

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO INTERACTIVO, PARA
SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL DE MEDIA Y BAJA
TEMPERATURA, INSTALADOS POR LA EMPRESA DIAC INGENIERÍA S.A.S.**

**JUAN DAVID MENDOZA POVEDA
JUAN DAVID MONTAÑEZ BOHÓRQUEZ**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.020**

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO INTERACTIVO, PARA
SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL DE MEDIA Y BAJA
TEMPERATURA, INSTALADOS POR LA EMPRESA DIAC INGENIERÍA S.A.S.**

**JUAN DAVID MENDOZA POVEDA
JUAN DAVID MONTAÑEZ BOHÓRQUEZ**

**Proyecto integral de grado para optar por el título de
INGENIERO MECÁNICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.020**

Nota de aceptación:

Jurado 1: Ing. Bolivar Andrés Monroy Matallana

Jurado 2: Ing. Wilmar Martínez Urrutia

Bogotá D.C., Julio de 2020

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de investigaciones

Dra. MARÍA CLAUDIA APONTE GONZÁLEZ

Vicerrector académico y financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretaria General

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director de Programa Ingeniería Mecánica

Ing. CARLOS MAURICIO VELOZA VILLAMIL

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento.

Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a Dios por darme la salud, la vida, la inteligencia y su bendición a lo largo de todos los años de mi vida y por permitirme lograr la culminación de mi carrera profesional.

Dedico con todo mi corazón este proyecto a mis padres, Juan Mendoza Castellanos y Olga Lucia Poveda Hernández quienes son las personas más importantes en mi vida, por enseñarme cada día a ser una mejor persona, por darme su apoyo incondicional y su amor incomparable de padre y madre, por guiarme por el mejor camino y por darme las fuerzas y sus consejos sabios para superar cada obstáculo durante toda mi vida.

Dedico a todos aquellos docentes de la carrera Ingeniería Mecánica que han contribuido en mi formación profesional.

Juan David Mendoza Poveda

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios y a mi familia, Helena Bohórquez (Madre) y Armando Montañez (Padre), quienes, con su apoyo incondicional, me guiaron para llegar a cumplir esta meta, y también a todas aquellas personas las cuales también nos ayudaron en el desarrollo del mismo.

Juan David Montañez Bohórquez

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente por darnos la vida, salud, sabiduría, fortaleza y lo más importante que tenemos, nuestras familias.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional y amor para culminar este logro.

A el Ing. CARLOS MENDOZA, docente especializado en mantenimiento, por su apoyo, interés, disposición y orientación recibida durante el desarrollo del proyecto.

A el Ing. MIGUEL ALEJANDRO PARRA CARDENAS, representante legal de la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S, por todo el apoyo, colaboración con el suministro de información y orientación durante todo el desarrollo del proyecto.

A todas las personas las cuales con su apoyo, motivación y orientación fueron parte del desarrollo del proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	25
1. GENERALIDADES	26
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	26
1.1.1 Misión	26
1.1.2 Visión	26
1.1.3 Organigrama	27
1.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	27
1.2.1 Refrigeración	27
1.2.2 Métodos de refrigeración	28
1.2.3 Sistema de compresión de vapor	29
1.2.4 Componentes	32
1.2.4.1 Dispositivo de control de flujo o válvula de estrangulamiento	32
1.2.4.2 Evaporador	34
1.2.4.3 Compresor	36
1.2.4.4 Condensador	37
1.2.4.5 Tubería	39
1.2.5 Funcionamiento	40
1.2.6 Usos del sistema de refrigeración de compresión por vapor	43
1.3 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE MEDIA Y BAJA TEMPERATURA	45
1.4 REFRIGERANTES	47
1.4.1 Refrigerantes orgánicos	49
1.4.1.1 Halocarbonados	49
1.4.1.2 Clorofluorocarbonos (CFC)	49
1.4.1.3 Hidroclorofluorocarbonos o hidroclorofluorocarburos (HCFC)	49
1.4.1.4 Hidrofluorocarbonos o hidrofluorocarburos (HFC)	50
1.4.1.5 Mezclas	50
1.4.1.6 Mezclas Zeotrópicas	50
1.4.1.7 Mezclas Azeotrópicas	51
1.4.1.8 Hidrocarburos (HC)	51
1.4.2 Refrigerantes inorgánicos	51

