfriamiento, se llama refrigerante.
- **Capacidad del sistema:** Es la velocidad a la que se puede efectuar la eliminación de calor en el espacio o material refrigerado. Se expresa en BTU/hr.
- **Relación presión – temperatura:** La temperatura de saturación de un fluido depende de la presión del fluido. Al aumentar la presión aumenta la temperatura de saturación y si disminuye la presión baja la temperatura de saturación.
- **Segunda ley de la Termodinámica (entropía):** Esta establece que solo se transfiere calor en una sola dirección, de mayor a menor temperatura, y esto tiene lugar a través de los tres modos básicos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación).
- **Procesos termodinámicos:** Cuando un sistema cambia de una fase a otra se dice que está sujeto a un proceso, los procesos termodinámicos pueden ser reversibles o irreversibles. Un proceso reversible es aquel que puede regresarse en su trayectoria hasta el punto exacto de inicio del proceso y por lo tanto regresa tanto el sistema como sus alrededores a sus condiciones iniciales. En general un proceso es irreversible si el sistema y sus alrededores no pueden regresar a su fase inicial (PAZ Hernandez , 2008)

2.3 Sistemas de refrigeración

Corresponden a arreglos mecánicos que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos o más focos conforme

se requieran. Están diseñados primordialmente para disminuir la temperatura del producto almacenado en cámaras de refrigeración las cuales pueden contener una variedad de alimentos o compuestos químicos conforme especificaciones.

2.3.1.1 *Sistemas de refrigeración conforme a una zona de frío.* Es el clásico arreglo en el cual el sistema opera bajo una sola temperatura de régimen de frío

Figura 1. Planta frigorífica



Fuente: (CONESA FERRER , 2011)

2.3.2 *Sistemas de refrigeración conforme alimentación de refrigerante.*

2.3.2.1 *Expansión seca.* Se les denomina sistemas de expansión seca o directa a los sistemas frigoríficos en los cuales la evaporación del refrigerante se lleva a cabo a través de su recorrido por el evaporador encontrándose éste en fase de mezcla en un punto intermedio de este. Estos sistemas suelen ser de menor capacidad que los de recirculación de líquido.

Figura 2. Sistema de expansión seca



Fuente: (CONESA FERRER , 2011)

2.4 Refrigeración por compresión

La refrigeración por compresión desplaza la energía térmica entre dos focos creando zonas de alta y baja presión confinadas en intercambiadores de calor, mientras estos procesos de intercambio de energía suceden cuando el fluido refrigerante se encuentra en procesos de cambio de fase de líquido a vapor y viceversa.

El proceso de refrigeración por compresión se logra evaporando un gas refrigerante en fase líquida a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor denominado evaporador, para evaporarse requiere absorber calor latente de vaporización, al evaporarse el líquido refrigerante cambia su fase a vapor. Durante el cambio de fase el refrigerante en estado de vapor absorbe energía térmica del medio en contacto con el evaporador bien sea este medio gaseoso o líquido, a esta cantidad de calor contenido en el ambiente se le denomina carga térmica, 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 y hacerlo líquido de nuevo. 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 fase del fluido refrigerante y producir el sub-enfriamiento del mismo es necesario enfriarlo al interior del condensador; esto suele hacerse por medio del aire y/o agua conforme el tipo de condensador definido muchas veces en función del refrigerante. De esta manera el refrigerante en fase líquido puede evaporarse nuevamente a través de la válvula de expansión y repetir el ciclo de refrigeración por compresión.

2.5 Cámara de refrigeración

Una cámara de refrigeración es un recinto aislado térmicamente dentro del cual se contiene materia para extraer su energía térmica. Esta extracción de energía se realiza por medio de un sistema de refrigeración, su principal aplicación es la conservación de alimentos o productos químicos.

2.5.1 Principio de funcionamiento. A diferencia de lo comúnmente pensado una

cámara de refrigeración no enfría sino más bien extrae la energía expresada en calor contenida en su interior, todo esto por medio de un sistema frigorífico. Para esto en el interior de la cámara se ubica uno o más evaporadores de refrigerante mientras el resto de los componentes del sistema se encuentran remotos. Por su parte la cámara debe estar aislada térmicamente a fin de minimizar la transferencia de calor por su estructura propia. (CONESA FERRER , 2011)

2.6 Elementos de un sistema de refrigeración

2.6.1 Unidades condensadoras. Cuando el compresor, condensador, separador de aceite y tanque receptor, van montados en una misma bancada formando todos ellos un conjunto constituyen las llamadas unidades condensadoras.

Esta unidad condensadora está formada por:

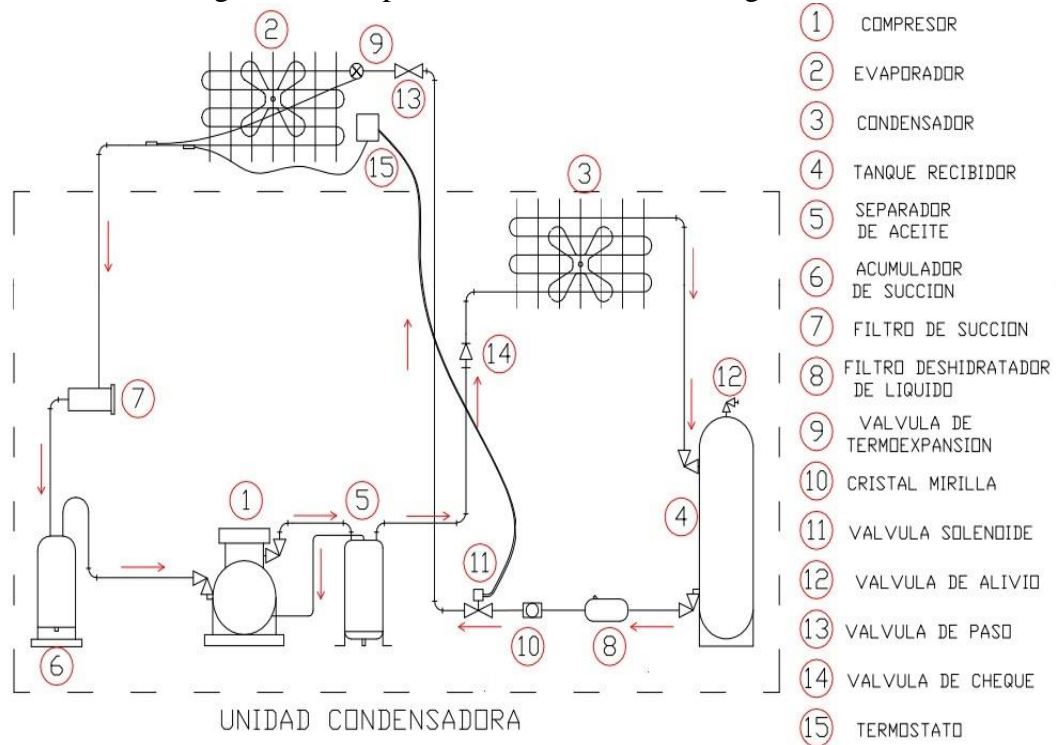
- a) Un compresor semi-hermético, alternativo, y de dos cilindros.
- b) Un condensador de aire forzado (dos ventiladores).
- c) Un recipiente vertical de acumulador de líquido refrigerante.
- d) Un tanque separador de aceite.
- e) Las válvulas de servicio de aspiración y descarga. (FRANCO LIJÓ , 2006)

2.6.2 Componentes y accesorios del sistema de refrigeración.

- a) Compresor.
- b) Evaporador.
- c) Condensador.
- d) Tanque receptor.
- e) Separador de aceite.
- f) Filtro deshidratador de líquido.
- g) Válvula de termo expansión.
- h) Cristal mirilla.
- i) Válvula solenoide.
- j) Válvula de alivio.
- k) Válvula de paso.

- l) Termostato
- m) Presóstato

Figura 3. Componentes del sistema de refrigeración



Fuente: (PAZ Hernandez , 2008)

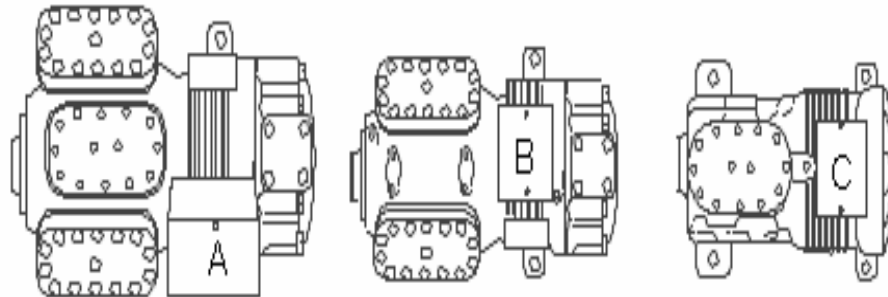
2.6.2.1 Compresor. Es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir. (CONESA FERRER , 2011)

Compresores semi – herméticos.

Son similares a los herméticos pero son accesibles, se puede reparar cada una de sus partes. Se diferencian tanto el motor como el compresor. Se emplean para media y alta capacidad de refrigeración, se encuentran desde los 2 HP hasta los 60 HP y pueden tener de 1 a 8 pistones. En este tipo de compresores el cuerpo generalmente es de hierro fundido incorporando en su interior el mecanismo y el motor eléctrico, llevan culatas como los compresores abiertos y tapas laterales de acceso al interior las cuales se puede

desmontar para realizar operaciones de mantenimiento tales como cambiar pistones o aros.

Figura 4. Compresores semi-herméticos



Fuente: (VAZQUEZ , 2012)

Funcionamiento compresor semi-hermético

El compresor aspira el fluido refrigerante del evaporador y entra a través del filtro en los cilindros de baja presión donde una vez comprimido lo descargan a los cilindros de alta presión.

Antes de entrar en éstos se mezcla con el fluido refrigerante expansionado por la válvula cuyo bulbo está colocado en la tubería de presión conocida como “intermedia” y que actúa sobre el subenfriador, disminuyendo la temperatura del fluido en la aspiración y por lo tanto en la descarga de los cilindros de alta presión. Por otra parte, el fluido expansionado en el subenfriador disminuye la temperatura del líquido refrigerante antes de entrar en el evaporador.

2.6.2.2 Condensador. Su función es condensar el fluido refrigerante, el mismo que se encuentra a la salida del compresor fase de vapor recalentado y es así como entra en el condensador.

Dado que es un intercambiador de calor cederá su calor al agente condensante ya sea agua o aire, produciéndose un enfriamiento del fluido refrigerante hasta llegar a la temperatura de condensación a la cual se efectuará el cambio de fase.

El tamaño del condensador será en función de la cantidad de fluido refrigerante que se comprima, dependiendo de ello la superficie del mismo como intercambiador de calor,

para transmitir al fluido refrigerante el calor latente de la condensación. En el condensador se va a producir la eliminación de calor al medio exterior a través de un sistema de refrigeración.

Condensadores enfriados por aire forzado. En ellos el aire circula accionado por uno o varios ventiladores que lo impulsan sobre la superficie del condensador. Este tipo de refrigeración del condensador es apropiado para aquellos casos en que no se dispone de agua suficiente o de calidad para la refrigeración, garantizándose un buen aprovechamiento de la superficie intercambiadora; deben permanecer limpios por cuanto el polvo depositado puede actuar de aislante térmico impidiendo o dificultando que el aire refrigerante entre en contacto con los tubos a refrigerar, reduciendo la eficiencia de la instalación.

2.6.2.3 Evaporadores. Son recipientes herméticos de paredes metálicas donde se efectúa la ebullición del refrigerante líquido que procede del equipo compresor.

Evaporadores de serpentines aletados

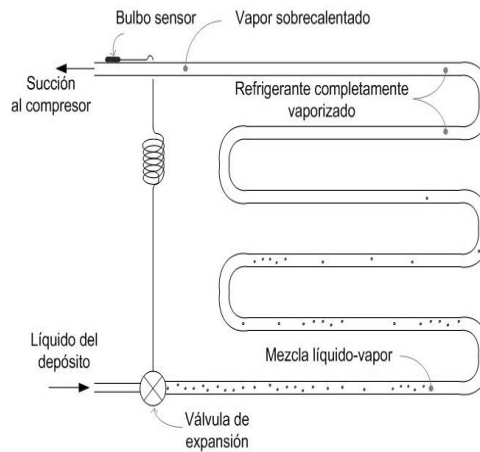
Este tipo de evaporadores son más comunes por convección forzada (generada por un motor y un ventilador). Estos de serpentines aletados son serpentines de tubo sobre el cual se colocan aletas que sirven como superficies absorbedoras de calor y tienen como función incrementar el área de transferencia de calor externa del evaporador mejorando por lo tanto su superficie para enfriar aire o gases. (PAZ Hernandez , 2008)

Paso del refrigerante por el evaporador.

En la figura N° 5 se expresan las diversas fases que atraviesa el refrigerante a su paso por el evaporador después de ser expandido a través del estrangulamiento a que da lugar la válvula reguladora (de expansión o tubo capilar). Antes de llegar a dicho punto el refrigerante como ya se ha indicado anteriormente se halla en fase líquido a alta presión y después de atravesar el citado estrangulamiento se convierte en un instante en líquido a baja presión.

Al efectuarse este descenso de presión tiene lugar la ebullición y consiguiente absorción de calor en una acción parecida a la ebullición del agua originando las clásicas burbujas.

Figura 5. Paso del refrigerante por el evaporador

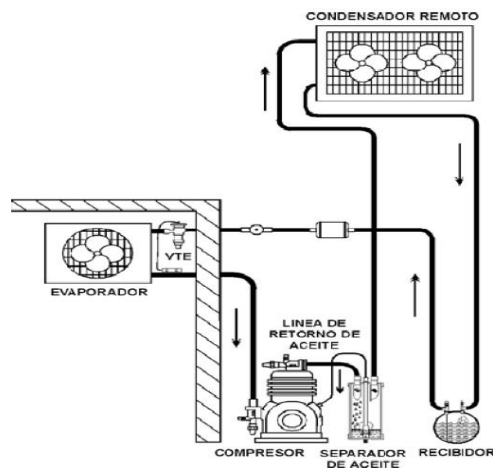


Fuente: (VAZQUEZ , 2012)

2.6.2.4 Separador de aceite. Como el aceite se llega a mezclar con el refrigerante en forma de vapor a alta presión es recomendable separarlo y evitar que ocasione daños a los componentes del sistema. Esto se logra colocando un separador de aceite entre la descarga del compresor y el condensador. Un mecanismo con flotador controla una válvula que abre una línea de retorno de aceite retomando éste directamente hacia el cárter del compresor.

Cuando el nivel de aceite es suficientemente alto el flotador se levanta y abre la válvula de retorno regresando el aceite rápidamente hacia el cárter del compresor esto es porque la presión en el separador de aceite es considerablemente más alta que la presión en el cárter del compresor. (PAZ Hernandez , 2008)

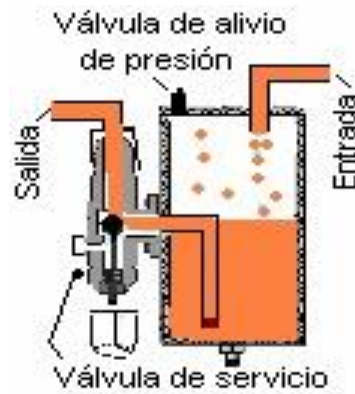
Figura 6. Ubicación del separador de aceite en el sistema de refrigeración.



Fuente: (VAZQUEZ , 2012)

2.6.2.5 Tanque recibidor de líquido refrigerante. Es un tanque que almacena el refrigerante líquido usado en las unidades condensadoras enfriadas por aire que controlan la entrada de líquido al evaporador con válvulas de expansión. El tanque debe ser lo suficientemente grande para contener todo el refrigerante del sistema y debe estar equipado con una válvula de servicio en la salida. (VAZQUEZ , 2012)

Figura 7. Tanque recibidor de líquido refrigerante.



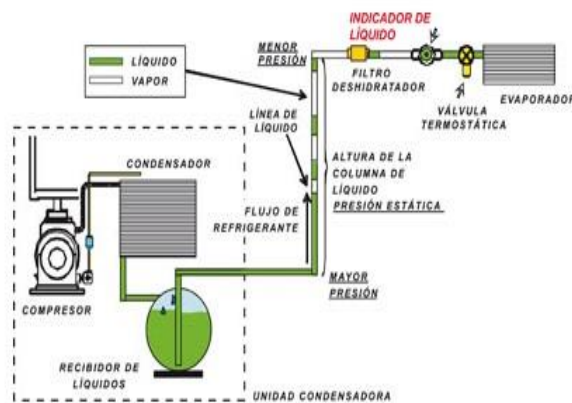
Fuente: (VAZQUEZ , 2012)

La salida del recibidor debe disponerse de tal modo que mantenga un remanente de refrigerante líquido. Cuando la salida se encuentra en la parte de arriba o por el lado del tanque hay un tubo sumergido hasta media pulgada del fondo con un filtro en el extremo inferior supliendo el líquido a la válvula de salida. Los tanques son dimensionados bajo código ASME (American Society of Mechanical Engineers) para recipientes sometidos a presión y probados a 25 kg/cm².

2.6.2.6 Cristal mirilla. Es un accesorio ampliamente utilizado en los sistemas de refrigeración principalmente en refrigeración comercial y aire acondicionado. Es un dispositivo de metal con una mirilla de vidrio que permite observar la condición del refrigerante.

Un indicador de líquido y humedad es en realidad la herramienta de mantenimiento preventivo más barata que se puede instalar en el sistema de manera permanente. El indicador de líquido y humedad elimina la incertidumbre de que el contenido de humedad del sistema pueda estar abajo de un nivel seguro o lo suficientemente alto para causar problemas. También indica si falta refrigerante al sistema o si hay alguna caída de presión en la línea de líquido. (PAZ Hernandez , 2008)

Figura 8. Ubicación de indicador de líquido y humedad



Fuente: (VAZQUEZ , 2012)

2.6.2.7 Filtros deshidratadores en la línea de líquido. Es un dispositivo de seguridad instalado en las líneas del sistema de refrigeración para eliminar la humedad y suciedad que pueda contener. El filtro deshidratador se instala lo más cerca posible de la salida del receptor. Toda humedad y suciedad debe ser removida o atrapada en alguna parte del sistema donde no pueda causar daño, para ello se integran filtros mallas y material desecante en la construcción de un filtro-deshidratador. Para tener el sistema de enfriamiento libre de problemas es necesario que el material desecante sea suficiente para mantener en rango de humedad permisible en el lado de alta y de baja presión.