1.5 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES	61
1.5.1 Compresor	64
1.5.2 Condensador	65
1.5.3 Dispositivo de control de flujo	66
1.5.4 Evaporador	67
1.5.5 Accesorios	72
2. DIAGNOSTICO	75
2.1 ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO	75
2.1.1 Proceso del mantenimiento actual	75
2.1.2 Metodología	77
2.1.3 Tipos y clasificación de servicios ofrecidos por la empresa	78
2.1.4 Actividades de mantenimiento	79
2.1.5 Conclusión del diagnóstico	81
2.1.6 Clasificación de los componentes del sistema de refrigeración	82
3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	92
3.1 POR QUE ES IMPORTANTE EL MANTENIMIENTO?	92
3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	93
3.2.1 Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM o MCC)	94
3.2.2. Mantenimiento productivo total (TPM)	97
3.2.3 Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF)	100
3.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	101
4. PLAN DE MANTENIMIENTO INTERACTIVO	106
4.1. LISTADO DE COMPONENTES, SUBSISTEMAS Y ELEMENTOS	106
4.2 SUBSISTEMAS DE CADA COMPONENTE	110
4.2.1 Compresor	110
4.2.1.1 Subsistema mecánico	111
4.2.1.2 Subsistema eléctrico	112
4.2.1.3 Subsistema de lubricación	112
4.2.1.4 Subsistema de refrigeración	113
4.2.1.5 Subsistema estructural	113
4.2.2 Evaporador	114

4.2.2.1 Subsistema eléctrico	114
4.2.2.2 Subsistema mecánico	114
4.2.2.3 Subsistema Hidráulico – Térmico	115
4.2.2.4 Subsistema estructural	115
4.2.3 Condensador	115
4.2.3.1 Subsistema eléctrico	115
4.2.3.2 Subsistema mecánico	116
4.2.3.3 Subsistema Hidráulico – Térmico	116
4.2.3.4 Subsistema estructural	117
4.2.4 Válvula de expansión	117
4.2.4.1 Subsistema de control	117
4.2.4.2 Subsistema hidráulico y estructural	118
4.2.4.3 Subsistema mecánico	118
4.2.5 Sistemas de control E2	119
4.2.5.1 Subsistemas de control, eléctrico y estructural	119
4.2.6 Tubería	120
4.3 CODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	120
4.4 FUNCIONES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DE LOS COMPONENTES	124
4.5 FALLOS FUNCIONALES Y TÉCNICOS	128
4.6 MODOS DE FALLA	131
4.7 CONSECUENCIAS DE LOS MODOS DE FALLA Y SU CLASIFICACIÓN	138
4.8 TAREAS PREVENTIVAS	150
4.8.1 Tareas o procedimientos preventivos	150
4.8.2 Procedimiento para fallas de los componentes	162
4.8.3 Diagrama de decisión	173
4.8.4 Gestión de repuestos	174
4.8.4.1 Clasificación de repuestos	174
4.8.4.2 Selección de repuestos	175
4.9 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN	178
4.9.1 Herramienta informática	178
4.9.1.1 Manejo de la herramienta informática	179
4.9.1.2 Información generada y centralizada	195
4.9.1.3 Formatos	199

5. ANÁLISIS AMBIENTAL Y FINANCIERO	202
5.1 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL	202
5.1.1 Matriz de impacto ambiental	202
5.2 ANÁLISIS DE COSTOS	211
5.2.1 Costos indirectos (inversión inicial)	211
5.2.2 Costos directos	213
6. CONCLUSIONES	225
7. RECOMENDACIONES	228
BIBLIOGRAFÍA	230
ANEXOS	233