Figura 9. Filtro deshidratador



Fuente: (PAZ Hernandez , 2008)

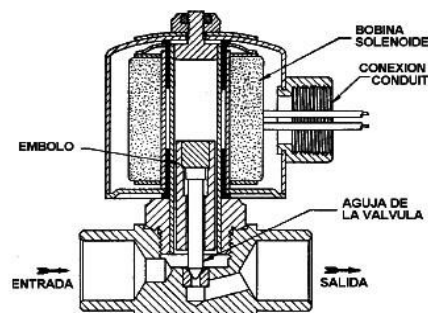
Los refrigerantes deberán ser deshidratados hasta los niveles de humedad siguiente:

- R-12 15 ppm máximo
- R-22, R-500 25 ppm máximo
- R-502 5 ppm máximo

Los deshidratadores deben dejarse en el sistema permanentemente ya que la absorción de la humedad es muy lenta. (PAZ Hernandez , 2008)

2.6.2.8 Válvula solenoide. Es un dispositivo electromecánico y es utilizado para controlar el flujo de líquidos refrigerante en posición completamente abierta o completamente cerrada. La válvula solenoide es una válvula que se cierra por gravedad, por presión o por la acción de un resorte y es abierta por el movimiento de un émbolo operado por la acción magnética de una bobina energizada eléctricamente o viceversa. Consiste de dos partes accionantes distintas, pero integrales: un solenoide (bobina eléctrica) y el cuerpo de la válvula. (PAZ Hernandez , 2008)

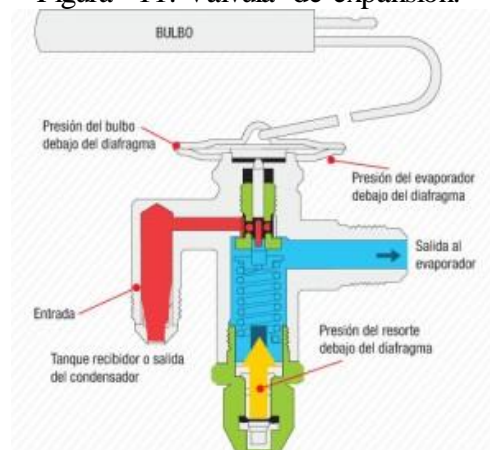
Figura 10. Válvula solenoide



Fuente: (PAZ Hernandez , 2008)

2.6.2.9 Válvula de expansión termostática. La válvula de expansión termostática o válvula de termo-expansión, es un dispositivo de medición diseñado para regular el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador en la misma proporción en que el refrigerante líquido dentro del evaporador se va evaporando.

Figura 11. Válvula de expansión.

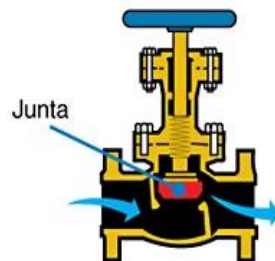


Fuente: (NIETO , 2013)

Esto se logra manteniendo un sobrecalentamiento predeterminado a la salida del evaporador (línea de succión), lo que asegura que todo el refrigerante líquido se evapore dentro del evaporador y que solamente regrese al compresor refrigerante en fase gaseoso.

2.6.2.10 *Válvula de paso.* Este tipo de válvulas tienen como función controlar el flujo de líquido y la presión. Las válvulas de paso instaladas en un sistema deben estar totalmente abiertas o totalmente cerradas. Se utilizan para aislar componentes en el sistema.

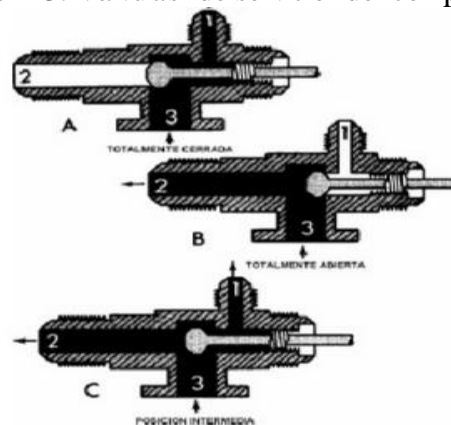
Figura 12. Válvula de paso



Fuente: (FOSET, 2015)

2.6.2.11 *Válvulas de servicio del compresor.* Los compresores abiertos y semi herméticos generalmente vienen equipados con válvulas deservicio. Estas válvulas van atornilladas al cuerpo del compresor, una en la succión y la otra en la descarga. Algunos compresores herméticos también usan válvulas de servicio, pero éstas no van atornilladas, sino soldadas o roscadas a la succión y descarga del compresor. (RIOS , 2012)

Figura 13. Válvulas de servicio del compresor



Fuente: (RIOS , 2012)

2.6.2.12 *Válvula de alivio.* Se instala en el lado de alta presión, de baja presión, en la descarga y en el tanque receptor. Cuando ocurre una alta presión, descarga a la atmósfera. (Es un dispositivo mecánico de seguridad). (romferro.conalepsji2, 2011)

Figura 14. Válvula de alivio



Fuente: (romferro.conalepsji2, 2011)

2.6.2.13 *Refrigerante R-22.* Conocido con el nombre de Freón 22, se emplea en sistemas de aire acondicionado domésticos y en sistemas de refrigeración comerciales e industriales incluyendo: cámaras de conservación e instalaciones para el procesado de alimentos: refrigeración y aire acondicionado a bordo de diferentes transportes. Se puede utilizar en compresores de pistón, centrífugo y de tornillo. El refrigerante 22 tiene un punto de ebullición a la presión atmosférica de $-40.77778^{\circ}\text{C}$ ($-41,4^{\circ}\text{F}$). La temperatura en la descarga con el R 22 es alta, la temperatura sobrecalentada en la succión debe conservarse en su valor mínimo sobre todo cuando se usan unidades herméticas motor-compresor. (BARRERAS , 2011)

2.6.2.14 *Aceites lubricantes.* El aceite circula a través del sistema con el refrigerante, entra en contacto directo con los devanados calientes del motor en unidades herméticas y semi herméticas por lo que debe ser capaz de soportar temperaturas extremas. Además, debe mantener la viscosidad suficiente para permitir una lubricación adecuada. Asimismo, el aceite se enfría a la más baja temperatura del sistema y debe permanecer fluido en todas las partes. La fluidez de la mezcla aceite - refrigerante es determinada por el refrigerante utilizado, las temperaturas, las propiedades del aceite y su miscibilidad con el refrigerante. (SEGOVIA , 2013)

2.7 Sistema eléctrico

2.7.1 *Circuitos de maniobra.* Por circuito de maniobra o automatismo eléctrico se

entiende el conjunto de aparatos y elementos eléctricos que realizan la conexión o interrupción de la energía eléctrica procedente de la red hacia los receptores (motores, lámparas de descarga, baterías de condensadores,...).

2.7.2 *Circuito de potencia.* En este circuito se encuentran todos los elementos y conductores por los que pasa la corriente que alimenta al circuito objeto de la maniobra como son por ejemplo, los fusibles, seccionadores, contactor, relé térmico, etc.

Los componentes que encontramos en el circuito de potencia son:

- Interruptores
- Seccionadores
- Fusibles
- Interruptores automáticos de protección
- Relé térmico
- Relé electromagnético
- Relé diferencial
- Contactores principales
- Receptores de gran consumo (motores). (INDUSTRIAL, 2010)

2.7.3 *Mantenimiento.* El objetivo principal del mantenimiento es la conservación a través de la reparación, mantenimiento y mejoramiento de equipos, máquinas y herramientas requeridas por los diferentes sistemas de producción.

Se precisa mantener confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y longevidad de los equipos para así garantizar su funcionamiento y exactitud, asegurando lo que el cliente externo ha solicitado en las especificaciones de los productos.

El mantenimiento significa la protección de la inversión, la garantía de producción, la seguridad de un servicio y obedece a una planificación adecuada donde se involucra al personal de la empresa, los proveedores y los contratistas. (OSPINO , 2015)

La Norma EN-13306 entró en vigor en 2001 (está revisada en el 2011) y trata sobre las diferentes definiciones respecto a fallos (fallos en sí, causas del fallo, degradaciones,

etc.), estados de los diferentes fallos (enmascarado, por degradación, etc.), tipos de mantenimiento y estrategias (preventivo, predeterminado, basado en la condición, etc.) y otras actividades del mantenimiento.

Esta Norma, diferencia el mantenimiento en dos grupos: preventivo y correctivo. A partir de aquí, el mantenimiento preventivo puede subdividirse en sólo dos tipos: basado en la condición (predictivo) y predeterminado (sistemático). Por otra parte el mantenimiento correctivo tiene dos subdivisiones: programable (diferido) o inmediato (urgente). (MUÑOZ, 2013)

2.7.4 Importancia del plan de mantenimiento. La fiabilidad y la disponibilidad de una planta industrial o de un edificio dependen, en primer lugar, de su diseño y de la calidad de su montaje. Si se trata de un diseño robusto y fiable, y la planta ha sido construida siguiendo fielmente su diseño y utilizando las mejores técnicas disponibles para la ejecución, depende en segundo lugar de la forma y buenas costumbres del personal de producción, el personal que opera las instalaciones.

En tercer y último lugar, fiabilidad y disponibilidad dependen del mantenimiento que se realice. Si el mantenimiento es básicamente correctivo, atendiendo sobre todo los problemas cuando se presentan, es muy posible que a corto plazo esta política sea rentable. El mantenimiento puede imaginarse como un gran depósito. Si se realiza un buen mantenimiento preventivo, el depósito siempre estará lleno. Si no se realiza nada, el depósito se va vaciando, y puede llegar un momento en el que el depósito, la reserva de mantenimiento, se haya agotado por completo, siendo más rentable adquirir un nuevo equipo o incluso construir una nueva planta que atender todas las reparaciones que van surgiendo. Hay que tener en cuenta que lo que se haga en mantenimiento no tiene su consecuencia de manera inmediata, sino que los efectos de las acciones que se toman se revelan con seis meses o con un año de retraso. Hoy se pagan los errores de ayer, o se disfruta de los aciertos.

La ocasión perfecta para diseñar un buen mantenimiento programado que consigan una alta disponibilidad y fiabilidad, es durante la construcción de ésta. Cuando la construcción ha finalizado y la planta es entregada al propietario para su explotación comercial, el plan de mantenimiento debe estar ya diseñado, y debe ponerse en marcha

desde el primer día que la planta entra en operación. Perder esa oportunidad significa renunciar a que la mayor parte del mantenimiento sea programado, y caer en el error (un grave error de consecuencias económicas nefastas) de que sean las averías las que dirijan la actividad del departamento de mantenimiento.

Es muy normal prestar mucha importancia al mantenimiento de los equipos principales, y no preocuparse en la misma medida de todos los equipos adicionales o auxiliares. Desde luego es otro grave error, pues una simple bomba de refrigeración o un simple transmisor de presión pueden parar una planta y ocasionar un problema tan grave como un fallo en el equipo de producción más costoso que tenga la instalación. Conviene, pues, prestar la atención debida no sólo a los equipos más costosos económicamente, sino a todos aquellos capaces de provocar fallos críticos.

Un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los fallos posibles, y que ha sido diseñado para evitarlos. Eso quiere decir que para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la planta. (GARCÍA, 2010)

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El siguiente análisis se plasmó empleando la norma UNE-EN 60300-3-11:2013, que se refiere al mantenimiento centrado en la fiabilidad, en la que nos indica las partes que debe estar compuesto un formato para el análisis del estado de situación inicial de un activo. Este formato está constituido por dos partes, la primera comprende la evaluación del estado técnico de los diferentes elementos que conforman el activo y la segunda los planes de acción que se debe tomar para solucionar los problemas.

3.1 Elaboración del formato del estado técnico de situación inicial.

Figura 15. Formato de estado técnico.

The form is titled 'ESTADO TÉCNICO' and is divided into several sections:

- ENCABEZADO:** Includes logos of the Faculty of Agricultural Sciences and the Meat Plant, and the title 'ESTADO TÉCNICO'.
- DATOS GENERALES:** A table with fields for EQUIPO, SISTEMA, COMPRESOR, UBICACIÓN, CUARTO DE MANTENIMIENTO, CÓDIGO DEL ACTIVO, SERIE, and FECHA.
- DATOS DE PLACA:** A table with fields for MARCA, DORN, MODELO, POTENCIA, VOLTAJE, FRECUENCIA, MAX PRESION, RPM, COS φ, KW, REFRIGERANTE, and ADQUISICIÓN.
- FOTO DEL EQUIPO:** A photograph of the refrigeration unit.
- EVALUACIÓN EXTERNA DEL EQUIPO:** A table with columns for ITEM, ESTADO TÉCNICO, NOK, and OK. It lists 14 items related to the compressor and its components.
- ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO:** A summary row showing 'SITUACIÓN ESTADO ACTUAL' as 75% OK and 'REGULAR'.
- OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES:** Textual notes at the bottom of the form.

Fuente: (GARCÍA, y otros, 2015)

3.1.1 Encabezado: En la parte superior de este formato se encuentra formado por logos de la institución o áreas que intervienen, en nuestro caso la ESPOCH y de la facultad de ciencias pecuarias además del nombre del activo que se va a evaluar.

3.1.2 Datos generales: Aquí encontramos información como nombre del equipo o sistema, la ubicación, código del activo, serie, si el equipo posee manuales, planos y la fecha en que se realiza la evaluación del equipo.

3.1.3 Datos de placa: Seguido a esto se encuentra todo lo que es relacionado con los datos de placa y una foto del equipo a evaluar.

3.1.4 Evaluación externa del activo: Aquí se ubica todas las partes de los elementos del activo que se va a evaluar. Esta tabla encontramos cuatro columnas compuestas por: primero Ítem al que pertenece el elemento a evaluar, en la siguiente columna ubicamos el elemento o parte a evaluar, en la tercera columna se encuentra NOK que significa que el elemento o parte se encuentra en mal estado, en la cuarta columna se encuentra OK que nos indica que el elemento o parte se encuentra en buen estado.

3.1.5 Análisis cualitativo y cuantitativo: Continuo encontramos la situación del estado actual general de los elementos evaluados simbolizados de forma cuantitativa indicada en porcentaje y de forma cualitativa indicada de acuerdo a las tablas de ponderaciones.

3.1.6 Tablas de ponderaciones: de acuerdo a los resultados de la evaluación de los elementos del equipo seleccionado se obtendrá un porcentaje que se lo puede comparar con la tabla N°1 y a partir de allí se determinará el estado técnico en que se encuentra el equipo.

Tabla 1. Tabla de ponderación cuantitativa.

Estado	Parámetros [%]
Muy Bueno	90-100
Bueno	75-89
Regular	50-74
Malo	Menor del 50

Fuente: CUJAE

Tabla 2. Tabla de ponderación cualitativa





Estado	Recomendación
Muy Bueno	Revisión normal según plan de mantenimiento preventivo
Bueno	Reparación pequeña
Regular	Reparación media
Malo	Reparación total o reemplazo

Fuente: CUJAE

3.1.7 Observaciones y conclusiones: Al final de esta primera parte del formato encontramos las observaciones y conclusiones que hemos visto en la evaluación de estos elementos.

3.2 Segunda parte del formato: “Planes de Acción”

Figura 16. Planes de acción.

 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS PLANTA DE CÁRNICOS						
PLANES DE ACCIÓN						
ITEM	FECHA	FOTO	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	ACCIÓN EJECUTADA	FECHA DE CIERRE	RESP.
1	29/09/2014		EXISTEN ELEMENTOS MUY ANTIGUOS QUE YA NO EXISTEN	REALIZAR UN NUEVO DISEÑO DEL CIRCUITO	30/09/2014	CR/AM
2	29/09/2014		BREAKERS ESTAN MAL DIMENSIONADOS Y SON INNECESARIOS EN ESTA AREA.	SUSPENDER ESTA TOMA DE BREAKERS, REMPLAZARLO ALGO MAS SENCILLO	30/09/2014	CR/AM
3	29/09/2014		DEBIDO AL GRAN NUMERO DE CABLES SUELTOS ES DIFICIL DESFRAN AL AREA DONDE PERTENECE CADA ELEMENTO.	SUSPENDER ESTA CAJA POR ALGO MAS MODERNO Y SENCILLO.	30/09/2014	CR/AM

Fuente: (GARCÍA, y otros, 2015)

3.2.1 Encabezado: Aquí encontramos los logos de la institución y el título de planes de acción de los diferentes elementos.

3.2.2 Ítem y fecha: En la primera columna encontramos el número del ítem del elemento que se encontró en mal estado (NOK), ya que solo de estos se van a realizar los planes de acción. La segunda columna nos indica la fecha en que se realizó la evaluación del elemento al cual se le debe dar solución.

3.2.3 Foto y Descripción del Problema: En la tercera columna se puede visualizar la foto en el estado que se encontró el elemento que se debe dar solución. En la cuarta columna se describe cual es el problema que se encontró en el elemento evaluado.

3.2.4 Acción tomada: En la quinta columna se encuentran las tareas a realizar para dar solución al problema anteriormente descrito.

3.2.5 Responsables y fecha de cierre: En la sexta columna va la fecha de cierre, que es la fecha en la que se termina de realizar las tareas del plan de acción. En la séptima columna se encuentran los responsables de la realización de las tareas.

3.3 Análisis del estado del compresor.

El análisis y evaluación del estado técnico actual del compresor fue el punto de partida para conocer sobre los servicios y aplicaciones que serán utilizados para ejecutar las actividades de mantenimiento y repotenciación del activo.

Los elementos evaluados fueron los siguientes: estado de la carcasa del compresor, tapas posteriores, tuberías succión/descarga, cañería de baja/alta presión, válvula de alta y baja presión, cableado eléctrico, anclaje, pistones, empaques, rotor, estator, rodamientos.

Realizada la evaluación se obtuvo un resultado de 10 OK y de 4 NOK; que nos da un porcentaje de estado de situación inicial de un 72% y relacionando a la tabla de ponderación cualitativa, se obtiene que el estado general de los elementos del compresor es regular. Para determinar el estado del compresor como regular se realizó las siguientes actividades:

3.3.1 Estado de carcasa: se encontró con presencia de polvo, humedad y deterioro de la capa de pintura, después se realizó una limpieza total para identificar posibles fugas y de forma minuciosa descartamos la presencia de las mismas.

3.3.2 Estado de tapas posteriores: durante el desmontaje se verificó el cierre hermético, no existe aislamiento de pernos y tampoco existen fisuras en su cuerpo, su apertura es simple para poder realizar el mantenimiento de las partes internas.

3.3.3 *Estado de tuberías de succión / descarga:* se detectó un segmento de tubería de color naranja diferente al cobre que nos indica que hubo sobrecalentamiento producto de la obstrucción del condensador, filtro obstruido, válvula de expansión mal ajustada, falta del refrigerante en el sistema.

3.3.4 *Estado de cañería de baja y alta presión:* a la entrada del presóstato no se observó humedad ni desajuste de la cañería, el presóstato marca la presión al igual que en los manómetros cuando se realizó la prueba con nitrógeno.

3.3.5 *Estado de válvula de alta y baja presión:* debido a las comprobaciones de presiones en la prueba con nitrógeno podemos decir que no existen taponamientos, es decir la circulación del refrigerante es normal.