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Organigrama DIAC INGENIERÍA S.A.S.	27
Figura 2. Sistema de compresión de vapor.	30
Figura 3. Diagrama de Mollier.	31
Figura 4. Partes principales de una válvula de expansión termostática.	33
Figura 5. Evaporador de serpentín de expansión seca.	35
Figura 6. Sección de compresor recíprocante.	37
Figura 7. Sección condensador doble tubo.	38
Figura 8. Disposición del sistema y ubicación de los accesorios.	40
Figura 9. Diagrama básico sistema de refrigeración de compresión por vapor.	41
Figura 10. Disposición del sistema de refrigeración de compresión por vapor de la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S.	43
Figura 11. Sistema de media y baja temperatura.	46
Figura 12. Clasificación de los refrigerantes según su seguridad ASHRAE 34.	48
Figura 13. Rack de compresor R-22.	63
Figura 14. Rack de compresor R-507.	63
Figura 15. Ficha técnica compresor.	64
Figura 16. Ficha técnica condensador.	65
Figura 17. Serpentín de tubos del condensador.	66
Figura 18. Ficha técnica dispositivo control de flujo.	66
Figura 19. Ficha técnica evaporador.	67
Figura 20. Ficha técnica cavas.	68
Figura 21. Ficha técnica autoservicio.	69
Figura 22. Ficha técnica islas de refrigeración.	70
Figura 23. Ficha técnica neveras.	71
Figura 24. Válvula solenoide.	73
Figura 25. Recibidor, filtro secador e indicador.	73
Figura 26. Ficha técnica sistema de control.	74
Figura 27. Proceso de mantenimiento actual de la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S.	75
Figura 28. Mapa de metodología DIAC INGENIERÍA S.A.S.	77
Figura 29. Estructura de la codificación.	121
Figura 30. Diagrama Ishikawa del compresor.	132

Figura 31. Diagrama Ishikawa del evaporador.	133
Figura 32. Diagrama Ishikawa del condensador.	134
Figura 33. Diagrama Ishikawa de la válvula de expansión.	135
Figura 34. Diagrama Ishikawa de la tubería.	136
Figura 35. Diagrama Ishikawa del sistema de control E2.	137
Figura 36. Diagrama de decisión.	173
Figura 37. Código QR de inicio.	179
Figura 38. Página de acceso.	180
Figura 39. Formato “información de mantenimiento y plan preventivo del sistema refrigeración por compresión de vapor”.	181
Figura 40. Ficha técnica del componente.	182
Figura 41. Formato plan de mantenimiento preventivo.	183
Figura 42. Formato “primeros pasos”.	184
Figura 43. Formulario “registro fotográfico inicial del componente”.	185
Figura 44. Formulario “tareas preventivas”.	186
Figura 45. Continuación formulario “tareas preventivas”.	187
Figura 46. Formulario “modos de fallas”.	187
Figura 47. Continuación formulario “modos de fallas”.	188
Figura 48. Formulario “otros modos de falla y/o procedimientos”.	189
Figura 49. Formato “Procedimientos fallas”.	190
Figura 50. Formulario “Otros procedimientos”.	191
Figura 51. Formulario “Otros procedimientos”.	192
Figura 52. Código QR compresor.	193
Figura 53. Código QR evaporador.	193
Figura 54. Código QR condensador.	193
Figura 55. Código QR VET.	194
Figura 56. Código QR Tubería.	194
Figura 57. Código QR sistema E2.	194
Figura 58. Base de datos historial de intervenciones del mantenimiento preventivo mensual, bimestral, trimestral, semestral y anual.	195
Figura 59. Continuación base de datos historial de intervenciones del mantenimiento preventivo mensual, bimestral, trimestral, semestral y anual.	196
Figura 60. Base de datos historial de modos de falla y fallas.	197
Figura 61. Base de datos historial de modos de falla y procedimientos nuevos.	197

Figura 62. Base de datos historial fotográfico inicial y final.	198
Figura 63. Carpetas registro fotográfico.	198
Figura 64. Formato “Control de actividades”.	200
Figura 65. Formato “Hoja de vida”.	201
Figura 66. Ecuación de cálculo.	207
Figura 67. Porcentaje de costos para el primer año de desarrollo del plan de mantenimiento.	222
Figura 68. Porcentaje de costos para después del primer año de desarrollo del plan de mantenimiento.	223

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Métodos de refrigeración.	29
Diagrama 2. Aplicaciones principales del sistema de refrigeración de compresión de vapor.	44
Diagrama 3. Componentes del rack de refrigeración maneja por DIAC INGENIERÍA S.A.S.	62
Diagrama 4. Equipos de refrigeración manejas e instalados por DIAC INGENIERÍA S.A.S.	83
Diagrama 5. Flujo funcionamiento subsistema mecánico.	111
Diagrama 6. Flujo funcionamiento subsistema eléctrico.	112
Diagrama 7. Flujo de funcionamiento del subsistema de lubricación.	113
Diagrama 8. Flujo de funcionamiento del subsistema eléctrico.	114
Diagrama 9. Flujo de funcionamiento del subsistema mecánico.	115
Diagrama 10. Flujo de funcionamiento del subsistema eléctrico.	116
Diagrama 11. Flujo de funcionamiento del subsistema mecánico.	116
Diagrama 12. Flujo de funcionamiento subsistema de control.	117
Diagrama 13. Flujo de funcionamiento subsistema mecánico.	118
Diagrama 14. Flujo de funcionamiento del sistema de control E2.	120

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Tramos de tubería.	30
Cuadro 2. Procesos del sistema de refrigeración de compresión de vapor.	31
Cuadro 3. Productos que conservan los sistemas de refrigeración de media y baja temperatura en almacenes de cadena.	46
Cuadro 4. Aplicación de los refrigerantes más comunes.	52
Cuadro 5. Cronograma de eliminación para Colombia.	53
Cuadro 6. Potenciales de Agotamiento a la Capa de Ozono y Calentamiento Global.	55
Cuadro 7. Continuación potenciales de Agotamiento a la Capa de Ozono y Calentamiento Global.	56
Cuadro 8. Reemplazos provisionales y a largo plazo de refrigerantes.	57
Cuadro 9. Continuación reemplazos provisionales y a largo plazo de refrigerantes.	58
Cuadro 10. Compatibilidad y miscibilidad de lubricantes con refrigerantes.	60
Cuadro 11. Características y especificaciones de Cavas.	69
Cuadro 12. Características y especificaciones de las islas de refrigeración.	71
Cuadro 13. Características y especificaciones de las neveras.	72
Cuadro 14. Variables y tipos de fallas que las afectan.	80
Cuadro 15. Clasificación de los componentes.	85
Cuadro 16. Análisis de criticidad componentes críticos.	88
Cuadro 17. Análisis de criticidad componentes importantes.	88
Cuadro 18. Análisis del diagnóstico.	90
Cuadro 19. Componentes que se incluirán dentro del plan de mantenimiento.	91
Cuadro 20. Matriz de selección de alternativa.	104
Cuadro 21. Listado de componentes, subsistemas y elementos.	107
Cuadro 22. Continuidad del listado de componentes, subsistemas y elementos.	108
Cuadro 23. Continuidad del listado de componentes, subsistemas y elementos.	109
Cuadro 24. Continuidad del listado de componentes, subsistemas y elementos.	110
Cuadro 25. Codificación componentes del sistema de refrigeración.	121
Cuadro 26. Codificación de los subsistemas de los componentes.	122
Cuadro 27. Codificación de los elementos de los subsistemas.	122

Cuadro 28. Continuación codificación de los elementos de los subsistemas.	123
Cuadro 29. Funciones del compresor.	124
Cuadro 30. Continuidad funciones del compresor.	125
Cuadro 31. Funciones del evaporador.	125
Cuadro 32. Funciones del condensador.	126
Cuadro 33. Funciones de la válvula de expansión.	126
Cuadro 34. Funciones de la tubería.	127
Cuadro 35. Funciones del sistema de control E2.	127
Cuadro 36. Fallos del compresor.	129
Cuadro 37. Fallos del evaporador.	129
Cuadro 39. Fallos de la válvula de expansión.	130
Cuadro 40. Fallos de la tubería.	130
Cuadro 41. Fallos del sistema de control.	130
Cuadro 42. Calificación consecuencias a la seguridad de las personas.	138
Cuadro 43. Calificación consecuencias hacia el medio ambiente.	139
Cuadro 44. Calificación consecuencias operacionales o en la producción.	139
Cuadro 45. Calificación consecuencias no-operacionales.	139
Cuadro 46. Matriz de evaluación del compresor.	140
Cuadro 47. Continuación matriz de evaluación del compresor.	141
Cuadro 48. Matriz de evaluación del evaporador.	141
Cuadro 49. Continuación matriz de evaluación del evaporador.	142
Cuadro 50. Matriz de evaluación del condensador.	143
Cuadro 51. Continuación matriz de evaluación del condensador.	144
Cuadro 52. Matriz de evaluación de la válvula de expansión.	145
Cuadro 53. Continuación matriz de evaluación de la válvula de expansión.	146
Cuadro 54. Matriz de evaluación de la tubería.	147
Cuadro 55. Continuación matriz de evaluación de la tubería.	148
Cuadro 56. Matriz de evaluación del sistema de control E2.	148
Cuadro 57. Continuación matriz de evaluación del sistema de control E2.	149
Cuadro 58. Procedimiento preventivo del compresor.	152
Cuadro 59. Continuación procedimiento preventivo del compresor.	153
Cuadro 60. Procedimiento preventivo del evaporador.	154
Cuadro 61. Continuación procedimiento preventivo del evaporador.	155