3.3.6 *Estado de cableado eléctrico:* se pudo observar cables sueltos, presencia de óxido y fuera de funcionamiento.

3.3.7 *Estado de anclaje:* se encontró todos los pernos de anclaje en el compresor, no existe presencia de corrosión ni fisuras en su exterior.

3.3.8 *Estado de pistones:* verificar el ajuste entre el pistón y el cilindro, además fijarse en el color para descartar un sobrecalentamiento producido por falta de lubricación, uno de los factores que indican un desgaste es el ruido.




3.3.9 *Estado de válvulas de admisión/escape:* se inspeccionó que no existan válvulas rotas y no este dañado el asiento de las válvulas.

3.3.1 *Estado de empaques:* debido a la falta de aceite del cárter y por la presencia de humedades alrededor de las tapas posteriores del compresor se encontró un empaque en malas condiciones que no permiten un cierre hermético.

3.3.2 *Estado de rotor:* no existe señales de arrastre del rotor, es decir no hay rayas







3.3.3 *Estado de estator:* no presentó señales de rayas ni incrustaciones de metales, se examinó y determinó que el estator está en buenas condiciones debido al color de las bobinas, no existe cortocircuitos mediante la comprobación de continuidad.

Tabla 3. Estado técnico del compresor

		FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS		PLANTA DE CÁRNICOS			
		ESTADO TÉCNICO					
DATOS GENERALES							
EQUIPO/SISTEMA:	COMPRESOR		UBICACIÓN:	Cuarto de máquinas	CÓDIGO DEL ACTIVO:	16834	SERIE: NE
PLANOS:	SI	NO x	MANUAL:	SI NO	REALIZO:	CR/AM	FECHA:
DATOS DE PLACA							
MARCA:	DORIN	MODELO:	501CB6	POTENCIA:	5 HP		
VOLTAJE:	Δ 220 -240	VOLTAJE:	λ 380 -415	FECUENCIA:	60 HZ		
MAX PRESIÓN:	362 PSI	RPM	1750	COS φ:	0,86		
KW	7.5	REFRIGERANTE	R22	ADQUISICIÓN	1982		
EVALUACIÓN EXTERNA DEL EQUIPO							
ITEM	ESTADO TÉCNICO			NOK	OK		
1	ESTADO DE CARCAZA			1	0		
2	ESTADO DE TAPAS POSTERIORES			0	1		
3	ESTADO DE TUBERIAS SUUCCIÓN/DESCARGA			1	0		
4	ESTADO DE CAÑARIA DE BAJA/ALTA PRESION			0	1		
5	ESTADO DE VALVULA DE ALTA PRESIÓN			0	1		
6	ESTADO DE VALVULA DE BAJA PRESIÓN			0	1		
7	ESTADO DE CABLEADO ELÉCTRICO			1	0		
8	ESTADO DE ANCLAJE			0	1		
9	ESTADO DE PISTONES			0	1		
10	ESTADO VALVULAS ADMISION/ESCAPE			0	1		
11	ESTADO DE EMPAQUES			1	0		
12	ESTADO ROTOR			0	1		
13	ESTADO DE ESTATOR			0	1		
14	ESTADO DE RODAMIENTOS			0	1		
TOTAL				4	10		
SITUACIÓN DE ESTADO ACTUAL				72%	REGULAR		
OBSERVACIONES: ESTADO MECÁNICO DEL COMPRESOR SE ENCUENTRA EN UN ESTADO REGULAR, POR LO QUE ES NECESARIO, RELIZAR LAS CORRECCIONES PERTINENTES PARA QUE, ENTRE EN CORRECTO FUNCIONAMIENTO.							
CONCLUSIONES: TODAS LAS PARTES ESTAN EN TOTAL DESCUIDO CON PRESENCIA POLVOS Y OXIDOS, EXPUESTOS A LA INTERPERIE SIN NINGUNA CLASE DE MANTENIMIENTO.							

Fuente: Autores

Tabla 4. Plan de acción del compresor

		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS PLANTA DE CÁRNICOS				
PLANES DE ACCIÓN						
Ítem	Fecha	Foto	Descripción del problema	Acción ejecutada	Fecha de cierre	Resp.
1	2/09/2014		La carcasa se encontró con presencia de polvos, óxidos y humedad en las tapas posteriores.	Realizar limpieza completa de toda la carcasa y utilizar desoxidantes en partes donde exista presencia de óxido.	23/09/2014	CR/AM
3	2/09/2014		la tubería de descarga de gas refrigerante se encuentra al aire libre con presencia de polvos en todo el sistema.	es necesario realizar una limpieza total de todo el sistema.	23/09/2014	CR/AM
7	2/09/2014		Existen cables sueltos y con presencia de óxido alrededor del compresor, fuera de su posición funcional.	reemplazo de cableado eléctrico	23/09/2014	CR/AM
11	2/09/2014		Existe presencia de humedad de aceite alrededor de las tapas posteriores.	Realizar cambio de empaques y ajuste de pernos.	23/09/2014	CR/AM

Fuente: Autores

3.4 Análisis del estado del condensador

En el estado del condensador se evaluaron los siguientes elementos: carcasa del condensador, tuberías de succión y descarga, estado del anclaje, estado del serpentín, estado de los motores ventiladores, estado de las bases de los motores ventiladores, estado de las conexiones eléctricas, estado de los capacitores.

Realizada la evaluación se obtuvo un resultado de 5 OK y de 3 NOK; que nos da un porcentaje de estado de situación inicial de un 63% y relacionando a la tabla de ponderación cualitativa, se obtiene que el estado general de los elementos del condensador es regular. A continuación se detalla la forma de establecer el estado técnico de las partes del condensador:

3.4.1 Estado de carcasa: se encontró la base metálica con presencia de polvo y óxido, además en la parte frontal las aletas están dobladas impidiendo la transferencia de calor.

3.4.2 Estado de tubería de succión y descarga: no se presentó humedad en la succión y descarga del sistema.

3.4.3 *Estado de anclaje:* se encontró con todos los pernos de sujeción que pueden ser desmontados y se descartó vibraciones anormales.

3.4.4 *Estado de serpentín:* existe buena transferencia de calor, proporcionan un área de superficie para remover el calor sensible y latente del gas caliente que se comprime para obtener el refrigerante líquido saturado. No existen fugas ni serpentines sueltos dentro de la estructura. Se encontró una línea de serpentín suspendido que no afecta la circulación del refrigerante.

3.4.5 *Estado de los motores ventiladores:* se comprobó el voltaje e intensidad. Sus valores están aptos para continuar con su funcionamiento. No existe presencia de cortocircuitos.

3.4.6 *Estado de bases del motor ventilador:* se detectó falta de ajuste de pernos, con presencia de juegos provocando un ruido y vibración excesiva provocando un rozamiento con la carcasa del condensador.




3.4.7 *Estado de cableado eléctrico:* se encontró un cableado sin protección no apto para instalaciones industriales y que ocasionan peligro para su manipulación.

3.4.8 *Estado de capacitores:* al momento de desmontar los motores ventiladores se extrajo los capacitores y se realizó un movimiento vertical para comprobar si existe humedad en su interior, también se comprobó la corriente y los condensadores se encuentran en estado de funcionamiento.

Para mejorar el estado de funcionamiento del condensador se deben cumplir las tareas que se encuentran en el plan de acción del condensador ubicado en la tabla N°6.






Los problemas encontrados en el condensador se reducen a los ítems 1, 6 y 7 que se puede evidenciar en la tabla N° 5 que detalla la evaluación de sus componentes como se indica se detectaron problemas en la carcasa del condensador, en la bases de los motores ventiladores y en la instalación eléctrica que va desde el compresor hasta los dos ventiladores del condensador, para solucionar estos problemas se propone realizar una limpieza profunda para ayudar a mejorar la transferencia de calor y realizar una buena conexión eléctrica.

Tabla 5. Estado técnico del condensador

		FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS		PLANTA DE CÁRNICOS					
ESTADO TÉCNICO									
DATOS GENERALES									
EQUIPO/SISTEMA:	CONDENSADOR		UBICACIÓN:	Cuarto de máquinas		CÓDIGO DEL ACTIVO:	N/E	SERIE:	N/E
PLANOS:	SI	NO X	MANUAL:	SI	NO X	REALIZO:	CR/AM	FECHA:	
DATOS DE PLACA									
MARCA:	DORIN		MODELO:	N/E		MAX PRESIÓN:	362 PSI		
TIPO:	AIRE FORZADO		REFRIGERANTE:	R22		ADQUISICIÓN:	1982		
EVALUACIÓN EXTERNA DEL EQUIPO									
ITEM	ESTADO TÉCNICO					NOK	OK		
1	CARCAZA DEL CONDENSADOR					1	0		
2	TUBERIAS SUCCION Y DESCARGA					0	1		
3	ANCLAJE					0	1		
4	SERPENTIN					0	1		
5	MOTOVENTILADORES					0	1		
6	BASES DEL MOTOVENTILDOROS					1	0		
7	CABLEADO ELECTRICO					1	0		
8	CAPACITORES					0	1		
					TOTAL	3	5		
SITUACIÓN DE ESTADO ACTUAL						63%	REGULAR		
OBSERVACIONES: SE ENCUENTRA EN ESTADO REGULAR DE DEBE REALIZAR UNA REPARACION MEDIA.									
CONCLUSIONES: ES NECESARIO REALIZAR UN LIMPIEZA GENERAL, PINTADO DEL CONDENSADOR Y REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS VENTILADORES.									

Fuente: Autores

Tabla 6. Plan de acción del condensador

		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS PLANTA DE CÁRNICOS					
PLANES DE ACCIÓN							
Item	Fecha	Foto	Descripción del problema	Acción ejecutada	Fecha de cierre	Resp.	
1	24/09/2014		La base metálica se encuentra con presencia de polvos y oxido además en la parte frontal las laminillas están dobladas en su mayoría impidiendo la transferencia de calor.	Realizar una limpieza general, pintado y enderezado de las laminillas.	25/09/2014	CR/AM	
6	24/09/2014		Las bases de los ventiladores se encuentran con presencia de juego provocando ruidos excesivos.	Realizar la correcta limpieza, lubricación y ajuste de las bases del ventilador.	25/09/2014	CR/AM	
7	24/09/2014		El cableado se encuentra al aire libre sin ninguna protección y fuera de su lugar de servicio.	Realizar una nueva conexión eléctrica.	25/09/2014	CR/AM	

Fuente: Autores

3.5 Análisis del estado del evaporador.

En el estado del evaporador se evaluaron los siguientes elementos: carcasa del evaporador, tuberías succión y descarga, estado del anclaje, estado del serpentín, estado de moto ventiladores, estado de las bases de los moto ventiladores, estado de conexiones eléctricas, estado de bandeja de drenaje. Ejecutada la evaluación se obtuvo un resultado de 5 OK y de 3 NOK; que nos da un porcentaje de estado de situación inicial de un 63% correspondiendo a la tabla de ponderación cualitativa, se obtiene que el estado general de los elementos del evaporador es regular.

Para comprender el estado técnico del evaporador se detalla las actividades realizadas:

3.5.1 Estado de la carcasa: después de realizar una limpieza e inspección visual se determinó que no existen fugas del sistema, no se presencia corrosión ni humedades.

3.5.2 Estado de la tubería de succión y descarga. No se detectó presencia de humedad ni presencia de hielo en la tubería.

3.5.3 Estado de anclaje: los pernos de sujeción están en funcionamiento, no hay aislamiento de ninguno de ellos, tiene buena fijación al techo y no presenta problemas para el mantenimiento de manipulación de los componentes.




3.5.4 Estado de serpentín: las aletas del serpentín están en buen estado, fijas sin obstrucciones para la circulación del refrigerante, no se observó goteos o filtraciones del refrigerante.

3.5.5 Estado de moto-ventiladores: el funcionamiento es normal pero hace falta un motor ventilador en uno de los ventiladores para mejorar la eficiencia en la calidad del servicio.

3.5.6 Estado de cableado eléctrico: en la inspección del cableado eléctrico se pudo observar presencia de óxidos en sus terminales.






3.5.7 Bandeja de drenaje: se encontró con fisuras en el cuerpo de la bandeja producto del deterioro al paso de los años y a la falta de mantenimiento.

Tabla 7. Estado técnico del evaporador

		FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS		PLANTA DE CÁRNICOS					
		ESTADO TÉCNICO							
DATOS GENERALES									
EQUIPO/SISTEMA:	EVAPORADOR		UBICACIÓN:	Cuarto FRIO		CÓDIGO DEL ACTIVO:	UCB 46780	SERIE:	N/E
PLANOS:	SI	NO X	MANUAL:	SI	NO X	REALIZO:	CR/AM	FECHA:	
DATOS DE PLACA									
MARCA:	DORIN		MODELO:	N/E		MAX PRESIÓN:	362 PSI		
TIPO:	AIRE FORZADO		REFRIGERANTE:	R22		ADQUISICIÓN:	1982		
EVALUACIÓN EXTERNA DEL EQUIPO									
ITEM	ESTADO TÉCNICO				NOK	OK			
1	CARCAZA DEL EVAPORADOR				0	1			
2	TUBERIAS SUCCION Y DESCARGA				0	1			
3	ANCLAJE				0	1			
4	SERPENTIN				0	1			
5	MOTOVENTILADORES				1	0			
6	BASES DEL MOTOVENTILDOROS				0	1			
7	CABLEADO ELECTRICO				1	0			
8	BANDEJA DE DRENAJE				1	0			
					TOTAL	3	5		
SITUACIÓN DE ESTADO ACTUAL					63%	REGULAR			
OBSERVACIONES: SE ENCUENTRA EN ESTADO REGULAR DE DEBE REALIZAR UNA REPARACION MEDIA.									
CONCLUSIONES: SE DEBE REALIZAR EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO.									

Fuente: Autores

Tabla 8. Plan de acción del evaporador

		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS PLANTA DE CÁRNICOS					
		PLANES DE ACCIÓN					
tem	Fecha	Foto	Descripción del problema	Acción ejecutada	Fecha de cierre	Resp.	
5	1/10/2014		tapa de drenaje se encuentra en mal estado	remachar la tapa de drenaje	03/10/2014	CR/AM	
7	1/10/2014		falta de motor ventilador en un evaporador	reponer el motor ventilador faltante y realizar su respectivo mantenimiento	03/10/2014	CR/AM	
8	1/10/2014		conexiones eléctricas en mal estado	Realizar nueva conexión eléctrica.	03/10/2014	CR/AM	




Fuente: Autores

3.6 Análisis del estado de elementos auxiliares.

En el estado de los elementos auxiliares se evaluaron los siguientes elementos: separador de aceite, filtro deshidratador de líquido, válvulas cheque, válvula de paso, válvula solenoide, termostato, cristal mirilla, válvula termo expansión, válvula de alivio, tuberías succión/descarga, manómetros de baja y alta presión

Elaborada la evaluación se obtuvo como resultado 10 OK y 2 NOK que nos da un porcentaje de estado de situación inicial de un 83% correspondiendo a la tabla de ponderación cualitativa, se obtiene que el estado general de los elementos auxiliares es bueno.

Tabla 9. Estado técnico de los elementos auxiliares

		FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS		PLANTA DE CÁRNICOS					
ESTADO TÉCNICO									
DATOS GENERALES									
EQUIPO/SISTEMA:	ELEMENTOS AUXILIARES		UBICACIÓN:	Cuarto de máquinas		CÓDIGO DEL ACTIVO:	16834	SERIE:	N/E
PLANOS:	SI	NO x	MANUAL:	SI	NO	REALIZO:	CR/AM	FECHA:	
DATOS DE PLACA									
VOLTAJE:	Δ 220 -240		VOLTAJE:	λ 380 -415		FECUENCIA:	60 HZ		
MAX PRESIÓN:	362 PSI		RPM:	1750		COS φ:	0,86		
KW	7.5		REFRIGERANTE	R22		ADQUISICIÓN	1982		
									
EVALUACIÓN EXTERNA DEL EQUIPO									
ITEM	ESTADO TÉCNICO				NOK	OK			
1	TANQUE RECIBIDOR				0	1			
2	SEPARADOR DE ACEITE				0	1			
3	FILTRO DESHIDRATADOR DE LIQUIDO				1	0			
4	VALVULAS CHEQUE				0	1			
5	VALVULA DE PASO				0	1			
6	VALVULA SOLENOIDE				0	1			
7	THERMOSTATO				0	1			
8	CRISTAL MIRILLA				0	1			
9	VALVULA TERMOEXPANSIÓN				1	0			
10	VALVULA DE ALIVIO				0	1			
11	TUBERIAS SUCCIÓN/DESCARGA				0	1			
12	MANÓMETROS DE BAJA Y ALTA PRESIÓN				0	1			
TOTAL					2	10			
SITUACIÓN DE ESTADO ACTUAL					83%	BUENO			
OBSERVACIONES: LA MAYORIA DE ELEMENTOS AUXILIARES SE ENCUENTRAN EN BUEN ESTADO, POR LO QUE LAS ACCIONES A REALIZAR SON REPARACIONES PEQUEÑAS, COMO CAMBIO DE FILTROS, ADEMÁS LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE LOS ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS.									
CONCLUSIONES: ES NECESARIO REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN TODOS LOS ELEMENTOS AUXILIARES.									

Fuente: Autores

En el caso de los elementos auxiliares se realizó la prueba de detección de fugas mediante la presurización del sistema con nitrógeno, es por eso que la determinación del estado técnico se debe a su funcionamiento.

3.6.1 Tanque recibidor: es grande para contener todo el refrigerante del sistema y está equipado con una válvula de servicio en la salida.

3.6.2 Separador de aceite: no existen fugas ni presencia de humedad, la soldadura está en perfecto estado.





3.6.3 Filtro deshidratador de líquido: existe presencia de humedad.

3.6.4 Termostato: sus conexiones y terminales están haciendo buen contacto, cables en buen estado y la alimentación de voltaje es adecuado, las funciones son operadas de acuerdo a lo seleccionado.

3.6.5 Cristal mirilla: se encuentra después del filtro deshidratador en la línea de líquido principal, no existe corrosión; solo necesita ser cambiado después que se quemara el compresor

3.6.6 Válvula de termo expansión: normalmente esta válvula es de funcionamiento casi silencioso, existiendo un ligero ruido por el paso del refrigerante, en nuestro caso no existe ruido, la válvula está totalmente en silencio, es señal que no pasa refrigerante.

Tabla 10. Plan de acción de los elementos auxiliares

		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS PLANTA DE CÁRNICOS					
PLANES DE ACCIÓN							
tem	Fecha	Foto	Descripción del problema	Acción ejecutada	Fecha de cierre	Resp.	
3	6/09/2014		El filtro no cumple con su función debido al gran tiempo que ha estado fuera de servicio.	reemplazo del filtro	27/09/2014	CR/AM	
9	6/09/2014		La válvula se encuentra totalmente tapada	Realizar limpieza y reemplazo del filtro interior.	27/09/2014	CR/AM	




Fuente: Autores

3.7 Análisis del estado del sistema eléctrico.

En el estado del sistema eléctrico se evaluaron los siguientes elementos: el estado de contactores, breakers, cableado, fusibles, temporizadores, controles, selectores, lámparas piloto.