Cuadro 62. Procedimiento preventivo del condensador.	156
Cuadro 63. Continuación procedimiento preventivo del condensador.	157
Cuadro 64. Procedimiento preventivo de la válvula de expansión.	158
Cuadro 65. Procedimiento preventivo de la tubería.	159
Cuadro 66. Procedimiento preventivo del sistema de control E2.	160
Cuadro 67. Continuación procedimiento preventivo del sistema de control E2.	161
Cuadro 68. Procedimiento de intervención a fallas del compresor.	163
Cuadro 69. Continuación procedimiento de intervención a fallas del compresor.	164
Cuadro 70. Procedimiento de intervención a fallas del evaporador.	164
Cuadro 71. Continuación procedimiento de intervención a fallas del evaporador.	165
Cuadro 72. Procedimiento de intervención a fallas del condensador.	166
Cuadro 73. Continuación procedimiento de intervención a fallas del condensador.	167
Cuadro 74. Procedimiento de intervención a fallas de la válvula de expansión.	167
Cuadro 75. Continuación procedimiento de intervención a fallas de la válvula de expansión.	168
Cuadro 76. Procedimiento de intervención a fallas de la tubería.	169
Cuadro 77. Continuación procedimiento de intervención a fallas de la tubería.	170
Cuadro 78. Procedimiento de intervención a fallas del sistema E2.	171
Cuadro 79. Continuación procedimiento de intervención a fallas del sistema E2.	172
Cuadro 80. Gestión de repuestos sistema de refrigeración.	175
Cuadro 81. Continuación gestión de repuestos sistema de refrigeración.	176
Cuadro 82. Continuación gestión de repuestos sistema de refrigeración.	177
Cuadro 83. Ponderación de los criterios de evaluación ambientales.	204
Cuadro 84. Continuación ponderación de los criterios de evaluación ambientales.	205
Cuadro 85. Continuación ponderación de los criterios de evaluación ambientales.	206
Cuadro 86. Calificación de impacto.	207
Cuadro 87. Relación aspecto-impacto ambiental.	208
Cuadro 88. Continuación relación aspecto-impacto ambiental.	209
Cuadro 89. Matriz de evaluación ambiental.	210
Cuadro 90. Salarios según escalafón ACIEM.	212
Cuadro 91. Costos indirectos del proyecto.	213

Cuadro 92. Tiempos de intervención de las tareas preventivas por componente.	215
Cuadro 93. Tiempos de las categorías de las tareas preventivas.	216
Cuadro 94. Elementos utilizados para realizar las tareas preventivas.	216
Cuadro 95. Continuación elementos utilizados para realizar las tareas preventivas.	217
Cuadro 96. Costos mensuales de los elementos.	218
Cuadro 97. Continuación costos mensuales de los elementos.	219
Cuadro 98. Costo total de para realizar todas las tareas preventivas.	219
Cuadro 99. Costos para el uso de la herramienta informática.	220
Cuadro 100. Costo de implementación.	221
Cuadro 101. Costo total del desarrollo e implementación del plan de mantenimiento por año.	222
Cuadro 102. Costos para el primer año de desarrollo del plan de mantenimiento.	222
Cuadro 103. Costos para después del primer año de desarrollo del plan de mantenimiento.	223
Cuadro 104. Optimización de costos para la implementación y desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para el primer año.	224
Cuadro 105. Optimización de costos para la implementación y desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para después del primer año.	224

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Reporte de visita.	234
Anexo B. Cotización.	235
Anexo C. Ficha técnica de los componentes.	236
Anexo D. Formato de control de actividades.	241
Anexo E. Formato hoja de vida.	246

GLOSARIO

Baja Temperatura: Todos aquellos sistemas que operan con temperatura de conservación entre 0 (cero) a 10 (diez) grados Celsius, es decir, que refrigeran el producto final desde los 0 (cero) grados Celsius hasta un promedio de los 10 (diez) grados Celsius.