Culminada la evaluación se obtuvo un resultado de 0 OK y 8 NOK que nos da un porcentaje de estado de situación inicial de 0% correspondiendo a la tabla de ponderación cualitativa, se obtiene que el estado de situación inicial del sistema eléctrico es malo.

Tabla 11. Estado técnico del sistema eléctrico





		FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS		PLANTA DE CÁRNICOS			
		ESTADO TÉCNICO					
DATOS GENERALES							
EQUIPO/SISTEMA:	SISTEMA ELÉCTRICO		UBICACIÓN: Cuarto de Mando		CÓDIGO DEL ACTIVO:	N/E	SERIE: N/E
PLANOS:	SI	NO X	MANUAL:	SI	NO X	REALIZO:	CR/AM FECHA:
DATOS DE PLACA							
MARCA:	N/E		MODELO:	N/E		MAX PRESIÓN:	N/E
TIPO:	Manual		VOLTAJE	Δ 220 -240		ADQUISICIÓN	1982
							
EVALUACIÓN EXTERNA DEL EQUIPO							
ITEM	ESTADO TÉCNICO				NOK	OK	
1	CONTACTORES				1	0	
2	BREAKERS				1	0	
3	CABLEADO				1	0	
4	FUSIBLES				1	0	
5	TEMPORIZADORES				1	0	
6	CONROLES				1	0	
7	SELECTORES				1	0	
8	LAMPARA PILOTOS				1	0	
TOTAL					8	0	
SITUACIÓN DE ESTADO ACTUAL					0%	Malo	
OBSERVACIONES: EL SISTEMA ELECTRICO ESTA FUERA DE SERVICIO POR LO QUE SE DETERMINO QUE SE ENCUENTRA EN MAL ESTADO.							
CONCLUSIONES: ES NECESARIO REALIZAR UN NUEVO DISEÑO DEL CIRCUITO DE MANDO Y POTENCIA DEBIDO A QUE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS SE ENCUENTRAN OBSOLETOS, LA MAYORIA CUMPLIERON SU VIDA UTIL.							

Fuente: Autores

En este caso del sistema eléctrico al realizar el arranque directo se tuvo cortocircuitos que expusieron la seguridad del operador, los cables están sueltos, con presencia de óxido, no existe una buena señalización, uso excesivo de elementos de control, sistema de encendido ambiguo. No es conveniente reutilizar dichos elementos debido al gran tiempo de inoperancia y se tomó la decisión de realizar una nueva conexión eléctrica a todo el sistema cuya manipulación y mantenimiento sea fácil para el encargado de la planta.

Para mejorar el estado del sistema eléctrico, se debe realizar las tareas que se encuentran en el plan de acción del sistema eléctrico ubicado en la tabla N° 12.

Tabla 12. Plan de acción del sistema eléctrico

		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS PLANTA DE CÁRNICOS				
PLANES DE ACCIÓN						
tem	Fecha	Foto	Descripción del problema	Acción ejecutada	Fecha de cierre	Resp.
1	29/09/2014		existen elementos muy antiguos que ya no existen	realizar un nuevo diseño del circuito	30/09/2014	CR/AM
2	29/09/2014		Los breakers están mal dimensionados y son innecesarios en esta área.	suspender esta toma de breakers, remplazarlo algo más sencillo	30/09/2014	CR/AM
3	29/09/2014		Debido al gran número de cables sueltos es difícil descifrar al área donde pertenece cada elemento.	Suspender esta caja por algo más moderno y sencillo.	30/09/2014	CR/AM

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA

Una vez que se ha realizado el estado de situación inicial y los planes de acción se procede a realizar los mantenimientos correspondientes a cada plan de acción.

4.1 Mantenimiento del compresor

Debido al gran tiempo que el equipo ha estado fuera de servicio no se ha realizado ningún tipo de mantenimiento por lo que se puede observar que existe deterioro de la carcasa, presencia de polvos, humedad y deterioro de la pintura. Por lo tanto para su mantenimiento es necesario realizar el desmontaje del compresor para poder analizar su estado interno y externo con el fin de tomar decisiones sobre el tipo de mantenimiento y la acción a realizar. A continuación se detallan los problemas encontrados y la solución aplicada.

4.1.1 Inspección interna del compresor. Se revisó los cojinetes de biela – cigüeñal, cigüeñal – bloque, pistón – bulón para examinar si tienen holguras a causa de ruidos y vibraciones anormales, además se realizó una verificación en la parte interna de los pistones y en el eje del cigüeñal para comprobar si existen rayaduras o pistas formadas a causa de la falta de lubricación. Después de una inspección minuciosa se determinó que no existen holguras y por lo tanto se pueden volver a utilizar, no es necesario su cambio o reparación.

Figura 17. Inspección interna del compresor



Fuente: Autores

4.1.2 Verificar la continuidad de las bobinas. Para comprobar se necesitó de un multímetro y se procedió a desconectar todos los cables del compresor, la prueba

consiste en verificar que exista continuidad entre los terminales del compresor y midiendo de dos en dos verificamos si en estos terminales no hay continuidad pero obtenemos un resultado favorable las bobinas están en buen estado y además se comprobó el funcionamiento de la resistencia y el termostato. Todos estos elementos están en buen estado y por lo tanto podemos seguirlos utilizando.

4.1.3 Cambio de empaques. Como se mencionó en el plan de acción es necesario realizar actividades de mantenimiento preventivo por lo tanto es indispensable el cambio del empaque y así evitar fugas del aceite, tomando en consideración la presencia de humedad existente acompañado de polvos, al sacar el empaque del compresor éste estaba en mal estado, tenía fisuras en su alrededor.

Figura 18. Cambio de empaques.



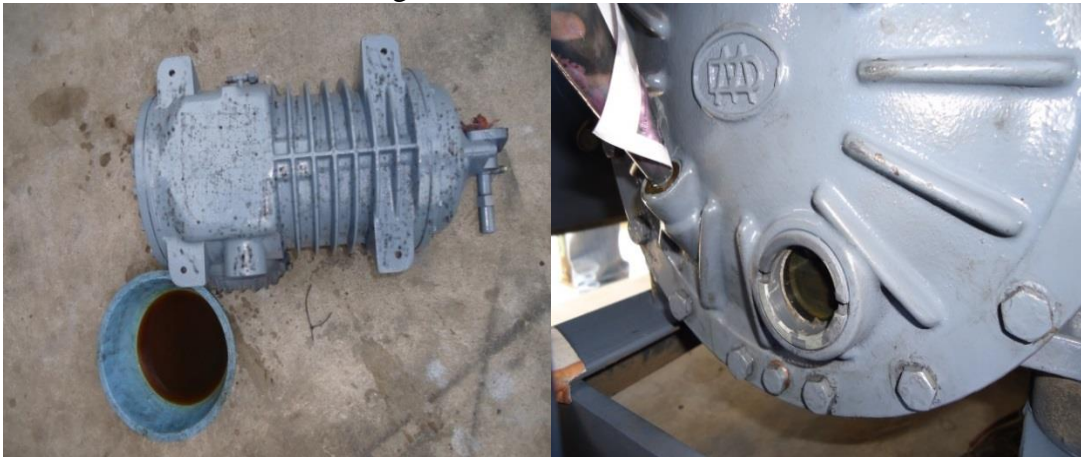
Fuente: Autores

4.1.4 Cambio de aceite. A través de la mirilla se puede observar un nivel anormalmente bajo, esto es resultado de una pérdida de lubricación cuyas pruebas se evidencian en las válvulas de paso en donde se observan humedades. Para recargar la cantidad de aceite el compresor debe extraerse de la línea de aspiración inclinando el compresor además se procedió con un pequeño análisis del lubricante en cuanto a su color, viscosidad y presencia de partículas ferrosas.

El aceite tenía un color café claro, para comprobar la presencia de partículas ferrosas introducimos una varilla con una punta magnética para extraerlas, al final se tuvo como resultado que no existen presencia de éstas partículas y por lo tanto descartamos el desgaste y deterioro en el interior del compresor.

Se cargó el aceite hasta la mitad de la mirilla ya que según los fabricantes deben mantenerse por encima del centro de la mirilla mientras está funcionando. Un nivel de aceite anormalmente bajo puede resultar en una pérdida de lubricación, mientras que en un nivel de aceite excesivamente elevado puede resultar en un empaste de aceite y posibles daños a las válvulas del compresor o una excesiva circulación de aceite.

Figura 19. Cambio aceite.



Fuente: Autores

4.1.5 Lijado y pintado. Se realizó la limpieza general y se aplicó una nueva capa de pintura.

Figura 20. Lijado y pintado de compresor



Fuente: Autores

4.2 Mantenimiento de condensador.

Se realizó la limpieza, lijado y pintado tanto del condensador, tanque recibidor y separador de aceite.

Figura 21. Mantenimiento condensador



Fuente: Autores

4.2.1 *Mantenimiento de serpentines y aletas.* El problema principal del condensador es la suciedad acumulada que se transforma en un aislante y por lo tanto reduce la transferencia de calor, en la figura N° 22 se puede observar que la parte externa por donde ingresa el aire se encuentra obstruida impidiendo el ingreso de aire fresco entonces realizamos la limpieza y separación de aletas .

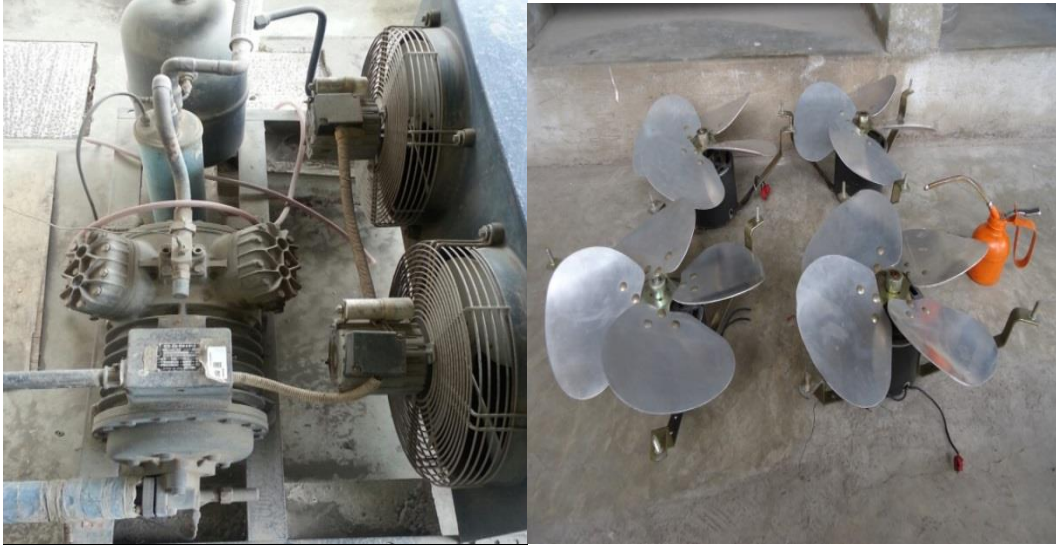
Figura 22. Aletas del condensador



Fuente: Autores

4.2.2 *Mantenimiento de ventiladores.* Los ventiladores se utilizan para producir corrientes de aire que se manipulan para neutralizar y eliminar la presencia de calor, polvo, humo, gases, condensaciones, olores, etc., por lo tanto desmontamos los ventiladores del condensador para su limpieza, lubricación y nueva conexión eléctrica.

Figura 23. Ventiladores del condensador.



Fuente: Autores

4.3 Mantenimiento de evaporadores.

Se realizó la reposición del motor ventilador faltante conjuntamente con la limpieza, lubricación, remachado de tapa de drenaje y ajuste de pernos de sujeción de los motores ventiladores de los dos evaporadores en el cuarto de refrigeración.

Figura 24. Evaporadores



Fuente: Autores

4.4 Mantenimiento de elementos auxiliares

Se realizó el mantenimiento de todos los elementos auxiliares del sistema de acuerdo al problema encontrado.

4.4.1 Cambio de filtro deshidratador. Normalmente el cambio se lo debe realizar cuando se instale un compresor nuevo pero esta vez se lo realizó porque existe humedad, que el filtro no ha sido capaz de retener. Esta presencia de humedad puede acarrear el bloqueo de la válvula de expansión por una formación de tapón de hielo, daños a los ensamblajes soldados o la hidrólisis del aceite. Se realizó el cambio por uno nuevo del mismo modelo y características de funcionamiento.

Figura 25. Filtro deshidratador



Fuente: Autores.

4.4.2 Mantenimiento de válvula de termo expansión. Realizamos la limpieza interna de la válvula y el cambio de filtro.

Figura 26. Válvula de termo expansión



Fuente: Autores.

4.5 Mantenimiento del sistema eléctrico.

En el análisis del estado técnico del sistema eléctrico se observó que el estado es malo, por lo tanto realizamos una repotenciación completa.

4.5.1 Implementación del sistema eléctrico. Para este sistema no es conveniente realizar una repotenciación dado que el estado técnico es malo y cuenta con elementos eléctricos antiguos que en la actualidad se consideran obsoletos, además contemplamos

la aplicación de la eficiencia energética al diseñar un circuito eléctrico con menor número de componentes, fácil de comprender y utilizar, minimizando el tiempo del operador para poner en funcionamiento el cuarto de refrigeración en el momento que requiera de su servicio.

Por lo tanto optamos por un nuevo diseño tanto en el circuito de mando como en el de potencia.

4.5.2 Sistema de control. Se requiere un sistema de control eléctrico local que opere sobre el sistema de refrigeración con una programación en función de la temperatura, horario y de ahorro energético.

4.5.3 Diseño del circuito de potencia. Para el sistema de refrigeración diseñamos el siguiente circuito de potencia que está compuesto por un compresor trifásico y seis ventiladores bifásicos que podemos observar en la figura N° 27.

4.5.4 Diseño del circuito de mando. Este circuito se compone de la red de alimentación bifilar. El funcionamiento empieza al seleccionar la posición de encendido excitando la bobina del contactor principal KC y el contactor de los ventiladores KVE, teniendo en cuenta que los contactos del presóstat y del controlador digital se encuentren en posición cerrados.

Se dispone de un elemento de protección de voltaje y corriente (delay) que impide el funcionamiento en caso de que existan corrientes anómalas, sobre intensidad, ausencia de una de las fases, etc.

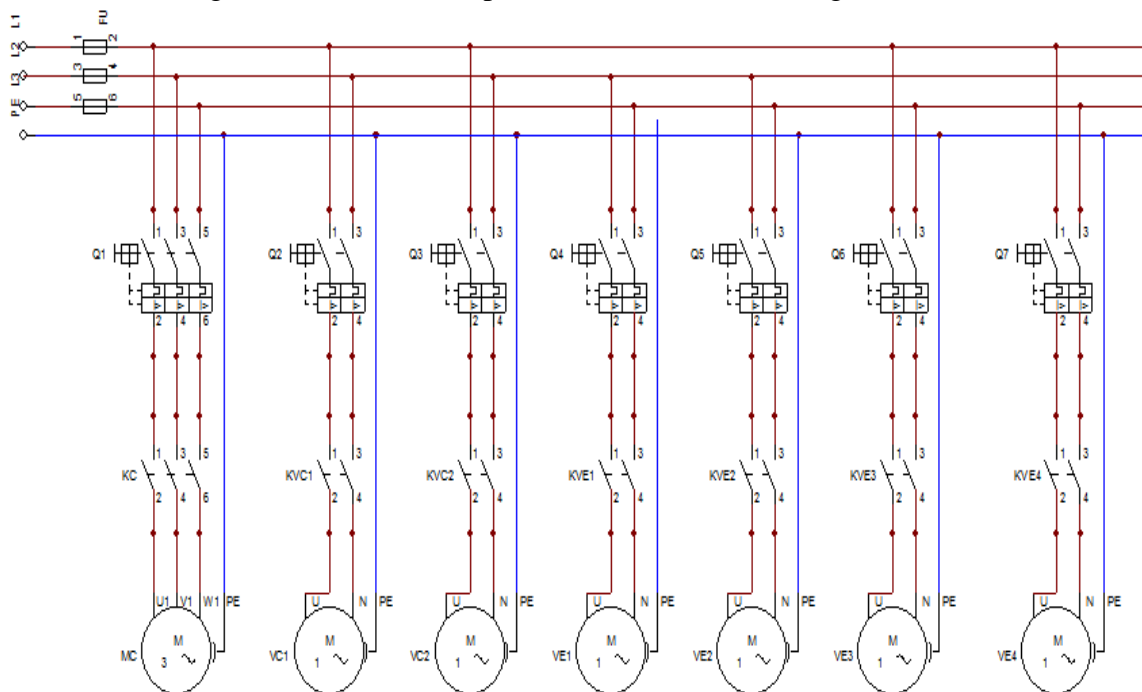
El rango de temperatura solicitado por el personal de la planta es de 2 a 4 °C, temperatura que la carne o sus derivados mantiene sus propiedades, evita su descomposición y contaminación de microorganismos.

En el momento que el controlador digital indique 2 °C el contactor principal KC y el contactor de los ventiladores KVE se desenclavan, por lo tanto se apaga todo el sistema de refrigeración hasta que la temperatura ascienda a 6 °C donde nuevamente se excita el contactor principal y el contactor de los ventiladores, este proceso se repite por tres horas después de este tiempo el sistema entra en reposo durante quince minutos. Estos

parámetros se consideraron debido a que el sistema está trabajando 24 horas al día los 365 días del año.