Centralizar: “Reunir varias cosas en un centro común”¹.

Herramienta informática: Programa con un conjunto de datos e información utilizado o empleado para realizar o efectuar tareas referentes al mantenimiento del sistema de refrigeración de una forma sencilla y en tiempo real.

Interactivo: “Dicho de un programa, que permite una interacción, a modo de dialogo, entre una computadora y el usuario.”²

Media temperatura: Todos aquellos sistemas que operan con temperatura de conservación por debajo de los 0 (cero) grados Celsius, es decir, que refrigeran el producto final por debajo de los 0 (cero) grados Celsius.

Refrigeración comercial: La refrigeración comercial se enfoca principalmente en la conservación y preparación de alimentos en tiendas al menudeo, restaurantes, instituciones y almacenes de cadena³.

Temperatura de conservación: Se refiere a la temperatura máxima a la cual se puede enfriar el medio.

Tiempo real: Disponibilidad de la información de forma inmediata e instante en el que la información referente al mantenimiento del sistema de refrigeración se actualiza y se centraliza en la herramienta informática cada vez que se registre.

¹ Ibid.

² Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. [Sitio WEB]. Madrid, España. La entidad [16, julio, 2020]. Disponible en: <https://dle.rae.es/interactivo>

³ PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 15. 9789681839697

RESUMEN

Para el desarrollo del proyecto, titulado como: Elaboración de un plan de mantenimiento interactivo, para sistemas de refrigeración comercial de media y baja temperatura, instalados por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S.; inicialmente, se realizó un levantamiento y recopilación de información acerca de la empresa y de los productos que esta instala, para identificar el tipo de sistema de refrigeración utilizado y su funcionamiento, las especificaciones técnicas y tipos de componentes utilizados y su funcionamiento, los tipos de refrigerantes utilizados y la reglamentación que hay para las sustancias agotadoras de la capa de ozono, y para definir que son los sistemas de refrigeración de media y baja temperatura.

Posteriormente, se realizó el diagnóstico de la situación actual del mantenimiento de la empresa, donde se recolectó información referente al proceso comercial utilizado por la empresa para ofrecer su servicio de mantenimiento, el tipo de mantenimiento actual que es aplicado a los sistemas de refrigeración, quien lo realiza y como lo realiza; y de esta manera, se determinó y analizó las falencias que presenta el proceso actual del mantenimiento, para así establecer las soluciones respectivas. Luego, se realizó un análisis de criticidad del sistema de refrigeración, donde se tuvieron en cuenta tanto sus componentes principales como sus accesorios, para determinar la importancia de cada uno dentro del sistema de refrigeración y definir un orden jerárquico y de priorización de estos, en el plan de mantenimiento. Seguido a esto, se realizó un estudio de los tipos de planes de mantenimiento preventivos para seleccionar el más adecuado teniendo en cuenta las necesidades y requerimientos de mantenimiento de la empresa determinados en el diagnóstico realizado.

Posterior a esto, se pasa al desarrollo del plan de mantenimiento preventivo interactivo, el cual constó de los siguientes pasos: el listado de los componentes, junto con sus respectivos subsistemas y elementos; determinación de las funciones y funcionamientos de cada subsistema, codificación del sistema de refrigeración y componentes, determinación de las funciones primarias y secundarias de cada componente, determinación de las fallas funcionales y técnicas de cada componente, determinación e identificación de los modos de falla utilizando la metodología Ishikawa, determinación de los efectos y evaluar y clasificar sus consecuencias, determinación de las tareas preventivas con su respectiva periodicidad, determinación de los procedimientos en caso de que ocurra cada falla, gestión de repuestos, diagrama de decisión y desarrollo de herramienta informática para la gestión de la información. Por último, se realiza el análisis ambiental, por medio de la metodología CONESA, en el cual se relaciona los aspectos e impactos ambientales que podría generar el proyecto y luego el análisis de costos, en el que se tuvo en cuenta la elaboración del proyecto, su implementación y su desarrollo.

PALABRAS CLAVE: Sistema, Refrigeración, Temperatura, Media, baja, Mantenimiento, Preventivo, RCM, Interactivo, Información, Centralización, Gestión.