La segunda opción del selector es el deshielo que excita únicamente la bobina del contactor de los ventiladores de los evaporadores KVE, en este caso el operador será el encargado de seleccionar esta opción cuando exista la presencia de hielo en los ventiladores que impiden la transferencia de calor. Por último podemos seleccionar la opción de apagado, en caso de no existir producción de esta manera ahorramos el consumo de energía, el circuito lo podemos observar en la figura N°28

Figura 27. Circuito de potencia de sistema de refrigeración



Fuente: Autores

Dónde:

Q= Guarda motor para cada motor

KC= contactor del compresor

KVC=contactor de los ventiladores de los condensadores

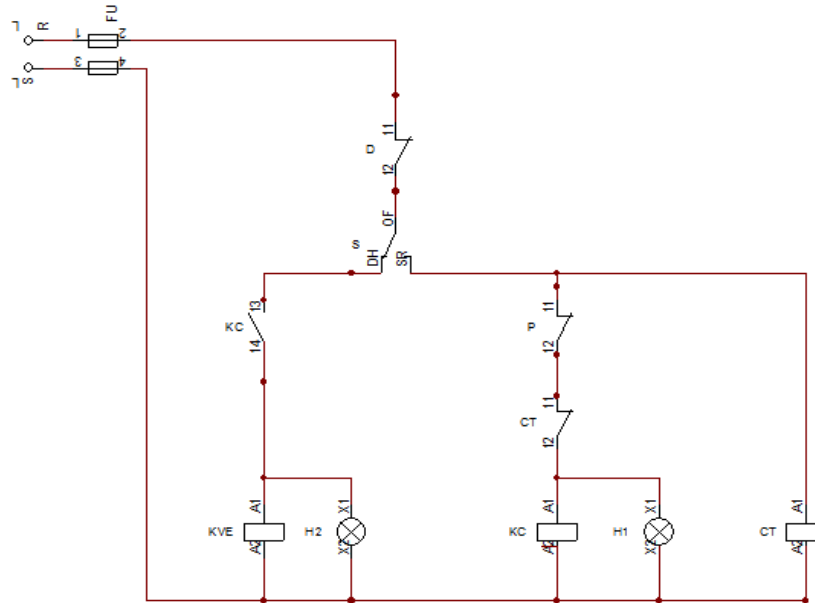
KVE= contactor de los ventiladores de los evaporadores

MC= motor del compresor 3F

VC= motor de los ventiladores del condensador

VE= motor de los ventiladores de los evaporadores

Figura 28. Circuito de mando de sistema de refrigeración



Fuente: Autores

Dónde:

D= delay

OFF= apagado del sistema

SR= funcionamiento del sistema de refrigeración

DH= deshielo de los ventiladores de los evaporadores

CT= controlador de temperatura

4.6 Cálculo de la sección de conductores para el compresor

Con la ayuda de los datos que nos proporciona la placa del compresor se realizan los cálculos para poder hallar la sección del conductor que vamos a utilizar en la instalación eléctrica.

Datos.

P = 5 HP

COS φ = 0.85

η = 80%

VL = 220 V

$$P_{ELEC} = \frac{P_{MEC}}{\eta}$$

$$P_{ELEC} = \frac{5 * 746W}{0.8}$$

$$P_{ELEC} = 4662.5 W$$

$$I_N = \frac{P_{ELEC}}{\sqrt{3} V_L \cos\phi}$$

$$I_N = \frac{4662.5 W}{\sqrt{3} * 220V * 0.85}$$

$$I_N = 14.40 A$$

Potencia reactiva

$$Q = \sqrt{3} * I_N * V_L * \text{sen}\phi$$

$$Q = \sqrt{3} * 14.4A * 220V * 0.53$$

$$Q = 2908.2 \text{ VAR}$$

Potencia aparente total

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$$

$$S_T = \sqrt{(4662.5 w)^2 + (2908.2 VAr)^2}$$

$$S_T = 5495.14 \text{ VA}$$

Intensidad de línea total

$$S_T = \sqrt{3} V_L I_L$$

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} V_L}$$

$$I_T = \frac{5495.14 \text{ VA}}{\sqrt{3} * 220V}$$

$$I_T = 14.42 \text{ A}$$

El calibre recomendado para el compresor es 12 AWG tabla N°01 En el anexo A.

4.7 Cálculo de la sección de conductores para moto ventiladores

Tomando en cuenta los datos de la placa de los motores ventiladores se realizan los siguientes cálculos para obtener la sección de los conductores.

Datos.

$$P = 1 \text{ HP}$$

$$\text{COS } \varphi = 0.85$$

$$\eta = 80\%$$

$$V_L = 220 \text{ V}$$

$$P_{ELEC} = \frac{P_{MEC}}{\eta}$$

$$P_{ELEC} = \frac{1 * 746W}{0.8}$$

$$P_{ELEC} = 932.5 \text{ W}$$

$$I_N = \frac{P_{ELEC}}{\sqrt{3} V_L \text{cos}\varphi}$$

$$I_N = \frac{932.5}{\sqrt{3} * 220V * 0.85}$$

$$I_N = 2.87 \text{ A}$$

$$Q = \sqrt{3} * I_N * V_L * \text{sen}\varphi$$

$$Q = \sqrt{3} * 2.87A * 220V * 0.53$$

$$Q = 581.44 \text{ VAr}$$

Potencia aparente total

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$$

$$S_T = \sqrt{(932.5 \text{ w})^2 + (581.44 \text{ VAr})^2}$$

$$S_T = 1098.92 \text{ VA}$$

Intensidad de línea total

$$S_T = \sqrt{3} V_L I_L$$

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} V_L}$$

$$I_T = \frac{1098.92 \text{ VA}}{\sqrt{3} * 220 \text{ V}}$$

$$I_T = 2.88 \text{ A}$$

El calibre recomendado para los moto ventiladores es 18 AWG según tabla N°01 En el anexo A.

4.8 Cálculo del disyuntor

Con la ayuda de los datos obtenidos anteriormente se realizan los cálculos para la obtención de los siguientes datos:

Intensidad nominal del compresor de 5HP

$$I_N = 14.40 \text{ A}$$

Intensidad nominal del moto ventilador de 1HP

$$I_N = 2.87 A * 6 \text{ (Considerando que son 6 moto-ventiladores)}$$

$$I_N = 17.22 A$$

Intensidad nominal del conjunto

$$I_N = 31.62 A \text{ (} I_N \text{ del compresor} + I_N \text{ del ventilador)}$$

$$I_B = 1.5 * 31.62 A \text{ (1.5 es el factor de seguridad)}$$

$$I_B = 47.43 A$$

$$I_B \approx 50A$$

El disyuntor que se va a utilizar en este conjunto es de tres polos de 50 A.

4.9 Protector de voltaje o delay.

4.9.1 Especificaciones

- Este protector tiene como misión mantener a salvo el compresor
- Se apaga cuando el voltaje de CA es demasiado alta o demasiado baja, se vuelve a conectar a ella después de min 3-4 demora
- Ca- salida de corte cuando el voltaje de entrada es demasiado alta o demasiado baja.
- Ca- retrasar la salida volver a conectar (fijo 3 min) repetitivas contra los cortes de energía.
- De salida- ahorro de espacio de diseño delgado.
- Operación automática

Figura 29. Delay



Fuente: www.fulgauge.com

4.10 Selección del gabinete metálico. El gabinete metálico fue seleccionado a con características y especificaciones técnicas. Ver Anexo B

4.10.1 Armado del tablero de control y distribución. Para realizar el armado de la caja de control se realizan diferentes pasos que se detallan a continuación.

- Fijación del disyuntor.
- Fijación del delay.
- Fijación de contactores.
- Corte de espacios para elementos de la tapa frontal del gabinete.
- Fijación del controlador digital
- Fijación del selector de posición.
- Fijación de luces piloto.
- Realizar instalación eléctrica interna del gabinete.

Figura 30. Armado del tablero de control y distribución.



Fuente: Autores

4.10.2 Colocación del tablero.

- Identificar el espacio para la caja
- Taladrado de la pared
- Ubicación de la caja en la pared
- Colocación de mangueras y canaletas para cableado.

4.10.3 Materiales

- Disyuntor 3 polos SCHNEIDER C – 50A
- Delay retardado EVERGREEN 120V-15A
- Contactor principal METASOL MC-32A
- Contactor ventiladores E.T.N 220V
- Controlador digital FULL GAUGE-110/220 V
- Selector de tres posiciones.
- Luces pilotos color verde.
- Gabinete metálico BEAUCOUP
- Waípe
- Cable # 12AWG
- Cable # 18 AWG

4.10.4 Herramientas

- Cortadora de cable.
- Escuadra.
- Alicates
- Taladro
- Brocas

4.11 Selección y programación del controlador digital

El MT-512Ri es un controlador e indicador de temperatura, con tiempo de duración de los procesos de refrigeración y deshielo configurables. Controla la refrigeración y

deshielos por parada de compresor. El controlador posee un sistema inteligente de bloqueo de teclas y permite la desconexión de las funciones de control.

4.11.1 Configuraciones

4.11.1.1 Ajuste de la temperatura de control (SETPOINT)



- Presione **SET** durante 2 segundos hasta aparecer **SEE**, soltando enseguida. Aparecerá la temperatura de control ajustada.
- Utilice las teclas  y  para modificar el valor y cuando esté listo, presione **SET** para grabar.

Figura 31. Controlador e indicador de temperatura



Fuente: www.fulgauge.com

4.11.1.2 Parámetros de configuración protegidos por el código de acceso.

Tabla 13. Parámetros de configuración protegidos por el código de acceso

Fun.	Descripción	Celsius				Fahrenheit			
		Mín.	Máx.	Unidad	Padrón	Mínimo	Máx.	Unidad	Padrón
F01	Código de acceso: 123 (ciento veintitrés)								
F02	Corrimiento de indicación (offset)	-5.0	5.0	°C	0	-9	9	°F	0.0
F03	Mínimo set point permitido al usuario final	-50	200	°C	-50	-58	392	°F	-58
F04	Máximo set point permitido al usuario final	-50	200	°C	75.0	-58	392	°F	167
F05	Diferencial de control (hysteresis)	0.1	20.0	°C	1.0	1.0	40	°F	2
F06	Retardo para reconectar la salida de refrigeración	0.0	999.0	seg	20.0	0.0	999.	seg	20.0
F07	Tiempo de refrigeración	1.0	999.0	min	240.0	1.0	999.	min	240.0
F08	Tiempo de deshielo (*)	0.0	999.0	min	30.0	0.0	999.	min	30.0
F09	Estado inicial al reconectar el instrumento	0-refri	1-desh		0-refrig	0-refrig	1-desh		0-refrig
F10	Indicación de temperatura trabada durante el deshielo (**)	0-no	1-si		0-no	0-n0	1-si		0-no
F11	Retardo en la energización del instrumento	0.0	240.0	min	0.0	0.0	240.	min	0.0
F12	Tiempo adicional al final del primer ciclo	0.0	240.0	min	0.0	0.0	240.	min	0.0
F13	Situación del compresor con el sensor dañado	0-desc	1-conec		0-descon	0-descon	1-conec		0-descon
F14	Intensidad del filtro digital (***)	0.0	9.0		0.0	0.0	9.0		0.0
F15	Tiempo para bloqueo de teclas	14-no	60.0	seg	14-no	14-no	60.	seg	14-no

Fuente: www.fulgauge.com

Más información sobre este controlador se puede encontrar en el anexo C.

4.12 Instalación eléctrica

Una vez instalado el gabinete metálico a la pared y realizadas las conexiones internas se procede a realizar las conexiones eléctricas del compresor, ventiladores del condensador, presóstato, ventiladores y demás elementos de los evaporadores hacia los elementos del gabinete metálico.

Figura 32. Instalación eléctrica



Fuente. Autores

En vista de que se realizó un nuevo circuito y se reemplazó todos los conductores esta vez tomamos del tablero STD para la acometida hasta el tablero de control con una distancia de tres metros. El tablero de control se encuentra ubicado dentro de la planta de cárnicos, por lo tanto si se presenta algún problema se debe acudir al sitio mencionado para poder solucionarlo.

4.13 Preparación para la puesta en marcha

- Verificar que el delay esté funcionando al igual que las conexiones del presóstato y termostato estén en óptimas condiciones.
- El funcionamiento se realizará mediante el tablero de control que nos indica las temperaturas deseadas que se efectúan en periodos automáticos.
- En caso que se produzca hielo en los ventiladores de los evaporadores acudir al tablero de control y seleccionar la opción deshielo.

- Para realizar la puesta en marcha se debe realizar el proceso de barrido, procedimiento de vacío, carga del aceite del compresor y carga del refrigerante

4.13.1 Procedimiento de barrido. Este procedimiento es empleado para retirar elementos extraños del interior de tuberías de refrigeración. El barrido se emplea en refrigeración para eliminar partículas sólidas.

Como beneficio adicional retira altos contenidos de humedad presentes en las tuberías por inadecuada disposición de éstas antes de conectarse al sistema. Antes de comenzar el procedimiento se debe utilizar adecuadamente los elementos de protección personal (EPP). El procedimiento básico de barrido consiste en hacer fluir nitrógeno por un extremo de las tuberías del sistema y permitir la eliminación de contaminantes dejando el otro extremo de la tubería sin conectar, para mejorar este barrido se acostumbre obturar con la mano intermitentemente el extremo libre para acelerar la salida de estos residuos.

4.13.1.1 Herramientas y equipos necesarios para el procedimiento de barrido. Los equipos y herramientas utilizados en un barrido son los siguientes.

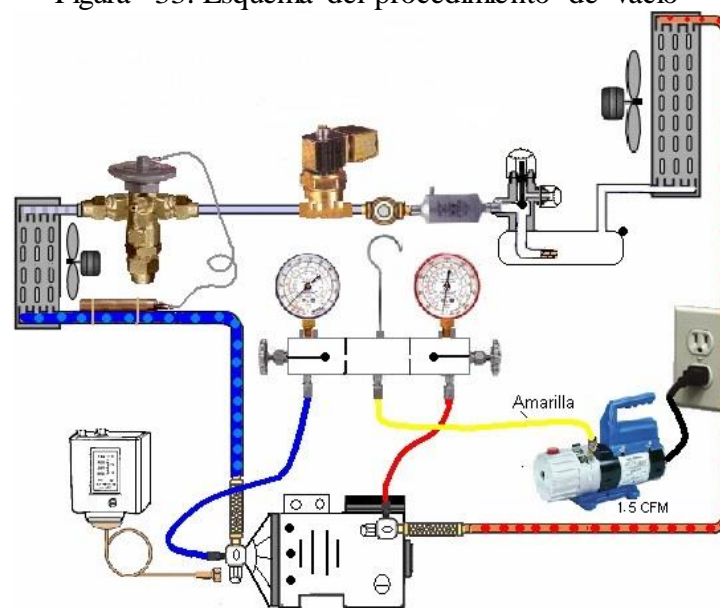
- **Cilindro para nitrógeno:** Son cilindros destinados para contener gases comprimidos (puede variar entre 1800 y 4000 PSI, el valor más común para la presión de carga es 2000 PSI). Están contruidos de acero, el Nitrógeno es un gas incoloro y sin olor. Es considerado como gas inerte pues su combinación con otras sustancias solo ocurre bajo condiciones muy especiales.
- **Válvula del cilindro:** Cada cilindro tiene una única válvula especial y distinta dependiendo del gas que contenga, determinada por la entidad que desarrolla y promueve estándares y prácticas de seguridad en aplicaciones industriales de gases, conocida como CGA (Compressed Gas Association).
- **Regulador para nitrógeno:** Mantiene la presión de salida o de servicio constante, independiente de la presión y del flujo de entrada proveniente del cilindro.

- **Elementos de protección personal:** Una inadecuada manipulación o transporte del cilindro puede provocar daños a la válvula o la ruptura del cilindro y puede exponer al usuario a todos los riesgos asociados por estas razones, todas las personas que manejen estos cilindros deben utilizar un equipo de protección básico que consiste en: guantes para proteger las manos de rasguños o heridas: gafas para proteger los ojos de los daños asociados con la liberación de presiones y botas de seguridad con punteras en caso de caída del cilindro.

4.13.2 Procedimiento para detección de fugas. Después de haber realizado las reparaciones correspondientes del caso, se hace el procedimiento para detección de fugas inyectando nitrógeno al sistema de refrigeración mediante el procedimiento de presurizado del sistema. (OSPINO , 2015)

4.13.2.1 Procedimiento de vacío. El vacío es una operación que se realiza para extraer los gases no condensables y la humedad absorbida por el sistema al momento de estar abierto, este procedimiento se realiza con una bomba de vacío para deshidratar, sacar todo el aire y humedad del sistema, si no se hace un buen vacío el aire y la humedad se mezclarán con el refrigerante y aceite formando ácido clorhídrico que corroerán las partes del sistema. Si se abre un sistema y el refrigerante tiene un olor agrio, penetrante, es indicio de la presencia de ácidos. Esto requerirá que se haga una limpieza del sistema.

Figura 33. Esquema del procedimiento de vacío



Fuente: (VAZQUEZ , 2012)

Pasos para realizar el procedimiento de vacío

Figura 34. Procedimiento de vacío.



Fuente: Autores

- Haber verificado que el sistema no tiene fugas con una prueba con nitrógeno a presión.
- Verificar que el equipo esté apagado.
- Verificar que las válvulas del juego de manómetros estén completamente cerradas.
- Conectar la manguera amarilla o de servicios a la toma de succión de la bomba de vacío.
- Conectar la manguera roja del manómetro de alta a la válvula de servicio del compresor.
- Conectar la manguera azul de baja presión a la succión del compresor, o alguna válvula de gusanillo que se encuentre en la tubería de succión.
- Abrir ambas válvulas en el juego de manómetro.
- Encender la máquina de vacío y esperar hasta que la presión del manómetro de baja marque mínimo 28 pulgadas de mercurio.

- Esperar a que la máquina de vacío trabaje por un tiempo mínimo de 30 minutos.
- Cerrar periódicamente la válvula de baja del juego de manómetros para verificar que no existan golpes de presión. Si no existen los golpes de presión, espere 10 minutos más de funcionamiento de la bomba de vacío.
- Cerrar la válvula de alta del juego de manómetros.
- Apagar la máquina de vacío.
- Desconectar las mangueras.
- Esperar un periodo de 1 a 2 horas y observar que la presión de vacío que se dejó se mantenga entre un rango de 30-40 PSI en el manómetro de baja presión y 170 - 180 PSI en el manómetro de alta presión.

4.13.3 Carga de aceite al compresor El siguiente paso a seguir después de realizar el vacío del sistema de refrigeración es realizar la carga del aceite en el compresor el aceite utilizado tiene las siguientes características.

Figura 35. Aceite mineral para compresor.



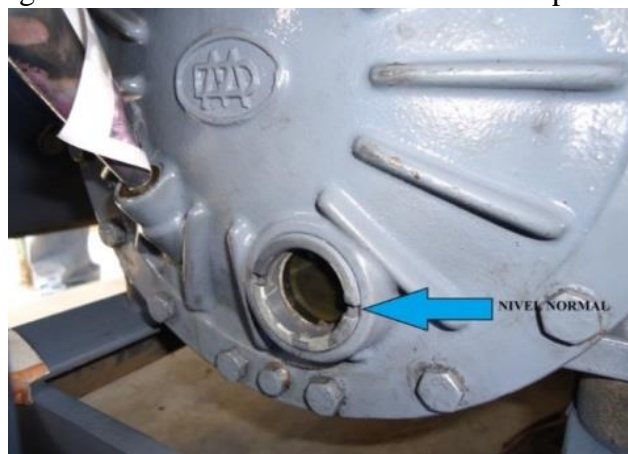
Fuente: (FORMEX, 2013)

Propiedades del aceite mineral ISO 32 SUS 150.

- Viscosidad: cSt @ 40 °C: 29.5, cSt @ 100 °C: 4.36
- Punto de inflamación 178 °C
- Punto de escurrimiento -43 °C

- Punto de espumación $-57\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Punto de enturbamiento $79\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Humedad $< 35\text{ ppm}$
- Manufacturados a partir de aceites naftalenicos especialmente seleccionados y altamente refinados para proveer una lubricación superior en sistemas de refrigeración y aire acondicionado.
- Ofrecen excelente estabilidad química cuando están en presencia de los refrigerantes y otros materiales de los compresores.
- Tienen muy buena estabilidad térmica
- Previene el taponamiento del sistema al no congelarse en el evaporador a bajas temperaturas.
- Poseen altas características dieléctricas para garantizar que sirvan de aislante entre en el motor y el cuerpo del compresor.
- Compatibilidad principalmente con estos refrigerantes; R12, R401A, R409A, R500, R401B, R13, R503, R503, R502, R402A, R408A, R402B, R22. HCFCs y CFCs.

Figura 36. Visor de nivel de aceite del compresor



Fuente: Autores

La cantidad de aceite a suministrar se comprueba a través del visor de aceite colocado en la tapa del cárter. El nivel de aceite durante la operación del compresor debe estar entre la mitad del círculo del visor (nivel normal) y un tercio del círculo. Si no llega a este nivel, puede haber un fallo en la línea de retorno de aceite o el compresor está consumiendo más cantidad de aceite de lo normal. Hay que verificar la causa y rectificarla.

4.13.4 Carga del sistema con refrigerante. Realizada la carga de aceite al compresor procedemos a realizar la carga del refrigerante para realizar este proceso realizaremos los siguientes pasos:

Figura 37. Carga de refrigerante.

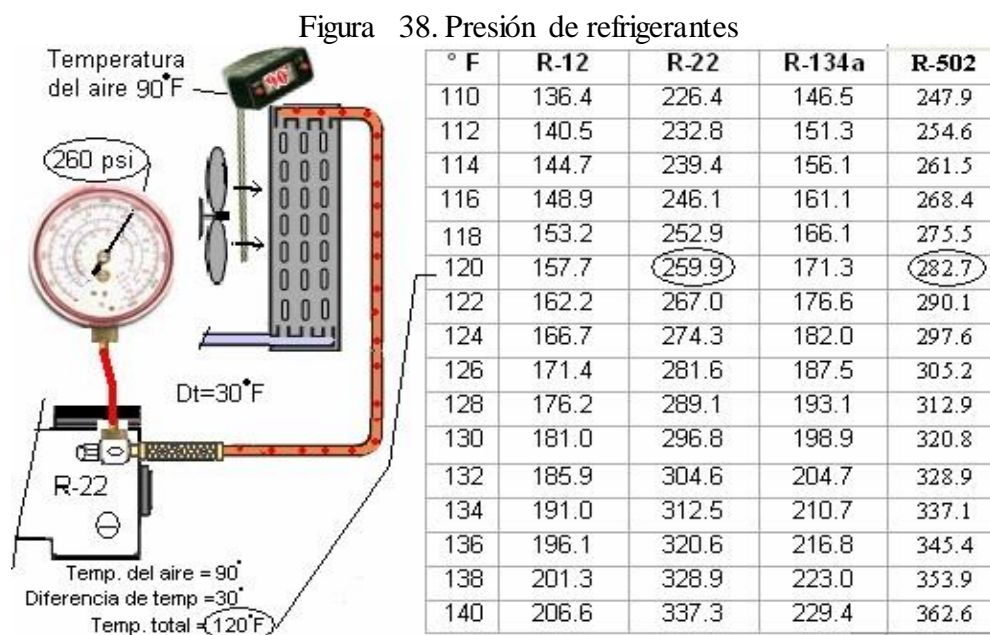


Fuente: Autores

- Conectar la manguera amarilla o de servicios al tanque de refrigerante.
- Conectar la manguera roja del manómetro de alta a la válvula de servicio del compresor.
- Conectar la manguera azul e baja presión a la succión del compresor.
- Verificar que todas las roscas de acople tengan un buen ajuste para evitar fugas.
- Desenroscar un poco la manguera de servicios de la conexión de juegos de manómetros para purgar un poco.
- Abrir la válvula de baja del juego de manómetros.

- Abrir la válvula del tanque refrigerante hasta que el manómetro marque de 50-70 PSI.
- Encender el compresor y hacer la carga hasta la presión deseada.
- Cerrar la válvula del tanque refrigerante y posterior la válvula de baja del juego de manómetros.
- Desconectar la manguera azul mientras el sistema está en funcionamiento.
- Desconectar la manguera roja y la de servicio cuando el sistema este apagado.

Al cargar el sistema por el lado de baja en forma de vapor, se debe utilizar el manómetro de baja para introducir y controlar el flujo del gas refrigerante, el manómetro de alta será usado para monitorear la presión de cabeza del compresor que corresponde a la presión de saturación del refrigerante en el condensador.



Fuente: (VAZQUEZ , 2012)

Deslícese hacia la derecha en la figura N° 38 hasta encontrar la columna correspondiente al refrigerante que usa el compresor, donde se cruzan ambas líneas, esta es la presión a la que debemos cargar el sistema usando el manómetro de alta para obtener la lectura.

4.13.5 Arranque de la unidad condensadora. Un arranque exitoso requiere de la preparación adecuada por parte del operador, del buen estado de los equipos y sistemas de apoyo. Es necesario realizar una inspección previa al arranque del sistema de refrigeración entre los cuales tenemos:

- Camine alrededor de los equipos de refrigeración tanto en la sala de máquinas como en el área de proceso y verifique su integridad física, los equipos de soporte y componentes.
- Verifique que las válvulas de paso manuales estén abiertas.
- Sistema eléctrico en servicio.
- Realizado todos estos procedimientos se procede a realizar el arranque de la unidad.

4.14 Operación del equipo

En todo sistema, los elementos de operación y de seguridad son susceptibles a daños inesperados, es por ello que el operador debe estar pendiente del funcionamiento del sistema y más aún debe saber reconocer un mal funcionamiento del mismo y atacar al verdadero causante del posible daño.

En operación normal del equipo las temperaturas de las cámaras serán óptimas, para verificar eso el operador debe revisar la presión de descarga, presión de succión, presión de aceite, y determinar si están en los rangos permitidos caso contrario tomar acciones correctivas. Acciones que se debe realizar cuando el equipo se apague por falla, ya sea de suministro eléctrico, falla de elementos, etc.

4.15 Revisión final para el arranque

Después de realizar las actividades de mantenimiento los siguientes puntos tendrán que ser cubiertos antes de que el sistema sea puesto en operación.

- a) Revise todas las conexiones eléctricas y de refrigerante.

- b) Observe el nivel de aceite del compresor antes del arranque. El nivel de aceite deberá estar a 1/4 o ligeramente arriba de 1/4 del nivel del cristal mirilla.
- c) Quitar las tuercas de montaje del compresor, quitar los espaciadores de embarque, instalar las arandelas de neopreno a pie del compresor, volver a poner en su lugar las tuercas de montaje y arandelas permitiendo un 1/16" de espacio entre la tuerca de montaje y el espaciador de neopreno.
- d) Verifique los controles de alta y baja presión, válvulas reguladoras de presión, y todo tipo de control de seguridad y ajústelos si es necesario.
- e) Verifique el termostato para su buen funcionamiento.
- f) En todos los motores de ventiladores en condensadores enfriados por aire, evaporadores. etc., debe ser checado el sentido de giro, el montaje de los motores ventiladores deber ser checado cuidadosamente para una fijación y alineación adecuada.
- g) Observar las presiones del sistema durante la carga y la operación inicial. No agregue aceite al sistema mientras tenga poco refrigerante a menos que el nivel de aceite este peligrosamente bajo.
- h) Permanezca cargando hasta que el sistema tenga el refrigerante suficiente para una buena operación. No sobrecargue, recuerde que las burbujas en el indicador de líquido pueden ser debidas a una restricción o bien por una baja carga de refrigerante
- i) No desatienda el equipo hasta que el sistema haya alcanzado sus condiciones normales de operación y la carga de aceite haya sido ajustada adecuadamente para mantener el nivel de aceite en el cristal mirilla en el punto recomendado. (PAZ Hernandez , 2008)

4.16 Funcionamiento del sistema de refrigeración.

Después de que el sistema ha sido cargado y operado durante 2 horas por lo menos en

condiciones normales, sin ningún indicio de mal funcionamiento, deberá ser operado durante toda la noche con los controles automáticos, entonces un chequeo completo del sistema en operación deberá efectuarse como se indica.

- a) Revisar las presiones en la descarga y succión del compresor, si no están dentro de los límites de diseño del sistema, determine el por qué y tome la acción correctiva.
- b) Revisar el nivel del líquido en la mirilla de la línea de líquido y el funcionamiento de la válvula de expansión Si hay indicios de ser requerido más refrigerante pruebe contra fugas en todas las conexiones y componentes del sistema y repare cualquier fuga antes de agregar refrigerante.
- c) Observe el nivel de aceite en el cristal mirilla del cárter del compresor, agregue aceite si es necesario para mantener el nivel mínimo 1/4 del cristal mirilla.
- d) Las válvulas de expansión termostática deben ser checadas para ajustar el sobrecalentamiento adecuado. Los bulbos sensores deben estar en contacto positivo con las líneas de succión y deberán aislarse. Las válvulas con alto sobrecalentamiento causan baja capacidad de refrigeración.
- e) Instalar una hoja de instrucciones y el diagrama de control del sistema para uso del operador no técnico. (PAZ Hernandez , 2008)

En el anexo C, se muestra una guía para su funcionamiento.

4.17 Análisis de Criticidad

Las técnicas de análisis de criticidad son herramientas que permiten identificar y jerarquizar por su importancia los activos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el proceso de análisis de criticidad ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan (Woodhouse, 1994)

El término “crítico” y la propia definición de criticidad pueden tener diferentes interpretaciones dependiendo del objetivo que se está tratando de jerarquizar. El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de un proceso de producción complejo, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. Desde esta óptica existe una gran diversidad de posibles criterios que permiten evaluar la criticidad de un activo.

Figura 39. Modelo del proceso de gestión del mantenimiento (MGM)



Fuente: (PARRA, y otros, 2012)

Los motivos de priorización pueden variar según las oportunidades y las necesidades de la organización. A continuación se presentan algunos criterios comunes a utilizar dentro de los procesos de jerarquización:

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo)
- Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción
- Efecto en la calidad del producto
- Efecto en la seguridad, ambiente e higiene
- Costos de paradas y del mantenimiento
- Frecuencias de fallas / confiabilidad
- Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad)
- Flexibilidad / accesibilidad de inspección y mantenimiento

- Requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento
- Disponibilidad de repuestos.

Los equipos a considerar son los siguientes:

- Compresor.
- Evaporador.
- Condensador.
- Tablero de control

A continuación se presenta la jerarquización cualitativa existente:

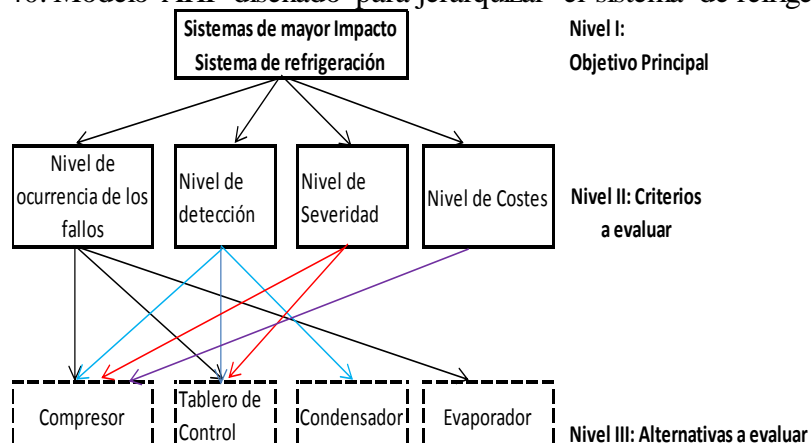
Tabla 14. Jerarquización cualitativa

Equipos	Jerarquización cualitativa
Compresor	1
Tablero de control	2
Condensador	3
Evaporador	4

Fuente: Autores

Para este caso específico, se diseñó un modelo AHP (Proceso de Análisis Jerárquico), tomado como base el proceso de evaluación del Riesgo propuesto por (Woodhouse, 2000). En términos generales el modelo AHP basado en el concepto del Riesgo lo que busca es jerarquizar por su importancia los equipos de un sistema de refrigeración sobre los cuales se van a dirigir recursos de mantenimiento (humanos, económicos y tecnológicos).

Figura 40. Modelo AHP diseñado para jerarquizar el sistema de refrigeración



Como resultado, el método propuesto generará una lista de equipos críticos en función de los factores básicos de riesgo a ser evaluados: frecuencia de fallos, niveles de detección o control de fallos, niveles de severidad y costes de los fallos dentro del contexto operacional.

Por otra parte, es importante aclarar el término “crítico” y la definición de criticidad, ya que estos pueden tener diferentes interpretaciones y van a depender del objetivo que se está tratando de jerarquizar. La jerarquización de los equipos nos permitirá orientar los recursos de mantenimiento hacia los equipos evaluados como críticos.

4.17.1 Criterios de decisión en forma de objetivos jerárquicos. Paso 1. Se identifican los tres niveles de jerarquización.

- Nivel 1. Definición del Objetivo principal. Jerarquizar los 4 equipos principales que conforman el sistema de refrigeración.
- Nivel 2. Definición de los Criterios de evaluación. La base teórica del proceso de evaluación de riesgo fue tomada de (Woodhouse, 2000). El modelo AHP diseñado, propone jerarquizar los sistemas evaluando criterios relacionados con los fallos de los sistemas: Frecuencia de ocurrencia de fallos (FF), Detección de fallos (DF), Severidad de los fallos (SF), Costes de los fallos (CF)
- Nivel 3. Descripción de las alternativas a ser jerarquizadas. Equipos del sistema de refrigeración a ser evaluados: Compresor, Tablero eléctrico, Evaporador, Condensador.

4.17.2 Pesos de las alternativas a ser jerarquizadas. Paso 2. Se procede a evaluar cada criterio de forma cuantitativa. Se define un proceso basado en el análisis de una serie de factores ponderados que permiten cuantificar cada criterio por cada alternativa a jerarquizar.

- Criterio de Frecuencia de Fallos (FF). El criterio de frecuencia de fallos es evaluado en función del número de fallos por período de tiempo. En la tabla N° 15 se presentan los diferentes niveles de frecuencia de fallos posibles.

Tabla 15. Escala que permite definir el criterio de frecuencia de fallos (FF)

FF	Nivel de frecuencia de ocurrencia fallos	Definición del nivel de frecuencia de ocurrencia de fallos
10	Muy alta: fallo que es casi inevitable	Una ocurrencia por semana
9		una ocurrencia por mes
8	Alta: continuamente	Una ocurrencia cada tres meses
7		Una ocurrencia cada seis meses
6	Moderada: ocasionalmente	Una ocurrencia cada nueve meses
5		Una ocurrencia cada año
4	Baja: fallo ocurre muy poco	Una ocurrencia entre dos años y tres años
3		Una ocurrencia entre cuatro años y seis años
2		Una ocurrencia entre siete y nueve años
1	Remota: no es probable que ocurra el fallo	Una ocurrencia en más de 10 años

Fuente: (PARRA, y otros, 2012)

- Criterio de detección de fallos (DF). El criterio de detección de fallos está relacionado con los sistemas de protección, control y alerta disponibles para detectar de forma segura la ocurrencia de los eventos de fallos. En la tabla N°16 se presentan los diferentes niveles de detección de fallos disponibles.

Tabla 16. Escala que permite definir el criterio de detección de fallos (DF)

DF	Nivel de detección de fallos	Definición del nivel de frecuencia de ocurrencia de fallos
10	Absolutamente incierto	El sistema no es controlado o inspeccionado, las anomalías por fallos no son detectados.
9		
8		
7	Bajo	Sólo se inspecciona el sistema de forma visual durante todo el proceso (No hay ayuda de equipos modernos de control)
6		
5	Moderada	El sistema se controla bajo técnicas estadísticas de control de fallos, y el producto es inspeccionado al final del proceso en la línea de producción (25% automatizado)
4		
3	Alto	El sistema se controla bajo técnicas estadísticas de control de fallos y el producto es inspeccionado durante todo el proceso en la línea de producción (75% automatizado)
2	Muy alto	El sistema se controla bajo técnicas estadísticas de control de fallos y el producto es inspeccionado durante todo el proceso en la línea de producción (100% automatizado)
1	Totalmente controlado	El sistema se controla bajo técnicas estadísticas de control de fallos y el producto es inspeccionado durante todo el proceso en la línea de producción (100% automatizado con calibración continua y preventivo de los equipos utilizados para controlar e inspeccionar el estado operacional del sistema)

Fuente: (PARRA, y otros, 2012)

- Criterio de Severidad de fallos (SF). El criterio de severidad de fallos está relacionado con el impacto de los fallos sobre la seguridad, el ambiente y las operaciones. Para la identificación del criterio de severidad de fallos, es necesario conocer cuáles son los efectos que pueden traer consigo los fallos una vez que estos ocurren dentro de un contexto operacional específico. En la tabla N° 17 se presentan los diferentes niveles de severidad de fallos disponibles.

Tabla 17. Escala que permite definir el criterio de severidad de fallos (SF)

SF	Nivel de severidad de fallos	Definición del nivel de severidad de la falla.
10	Peligrosamente alto	Fallos que pueden causar pérdidas humanas
9		Fallos que pueden crear complicaciones con regulaciones federales (leyes)
8		Fallos que hacen inoperables los equipos y provocan la pérdida de función para la que fueron diseñados.
7	Alto	Fallos que causan un alto grado de insatisfacción al cliente que recibe el servicio
6		Fallos que afectan un subsistema y originan un mal funcionamiento de los equipos disminuyendo la calidad del servicio.
5	Bajo	Fallos que provocan la pérdida de eficiencia y causan que el cliente se queje.
4		Fallos que pueden ser mejoradas con pequeñas modificaciones y su impacto sobre la eficiencia de los equipos es pequeña
3	Menor	Fallos que podrían crear mínimas molestias al cliente, molestias que el mismo cliente podría corregir en el proceso sin necesidad de perder eficiencia
2		Fallos que son difíciles de reconocer por el cliente y cuyos efectos serán insignificantes para el proceso
1	Ninguno	Fallos que son identificables por el cliente y no afectan la eficiencia del proceso

Fuente: (PARRA, y otros, 2012)

- Criterio de Costes de fallos (CF). El criterio de costes de fallos está relacionado con las posibles consecuencias económicas de los fallos sobre la seguridad, el ambiente y las operaciones. En la tabla N° 18 se presentan los diferentes niveles de severidad de fallos disponibles.

Tabla 18. Escala que permite definir el criterio de costes de fallos (CF)

CF	Nivel de costes de fallos	Definición del nivel de severidad de la falla.
10	Peligrosamente alto	Fallos que provocan altos costes por aspectos de seguridad y ambiente (indemnizaciones)
9		
8	Muy alto	Fallos que provocan costes por pérdida de producción
7		
6	Alto	Fallos que generan altos costes por reparaciones correctivas
5		
4	Moderado	Fallos que generan costes significativos de producción y reparación
3		
2		
1	Muy bajo	Fallos que generan costes insignificantes, no afectan el proceso de producción.

Fuente: (PARRA, y otros, 2012)

- Resultados de la evaluación de las alternativas para cada uno de los criterios seleccionados.

Aplicando las fórmulas en base a cada criterio se van a obtener los primeros resultados para la evaluación final de los equipos a evaluar dentro del sistema de refrigeración, en la tabla N° 19 se puede apreciar los valores antes de la jerarquización final.

Tabla 19. Evaluación de los sistemas para cada uno de los criterios seleccionados

Criterio Equipo	FF	Jerarquización local FF=(FF/Total)	DF	Jerarquización local DF=(DF/Total)	SF	Jerarquización local SF=(SF/Total)	CF	Jerarquización local DF=(DF/Total)
Compresor	5	0,333333	8	0,296296296	8	0,32	10	0,263157895
Tablero de control	4	0,266666667	5	0,185185185	5	0,20	8	0,210526316
Condensador	3	0,2	7	0,259259259	6	0,24	10	0,263157895
Evaporador	3	0,2	7	0,259259259	6	0,24	10	0,263157895
TOTAL	15		27		25		38	

Fuente: Autores

4.17.3 Jerarquización por nivel de importancia y por cada criterio

Paso 3. En función de los valores de jerarquización obtenidos para cada uno de los criterios, se procede a ordenar los sistemas por niveles de importancia (de mayor a menor) por cada uno de los 4 criterios evaluados.

4.17.4 Congruencia de los juicios. Ratio de inconsistencia (IR) y jerarquización cada uno de estos criterios.

Paso 4. La estimación del (IR) y la priorización de los criterios se realizaron en Excel. En la tabla N° 20 se pueden observar los valores calculados

4.17.5 Jerarquización final de los equipos del sistema de refrigeración

Paso 5. Se procede a cuantificar para cada uno de los equipos evaluados la jerarquización final, en función de la valoración realizada a cada uno de los criterios (local/total) evaluados en los pasos 2, 3 y 4. Posteriormente los resultados se ordenan de mayor a menor. En las tablas N° 21 y 22 presentan los resultados de la jerarquización y el ranking final obtenido. (PARRA, y otros, 2012)

Tabla 20. Estimación de IR y jerarquización de los criterios evaluados

Criterios	Frecuencia de fallos	Detección de fallos	Severidad de fallos	Costes de fallos	Jerarquización por criterio
Frecuencia de fallos	—	3	1	1	0.302
Detección de fallos	1/3	—	1/2	1/3	0.110
Severidad de fallos	1	2	—	1/2	0.230
Costes de fallos	1	3	2	—	0.358
Ratio de inconsistencia (IR)=	0.02				

Fuente: (PARRA, y otros, 2012)

Tabla 21. Jerarquización final

Criterio Equipo	Jerarquización local x Total criterio FF (1)	Jerarquización local x Total criterio DF (2)	Jerarquización local x Total criterio SF (3)	Jerarquización local x Total criterio SF (4)	Jerarquización final = (1)+(2)+(3)+(4)
Compresor	0.333333 x 0.302	0.296296296 x 0.11	0.32 x 0.23	0.263157 x 0.358	0.342019366
Tablero de control	0.26666666 x 0.302	0.185185185 x 0.11	0.2 x 0.23	0.210526 x 0.358	0.227069858
Condensador	0.2 x 0.302	0.259259259 x 0.11	0.24 x 0.23	0.263157 x 0.358	0.238328696
Evaporador	0.2 x 0.302	0.259259259 x 0.11	0.24 x 0.23	0.263157 x 0.358	0.238328696
Índice general de inconsistencia: 0.02					

Fuente: Autores

Tabla 22. Ranking final



Criterio Equipo	Jerarquización final	Ranking
Compresor	0,342019366	1
Condensador	0,238328696	2
Evaporador	0,238328696	3
Tablero de control	0,227069858	4

Fuente: Autores

Finalmente los resultados obtenidos de la jerarquización realizada a los 4 equipos del sistema de refrigeración de la Planta de Cárnicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias permitirán que se tomen decisiones más eficientes y con un menos grado de incertidumbre, en las actividades de asignación y distribución de recursos humanos, técnicos y económicos dentro de los procesos de Mantenimiento y Operación, ayudando de esta forma a maximizar la conservación de los productos fabricados en la Planta.



4.18 Análisis de resultados

Tabla 23. Análisis de resultados del compresor

Equipo	Estado		Tareas realizadas
	Antes	Después	
Compresor	Regular 	Bueno 	Desmontaje Inspección interna de cojinetes de biela-cigüeñal, bloque-pistón, pistón-bulón Verificar continuidad de bobinas Cambio de empaque Cambio de aceite Lijado y pintado Montaje y alineación



Fuente: Autores

Tabla 24. Análisis de resultados del condensador

Equipo	Estado		Tareas realizadas
	Antes	Después	
Condensador	Regular 	Bueno 	Limpieza de serpentines y laminillas Mantenimiento de ventiladores Inspección de conexiones eléctricas Limpieza e inspección de tanque receptor y separador de aceite



Fuente: Autores

Tabla 25. Análisis de resultados del evaporador

Equipo	Estado		Tareas realizadas
	Antes	Después	
Evaporador	Regular 	Bueno 	Reposición del motor ventilador Limpieza y lubricación Remachado de la tapa de drenaje Ajuste de pernos de sujeción de los ventiladores

Fuente: Autores

Tabla 26. Análisis de resultados del sistema eléctrico

Equipo	Estado		Tareas realizadas
	Antes	Después	
Sistema Eléctrico	Malo 	Bueno 	Diseño del circuito de potencia Diseño del circuito de mando Selección de elementos eléctricos Armado del tablero de control Colocación del tablero de control Instalación eléctrica Selección y programación del controlador digital

Fuente: Autores

Tabla 27. Análisis de resultados de los elementos auxiliares

Equipo	Estado		Tareas realizadas
	Antes	Después	
Elementos auxiliares	Regular 	Bueno 	Cambio de filtro deshidratador Limpieza de válvula de termo expansión Inspección de válvula check, válvula de paso, válvula solenoide Inspección de termostato Inspección de manómetros de alta y baja presión Procedimiento de barrido Procedimiento para detección de fugas Carga del sistema con refrigerante R-22

Fuente: Autores



4.19 Evaluación del funcionamiento de la cámara de refrigeración.

Después de haber realizado el mantenimiento de los equipos del sistema de refrigeración y haber elaborado el análisis de criticidad de cada uno de ellos se obtuvo resultados favorables en cuanto al funcionamiento de cada una de los equipos. Se evalúa el sistema completo mediante el uso de normas e instrumentos.

La Norma Covenin 2500-93 representa un instrumento que permite de forma cuantitativa la evaluación del sistema de mantenimiento de una empresa, mediante la determinación de su capacidad de gestión en lo que respecta al mantenimiento analizándose y calificándose los siguientes aspectos: (a) organización de la empresa, (b)

organización de la función de mantenimiento (c) planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento (d) competencia del personal.

Tabla 28. Evaluación del sistema de refrigeración

 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS PLANTA DE CÁRNICOS 					
EVALUACION DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN					
ITEM	ASPECTOS EVALUADOS	OK	NOK	PORCENTAJE	OBSERVACIONES
1	Cableado eléctrico	✓		100%	no se han detectado cortocircuitos ni paros por causas eléctricas, el voltaje y corriente son los indicados para el funcionamiento
2	Empaques del compresor	✓		100%	a partir del cambio no se han detectado fugas de aceite
3	Potencia de compresor	✓		100%	potencia nominal 5 HP
4	Aceite en el compresor	✓		100%	mediante la mirilla se puede observar que la cantidad es la recomendada
5	Refrigerante R-22	✓		100%	el sistema está diseñado para trabajar a presión caso contrario no funciona el sistema
6	Manómetros	✓		100%	comparamos las presiones de instalación con las de funcionamiento y son las mismas, en perfecto estado.
7	Tuberías	✓		100%	no se detectan fugas de refrigerante y aceite
8	Presostato	✓		100%	funciona sin presentar problemas
9	Sensores de temperatura	✓		100%	comprobamos la temperatura del tablero del control con un termómetro y no existen variaciones.
10	Temperatura de refrigeración	✓		100%	temperatura mínima 2°C- temperatura máxima 6°C solicitados por el usuario
11	Ventiladores de condensador y evaporador	✓		100%	no existe interferencias de movimiento
12	Tablero eléctrico	✓		100%	los circuitos de mando y potencia están funcionando de acuerdo al diseño
13	Elemento de protección eléctrica	✓		100%	está diseñado para funcionar con la corriente, intensidad y presión del refrigerante indicados caso contrario encenderlo será imposible. Y hasta el momento el funcionamiento es normal.

Fuente: Autores

La evaluación con la Norma COVENIN 2500-93 permite obtener una referencia cuantitativa de la condición del departamento de mantenimiento en función de los parámetros establecidos para el desarrollo de los planes de mantenimiento preventivo,

correctivo y los recursos utilizados para la ejecución de dichos planes. (AGUINAGALDE, 2009)

Para nuestro estudio tomamos como referencia esta norma aplicándola exclusivamente al funcionamiento de la cámara de refrigeración de la planta de cárnicos de la Espoch.

Tomamos como referencia las partes de los equipos que hacen posible el proceso de refrigeración para evaluar el funcionamiento dentro de la planta de Cárnicos y la detallamos en la tabla N° 28.

Como conclusión la cámara de refrigeración está en funcionamiento al cien por ciento de su capacidad, debido a las tareas de mantenimiento que se han practicado tenemos un sistema óptimo para la conservación de productos perecibles ayudando a disminuir el consumo de energía gracias a una programación adecuada que evita el funcionamiento del equipo sea las 24 horas de día.

Tomando en consideración el análisis de criticidad se plantea un modelo de plan de mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO V

5. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos. Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de Conservación, Confiabilidad, Mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y empleados sin importar su localización geográfica, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento. Haciendo uso de los datos hacemos su planeación esperando con ello evitar los paros y obtener con ello una alta efectividad de la planta.

El mantenimiento preventivo se refiere a las acciones, tales como; Reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc. Hechas en períodos de tiempos por calendario o uso de los equipos. (Tiempos dirigidos).

5.1 Inventario de equipos

Tabla 29. Lista de equipos de la cámara de enfriamiento

Área	Unidad	Equipo
Cámara de Refrigeración	2	Evaporadores
	4	Ventiladores de los evaporadores
	1	Válvula de termo-expansión
	1	Válvula solenoide
	1	Válvula de paso
	0	Focos

Fuente: Autores

Un inventario de equipos tiene como objetivo el control, ubicación y uso adecuado de cada unidad. Se estableció una lista de todos los equipos y elementos de la planta que cumplen

una función dentro del área de refrigeración, para desarrollar un correcto plan de mantenimiento.

Tabla 30. Lista de equipos de la cámara de enfriamiento

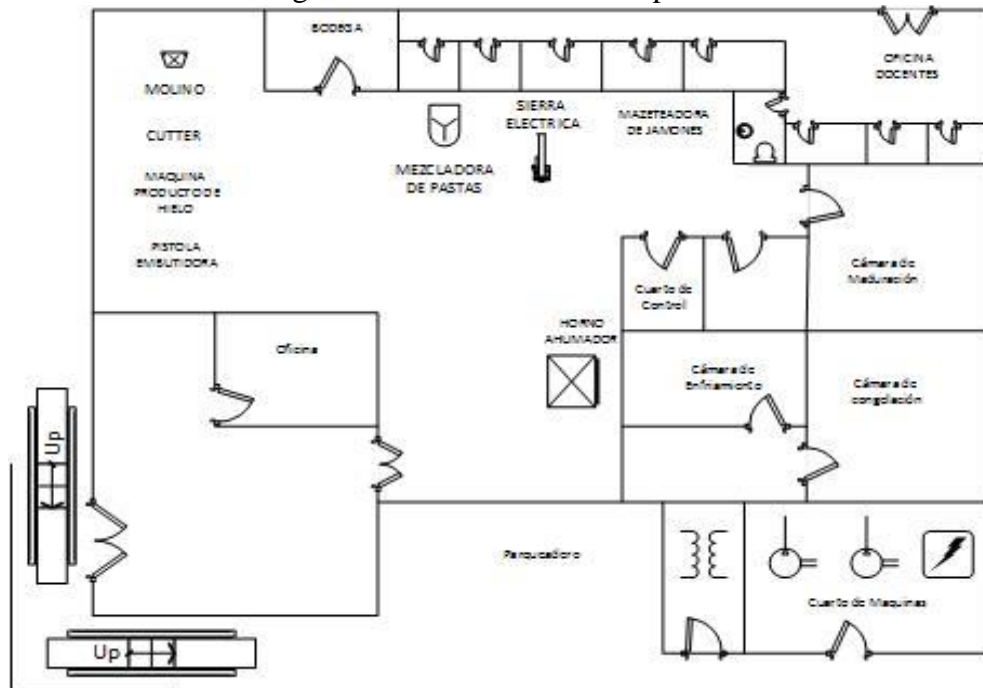
Área	Unidad	Equipo
Cuarto de Máquinas	1	Condensador
	2	Ventiladores de los condensadores
	1	Compresor
	1	Presóstato
	1	Cristal mirilla
	1	Tanque recibidor
	1	Separador de aceite
	1	Filtro deshidratador

Fuente: Autores

5.2 Ubicación técnica

Todos los equipos tienen una sola ubicación dentro de la empresa, el espacio físico que ocupa el activo se lo conoce como ubicación técnica. Los equipos pueden instalarse en ubicaciones técnicas por lo que una ubicación técnica podrá tener varios equipos pero nunca un equipo tendrá más de una ubicación técnica.

Figura 41. Distribución de la planta.



Fuente: Autores

5.3 Modelo del plan de mantenimiento preventivo para los equipos

Recopilada la información necesaria se procede a realizar el banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos utilizados para el modelo del plan de mantenimiento preventivo del compresor, sistema eléctrico condensador, evaporador.

Un Plan de Mantenimiento Preventivo se compone así de una lista exhaustiva de todas las acciones necesarias a realizar en una máquina o instalación en términos de:

- Limpieza
- Control
- Visita de inspección
- Engrase
- Intervención de profesionales de mantenimiento
- Etc.

Para determinar la frecuencia de las inspecciones a realizar al equipo que posee la empresa se debe considerar los siguientes aspectos:

- El tipo de equipo con el que cuenta la planta
- La edad de los equipos
- El ambiente al que están sometidos
- Las diferentes actividades que realiza
- Asesoría con personal de mantenimiento con experiencia
- Otros factores semejantes que se presenten en la empresa

Una vez determinadas las tareas, es necesario determinar con qué frecuencia es necesaria realizarlas. Existen tres posibilidades para determinar esta frecuencia:

- a) Si tenemos datos históricos que nos permitan conocer la frecuencia con la que se procede el fallo, podemos utilizar cualquier técnica estadística que nos permita determinar cada cuánto tiempo se produce el fallo si no actuamos sobre el equipo, deberemos contar con un número mínimo de valores (recomendable más de diez,

aunque cuanto mayor sea la población más exactos serán los resultados). La frecuencia estará en función del coste del fallo y del coste de la tarea de mantenimiento (mano de obra + materiales + pérdida de producción durante la intervención)

- b) Si disponemos de una función matemática que permita predecir la vida útil de una pieza, podemos estimar la frecuencia de intervención a partir de dicha función. Suele ser aplicable para estimar la vida de determinados elementos, como los álabes de la turbina de gas.
- c) Si no disponemos de las informaciones anteriores, la determinación de la frecuencia con la que deben realizarse las tareas de mantenimiento propuestas debe hacerse en base a la opinión de expertos, es la más subjetiva, la menos precisa de las formas de determinar la frecuencia de intervención, y sin embargo, la más utilizada.

Si no se dispone de datos históricos ni de fórmulas matemáticas, podemos seguir estos consejos:

- La frecuencia mensual es aconsejable para tareas que supongan montajes o desmontajes complejos, y que no esté justificado hacer a diario.
- La frecuencia anual se reserva para tareas que necesita que la planta esté parada, y que no se justifica realizarlas con frecuencia mensual. (GARCÍA , 2012)

5.3.1.1 *Compresor y accesorios.*

FRECUENCIA: cuatrimestral.

5.3.1.2 *Inspección y reparación.*

PROCEDIMIENTO

- Revisar el indicador de líquido (mirilla) para ver si se tiene gas instantáneo en la línea de líquido, si es así revisar todo el sistema para verificar si existen fugas de refrigerante y agregar refrigerante si es necesario después de reparar las fugas.

- Revisar la mirilla de compresor para el apropiado nivel de aceite.
- Revisar si se presentan vibraciones o ruidos excesivos. Tomar las acciones correctivas que se requieran.
- Verificar si se tienen signos de escurrimientos o goteras en interconexiones de tubería y cañerías.
- Revisar con un detector de fugas todas las áreas que estén bajo sospecha de fuga (tuberías de succión y descarga).
- Reparar todas las fugas que sean encontradas y agregar refrigerante tanto como sea necesario.
- Reemplazar refrigerante, aceite, y filtros deshidratadores si el contenido de humedad es muy alto.
- Inspeccionar el cableado para verificar si se tienen cables sueltos o maltratados, y repararlos si es necesario.
- Revisar el normal funcionamiento de válvula solenoide.
- Revisar el normal funcionamiento de válvula de expansión.
- Revisar el normal funcionamiento de válvulas de paso.
- Revisar el normal funcionamiento del termostato.
- Cambio de filtro de válvula de expansión.
- Revisar conexiones eléctricas.

HERRAMIENTAS:

- Maletín de Herramientas.

MATERIALES:

- Waipe.

REPUESTOS:

- Refrigerante
- Filtro de válvula de expansión

Frecuencia: Anual

PROCEDIMIENTO:

- Someter una muestra de aceite para su análisis.
- Revisar la alta concentración de ácidos, humedad.
- Cambio de aceite y filtros deshidratadores hasta que los resultados de las muestras sean normales.
- Verificar si se tiene refrigerante, la baja presión de aceite o bajo sobrecalentamiento son una posible causa.
- Revisar la succión, la descarga y la presión de aceite. Si se presenta algo anormal toma las medidas correspondientes.
- Revisa la caída de presión al cruzar los filtros y los deshidratadores. reemplazarlos si es necesario.
- Revisar la presión y rangos de los controles de seguridad y verificar su apropiado funcionamiento.

EQUIPOS:

- Detector de fugas.

HERRAMIENTAS:

- Caja de herramientas.

MATERIALES:

- Aceite
- Waípe.

REPUESTOS:

- Filtro deshidratador

5.3.2 Condensador. Un mantenimiento eficiente en un condensador determinará su excelente rendimiento a medio y largo plazo. Su rendimiento va a venir marcado por la dependencia de su buen nivel de limpieza de la superficie de intercambio, lado del aire.

5.3.2.1 Inspecciones visuales

FRECUENCIA: Mensual

PROCEDIMIENTO:

- Revisar si existen índices de corrosión en los aletados, gabinete, tuberías de cobre y soldaduras.
- Revisar si se tiene una excesiva o inusual vibración en los ventiladores, en la carcasa metálica del condensador cuando este está en operación.
- Revisa si se están presentando derrames de aceite en entradas de tuberías, retornos y en el serpentín.
- Asegúrese que todos los ventiladores giren libremente y sin ruidos excesivos.
- Reemplaza los motores de los ventiladores que no giran libremente o presentan ruidos inusuales.

- Revisar todos los pernos de sujeción de los ventiladores y apretarlos si es necesario.
- Revisar todas las aspas de los ventiladores
- Reemplazar cualquier abanico si es que está dañado roto o doblado.
- Lubricar los motores.

EQUIPOS:

- Detector de fugas.

HERRAMIENTAS:

- Maletín de herramientas

MATERIALES:

- Waípe
- Pernos

5.3.2.2 Inspección eléctrica

PROCEDIMIENTO:

- Visualmente verificar el desgaste, enroscamiento, áreas desnudas y cables sueltos. Reemplazar cualquier cable que se encuentre dañado.
- Verificar que todas las conexiones eléctricas y de puesta a tierra sean seguras y reapretarlas si es necesario.
- Revisar la operación y calibración del ciclo de todos los ventiladores y los controles del ciclo de deshielo cuando se estén usando.
- Verificación de voltajes y amperajes de ventiladores.

- Verificar funcionamiento de capacitores.

EQUIPOS:

- Amperímetro.

HERRAMIENTAS:

- Maletín de herramientas

MATERIALES:

- Cables.
- Borneras.

5.3.2.3 Limpieza de serpentín

FRECUENCIA: Cuatrimestral

PROCEDIMIENTO:

- La limpieza del condensador puede llevarse a cabo usando cepillos, agua presurizada, o cualquier limpiador comercial.
- No se deben usar ácidos como limpiadores.
- Se debe tener la seguridad que el producto que se utiliza para la limpieza está aprobado para dicha aplicación.
- Enjuagar el serpentín hasta que no se tenga ningún tipo de residuo.

EQUIPOS:

- Hidrolavadora
- Soplador, etc.

HERRAMIENTAS:

- Cepillos.
- Brochas

MATERIALES:

- Waipe.

5.3.3 Evaporadores. Todos los evaporadores deben revisarse una vez al mes o más a menudo para obtener un deshielo adecuado, debido a que la cantidad y tipo de escarcha puede variar considerablemente. Lo anterior depende de la temperatura de la cámara, el tipo de producto almacenado, de la frecuencia de almacenaje del producto nuevo en la cámara y del porcentaje en tiempo que la puerta está abierta.

FRECUENCIA: Mensual

5.3.3.1 Inspección de Serpentes

PROCEDIMIENTO:

- Revisar si se existen índices de corrosión en los aletados, gabinete, tuberías de cobre y soldaduras.
- Revisar si se tiene una excesiva o inusual vibración en los ventiladores en la carcasa metálica del evaporador cuando este está en operación. Identificar el ventilador que está causando la vibración y revisar cuidadosamente el motor y las aspas.
- Revisa si se están presentando derrames de aceite en entradas de tuberías, retornos y en el serpentín. Inspecciona todas las áreas que se tengan bajo sospecha con un detector de fugas.
- Revisar la charola del drenaje para asegurarse de que esté libre de desechos obstrucciones o formaciones de hielo y que se permita el libre drenaje.

EQUIPOS:

- Detector de fugas.

HERRAMIENTAS:

- Maletín de herramientas.

MATERIALES:

- Waípe
- Brochas.

5.3.3.2 Inspección ventiladores

PROCEDIMIENTO:

- Asegúrese que todos los ventiladores giren libremente y sin ruidos excesivos.
- Reemplace los motores de los ventiladores que no giran libremente
- Revisar todos los tornillos de sujeción de los ventiladores y apretarlos si es necesario.
- Revisar todas las aspas de los ventiladores para verificar si presentan signos de fatiga o desgaste. Reemplazar cualquier abanico si es que está dañado roto o doblado.
- Verificar que todos los motores de los ventiladores estén fuertemente sujetos a los soportes del motor.
- Lubricar los motores.

HERRAMIENTAS:

- Maletín de Herramientas.

MATERIALES:

- Aceite para lubricar.

5.3.3.3 *Inspección eléctrica*

PROCEDIMIENTO:

- Visualmente verificar el desgaste, enroscamiento, áreas desnudas y cables sueltos..
- Verificar que todas las conexiones eléctricas y de puesta a tierra
- Revisar la operación y calibración del ciclo de todos los ventiladores
- Verificación de voltajes y amperajes de ventiladores.

EQUIPOS:

- Amperímetro

HERRAMIENTAS:

- Maletín de herramientas

MATERIALES:

- Cables.

5.3.3.4 *Limpieza de serpentín y aletas*

Frecuencia: Cuatrimestral

PROCEDIMIENTO:

- La limpieza puede llevarse a cabo usando cepillos, agua presurizada, o cualquier

limpiador comercial para limpieza de evaporadores. No se deben usar ácidos como limpiadores. Se debe tener la seguridad que el producto que se utiliza para la limpieza está aprobado para dicha aplicación.

- Cubrir las partes eléctricas para evitar corrosiones.
- Enjuagar el serpentín hasta que no se tenga ningún tipo de residuo.
- Se debe poner especial atención en la charola de condensados, en la tubería de drenaje. (PAZ Hernandez , 2008)

EQUIPOS:

- Hidrolavadora, soplador, etc.

HERRAMIENTAS:

- Cepillos.

MATERIALES:

- Waípe.
- Brocha.

5.3.4 *Tablero de control*

5.3.4.1 *Inspecciones visuales*

FRECUENCIA: Cuatrimestral.

PROCEDIMIENTO:

- Revisión de carcaza y anclaje del gabinete.
- Revisión disyuntor (breaker).
- Revisión contactores.

- Revisión delay (protector de voltaje).
- Revisión luces pilotos.
- Revisión controlador.
- Revisión y apriete de conexiones eléctricas.
- Limpieza exterior/interior del gabinete.
- Medición de voltajes y amperajes.

EQUIPOS:

- Amperímetro

HERRAMIENTAS:

- Maletín de herramientas.
- Peladora de cable.

MATERIALES:

- Waípe.

5.4 Programación del Mantenimiento.

Tabla 31. Programación del mantenimiento compresor.

COMPRESOR	FRECUENCIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
REVISION DE CARACAZA Y ANCLAJE	Semestral	✓						✓					
REVISION DE FUGAS DE ACEITE Y REFRIGERANTE	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DEL COMPRESOR	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
REVISIÓN SISTEMA ELÉCTRICO	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
CAMBIO DE ACEITE	Anual	✓											
CAMBIO DE FILTRODESHIDRATADOR	Anual	✓											
VERIFICAR RUIDOS EXTRAÑOS EN EL COMPRESOR	Cuatrimestral	✓											
REVISION VENTILADORES	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PRESION MANOMETRO DE BAJA	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PRESION MANOMETRO DE ALTA	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Autores

Tabla 32. Programación del mantenimiento condensador.

CONDENSADOR	FRECUENCIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
REVISION DE CARACAZA Y ANCLAJE	Semestral	✓						✓					
VERIFICAR FUGA DE REFRIGERANTE EN CAÑERÍAS, CONEXIONES, CODOS Y COPLEES	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
REVISION DE ESTADO SERPENTIN	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
REVISIÓN DE EXCESO DE VIBRACIÓN EN MOTO-VENTILADORES	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
REVISION CENEXIONES ELCTRICAS MOTO-VENTILADORES	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
REVISION ESTADO TANQUE RECIBIDOR Y SEPARADOR DE ACEITE	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
REVISIÓN ESTADO DE PRESÓSTATO	Semestral	✓						✓					
CAMBIO DE FILTRO DESHIDRATADOR	Anual	✓											
LUBRICACIÓN MOTO-VENTILDOROS	Cuatrimestral	✓											
LIMPIEZA DE SERPENTÍN (SOLO AGUA A PRESIÓN, SOLETE, NO USAR PRODUCTOS QUIMICOS)	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Autores

Tabla 33. Programación del mantenimiento en los evaporadores.

EVAPORADORES	FRECUENCIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
REVISIÓN DE ANCLAJE DEL EVAPORADOR	Semestral	✓						✓					
VERIFICAR FUGA DE REFRIGERANTE EN CONEXIONES (CODOS Y ACOPLES)	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
REVISIÓN DE ÍNDICES DE CORROSIÓN	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
REVISAR EL ESTADO DE LAS BASES Y PROTECCIONES DE LOS MOTO VENTILADORES	Cuatrimestral	✓											
REVISIÓN DE LA OPERACIÓN DE MOTORES VENTILADORES	Cuatrimestral	✓											
REVISIÓN DE LA CHAROLA DE CONDENSADOS DEL EVAPORADOR	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
INSPECCIÓN DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.	Semestral	✓						✓					
REVISAR ESTADO GENERAL DEL GABINETE DEL EVAPORADOR	Cuatrimestral	✓				✓			✓				
REVISIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE VALVULA SOLENOIDE	Cuatrimestral	✓				✓			✓				
REVISIÓN DE LAMINILLAS DEL EVAPORADOR	Cuatrimestral	✓				✓			✓				
VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DE VÁLVULA DE EXPANSIÓN	Cuatrimestral	✓				✓			✓				
VERIFICAR AISLAMIENTO DE LA TUBERÍA DE RETORNO DE REFRIGERANTE	Semestral	✓						✓					
LIMPIEZA DE SERPENTÍN (SOLO AGUA A PRESIÓN, NO USAR PRODUCTOS QUÍMICOS)	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Autores

Tabla 34. Programación del mantenimiento tablero de control.

CUARTO DE ENFRIAMIENTO	FRECUENCIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
REVISIÓN DE CARACAZA Y ANCLAJE DEL GABINETE	Semestral	✓						✓					
REVISIÓN DISYUNTOR(BREAKER)	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
REVISIÓN CONTACTORES	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
REVISIÓN DELAY(PROTECTOR DE VOLTAJE)	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
REVISIÓN LUCES PILOTOS	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
REVISIÓN CONTROLADOR	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
REVISIÓN Y APRIETE DE CONEXIONES ELECTRICAS	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
LIMPIEZA EXTERIOR/INTERIOR DEL GABINETES	Semestral	✓						✓					

Fuente: Autores

Tabla 35. Programación del mantenimiento de cámara de enfriamiento.

CAMARA DE ENFRIAMIENTO	FRECUENCIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Revisión de Termostato	Semestral	✓						✓					
Revisión del estado de los termómetros-sensores	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
Revisión de los sellos de las molduras	Semestral	✓						✓					
Revisión de estado general de puertas y pisos	Semestral	✓						✓					
Revisar iluminación	Cuatrimestral	✓				✓				✓			
Temperatura interior de la cámara	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se determinó el estado técnico de los equipos del sistema de refrigeración y se obtuvo como resultados que el funcionamiento normal de los equipos no era el adecuado, por lo tanto se aplicó mantenimiento correctivo en el sistema eléctrico y mantenimiento preventivo en el compresor, condensador, evaporador y elementos auxiliares.

Se diseñó un nuevo circuito de mando y potencia tomando en consideración que el sistema eléctrico antiguo era totalmente obsoleto para facilitar la manipulación de este sistema por el operador, mediante el uso de un controlador digital de temperatura.

Se reparó el sistema mecánico y se repotencio el sistema eléctrico para restablecer e incluso mejorar las prestaciones originales de los equipo, con el fin de impulsar la productividad y competitividad de la planta de Cárnicos.

Se realizó la matriz de criticidad obteniendo como resultados que el equipo con mayor índice de criticidad es el compresor seguido del evaporador y condensador debido a los años de funcionamiento primordialmente, no obstante no se debe olvidar la criticidad del sistema eléctrico.

Se evaluó la repotenciación realizada al comprobar que cumplen las expectativas del operador, es decir, que los parámetros de funcionamiento son correctos y podemos decir que la planta está en condiciones de brindar sus servicios a la institución.

Se elaboró un plan de mantenimiento acorde a las necesidades de los equipos del sistema de refrigeración para mantener su funcionamiento y de esta manera evitar que la planta detenga su producción o a la vez que los estudiantes de esta Facultad tengan que prescindir de las prácticas que se realizan en ésta área.

6.2 Recomendaciones

Aplicar el plan de mantenimiento diseñado para evitar paros de producción y mantener la funcionalidad de los equipos.

Reciclar o almacenar el refrigerante R-22 en caso de que se realice una reingeniería en la planta de Cárnicos de la ESPOCH, para evitar una contaminación en el medio ambiente.

Como en el caso del cuarto de refrigeración las demás máquinas o equipos existentes en la Planta deben someterse a cambios de mejora, es decir, actualizar su funcionamiento y manipulación en base al avance tecnológico para optimizar tiempos y movimientos de operadores y practicantes que en este caso son los estudiantes de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Trabajar con un software de mantenimiento que permita llevar una mejor administración del mantenimiento de los equipos de refrigeración y también de los demás equipos existentes en la planta para que no existan fallas en sus funcionamiento ni paros en el proceso de producción.

Capacitar al personal que trabaja en la Planta de cárnicos para que no ocurran los problemas encontrados en este trabajo, es decir, que no exista una mala manipulación de los equipos al momento de operarlos.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUINAGALDE, Yrma . 2009.** Evaluación u diseño de un sistema de gestión de mantenimiento. [En línea] 19 de mayo de 2009. [Citado el: 11 de junio de 2015.] <http://www.monografias.com/trabajos91/evaluacion-y-diseno-sistema-gestion-mantenimiento/evaluacion-y-diseno-sistema-gestion-mantenimiento2.shtml>.
- ALARCON , JOSE . 1998.** *Tratado práctico de refrigeración automática* . 1998.
- RÍOS, José. 2012.** Mantenimiento de cámaras frigoríficas con capacidad hasta 20 HP. [En línea] 17 de Agosto de 2012. //es.scribd.com/doc/103158759/11/Valvulas-de-servicio-para-compresores. 978-968-9386-26-1.
- BARRERAS , Jorge . 2011.** Curso de refrfrigeración y Aire acondicionado . [En línea] 26 de enero de 2011. <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CC8QFjADahUKEwjRidfq5YDHAhVIdh4KHTfdDic&url=http%3A%2F%2Fjorgebarreras.jimdo.com%2Fapp%2Fdownload%2F5285983068%2FCurso%2Bde%2BRefrigeraci%25C3%25B3n%2BBy%2BAire%2BAcondi>.
- CONESA Ferrer, JA . 2011.** Sitemas de refrigeración por compresión. [En línea] 15 de abril de 2011. [Citado el: 13 de diciembre de 2014.] <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>.
- FORMEX. 2013.** Refrigeración y aire acondicionado . [En línea] 2013. <http://www.formex-online.com/aceiteslubricantes/101-aceite-mineral-bva-3g-de-1-g>.
- FOSET. 2015.** FOSET. [En línea] 2015. [Citado el: 18 de Abril de 2015.] <https://www.foset.com.mx/boletin.php>.
- FRANCO Lijó , Juan Manuel . 2006.** *Manual de Refrigeración* . España : Reverté, S. A., 2006. ISBN: 84-291-8011-7.
- GALVEZ, Peter . 2014.** Aire comprimido. *slideshare*. [En línea] 7 de marzo de 2014. <http://es.slideshare.net/petergp86/aire-comprimido-32061603>.
- GARCÍA , Felix y Redrobán , Cristian . 2015.** Puesta en amarcha y mantenimiento centrado en la confiabilidad (rcm) del caldero pirotubular de la facultad de mecánica . Riobamba : s.n., 2015.
- GARCÍA , Santiago . 2010.** *La contratación del Mantenimiento Industrial* . [Libro electrónico] Madrid : Díaz de Santos , 2010. 978-84-9969-018-6.
- GARCÍA, Santiago. 2012.** *Mantenimiento Programado en Centrales de Ciclo Combinado*. [Libro] Madrid : Díaz de Santos, 2012. ISBN: 978-84-9969-032-2.
- GIMÉNEZ, Ricard . 2005.** *Frío Industrial (Vol. 2)*. [Libro] Catalán : MARCOBO S.A., 2005. 978-84-267-1611-8.

INDUSTRIAL, AUTOMATISMO ELÉCTRICO. 2010. WordPress.com. [En línea] 1 de julio de 2010. [Citado el: 8 de abril de 2015.] <https://electrotecniaindustrial2.wordpress.com/2010/07/01/automatismo-electrico-industrial/>.

MUÑOZ, Enrique. 2013. Terminología del Mantenimiento I: Norma EN-13360 frente a Norma AFNOR NFX 60-010. [En línea] 3 de enero de 2013. [Citado el: 24 de mayo de 2015.] <https://enrimusa.wordpress.com/2013/01/03/terminologia-del-mantenimiento/>.

NIETO, Antonio. 2013. Aprende a elegir una válvula. [En línea] 10 de octubre de 2013. [Citado el: 21 de enero de 2015.] <http://www.0grados.com/aprende-a-elegir-una-valvula/>.

OSPINO, Antonio. 2015. Refrigeración. [En línea] 25 de febrero de 2015. [Citado el: 27 de mayo de 2015.] <https://es.scribd.com/doc/256909259/MANUALDEFALLASYMANTENIMIENTO-pdf>.

—. 2015. Refrigeración - SENA. [En línea] 13 de mayo de 2015. <https://es.scribd.com/doc/265163940/Cargaevacuacionyvacio-Favio-Ospino>.

PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. 2012. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. Sevilla : INGEMAN, 2012. ISBN: 978-84-95499-67-7.

PAZ Hernandez, Federico. 2008. Cálculo y Selección de equipo de una cámara frigorífica para conservación de carne fresca de cerdo y res, ubicado en la región del valle del mezquital en el Estado de Hidalgo. [En línea] 22 de Octubre de 2008. [Citado el: 23 de noviembre de 2014.] <http://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2659/camarafrigorifica.pdf?sequence=1>.

romferro.conalepsji2. 2011. romferro.conalepsji2. [En línea] 5 de julio de 2011. [Citado el: 28 de diciembre de 2014.] <http://romferroconalepsji2.blogspot.com/2011/07/accesorios-utilizados-en-refrigeracion.html>.

SEGOVIA, José. 2013. Aceites para refrigeración. [En línea] 12 de marzo de 2013. [Citado el: 22 de enero de 2015.] <https://es.scribd.com/doc/129841848/ACEITES-PARA-REFRIGERACION-p>.

sevilla1992. 2013. ClubEnsayos. [En línea] 16 de septiembre de 2013. <https://www.clubensayos.com/Ciencia/Sistemas-De-Refrigeracion/1040521.html>.

VAZQUEZ, Edwin. 2012. *Refrigeración y aire acondicionado*. [Manual de refrigeración] 2012.