ABSTRACT

For the development of the project, titled as: Elaboration of an interactive maintenance plan, for medium and low temperature commercial refrigeration systems, installed by DIAC INGENIERIA S.A.S. company; first of all, information about the company and the products that it installs was collected to identify the used type of refrigeration system and its operation, the technics specifications and used components types and their operations, the used refrigerants types and the regulation that exists for ozone layer depleting substances, and to define what are the medium and low refrigeration systems.

Subsequently, the diagnosis of the maintenance current situation of the company was made, where information about commercial process that is used by the company was collected to offer its maintenance service, the current maintenance applied to the refrigeration systems, who and how does it; and in this way, the shortcomings that the current maintenance process presents was determined and analyzed to establish the respective solutions. Then, a criticality analysis of the refrigeration system was made, where both its main components and accessories were taken into account to determine the importance of each one in the refrigeration system and define a hierarchical and prioritization order of these in the maintenance plan. Followed to this, a study of the preventive maintenance plan types was carried out to select the most appropriate one, taking into account the maintenance needs and requirements of the company determined in the diagnosis made.

After this, the interactive preventive maintenance plan is developed, which consisted of the following steps: The list of the components together with their respective subsystems and elements, determination of functions and operations of each subsystem, codification of the refrigeration system and components, determination of primary and secondary functions of each component, determination of the functional and technical failures of each component, determination and identification of failure modes using the Ishikawa methodology, determination of the effects and evaluate and classify its consequences, determination of the preventive activities with their respective periodicity, determination of the procedures in case each failure occurs, spare parts management, decision diagram and development of computer tool for the management of the information. Finally, the environmental analysis is carried out using the CONESA methodology, in which the environmental aspects and impacts that the project could generate are related and then to cost analysis, in which the elaboration project, its implementation and its development were taken into account.

Key words: System, refrigeration, temperature, medium, low, maintenance, preventive, RCM, interactive, information, centralization, management.

INTRODUCCIÓN

DIAC INGENIERÍA S.A.S es una empresa que se dedicada al diseño, ingeniería, instalación y mantenimiento de los equipos y/o sistemas de refrigeración comercial e industrial, y proyectada a siempre ofrecer los mejores y actualizados servicios para satisfacer las exigencias cambiantes de esta industria, garantizando así la mejor relación beneficio – costo tanto para sus clientes como para esta. De esta manera, dentro de los servicios ofrecidos por la empresa, actualmente el mantenimiento es uno de los servicios que presenta las mayores falencias, ya que este, está provocando pérdidas económicas tanto para el cliente como para la empresa. Esto se debe a que por el tipo de mantenimiento aplicado actualmente a los sistemas de refrigeración y por la falta de la gestión de la información de mantenimiento y de repuestos, se esta generando paradas no programadas de los equipos, repercutiendo a que se genere pérdidas económicas para el cliente, ya sea por altos costos de mantenimiento o pérdida de producto. Esto fomenta que se eleve el grado de inconformidad del cliente por parte del mantenimiento prestado y lo que a su vez significa grandes pérdidas para la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. por perdida de clientes.

Es por esto, que es de gran importancia el desarrollo de este proyecto, ya que puede establecer un plan de mantenimiento de forma interactiva que garantice altos índices de confiabilidad y disponibilidad de los sistemas de refrigeración, una gestión de repuestos y una gestión de la información del mantenimiento en tiempo real; y que permita la reducción de costos para los clientes y un aumento económico para la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S..

1. GENERALIDADES

En este capítulo se describirá la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., el sistema de refrigeración utilizado y productos instalados por la empresa.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

DIAC INGENIERÍA S.A.S., fue constituida en el año 2.003, con el objetivo de ofrecer los mejores productos y servicios de refrigeración, ventilación y aire acondicionado. A partir de esa fecha cumple con 16 años de experiencia en el diseño, fabricación e instalación de equipos de refrigeración y en brindar el servicio de mantenimiento a estos, garantizando una solución a cualquier problema que se pueda presentar con la mejor relación beneficio – costo.

De esta manera la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. busca mantenerse como una de las empresas líderes en el sector de refrigeración, con avances tecnológicos constantes en sus productos y servicios.

1.1.1 Misión⁴: Ofrecer los mejores productos y servicios en el sector de la refrigeración, aire acondicionado y ventilación.

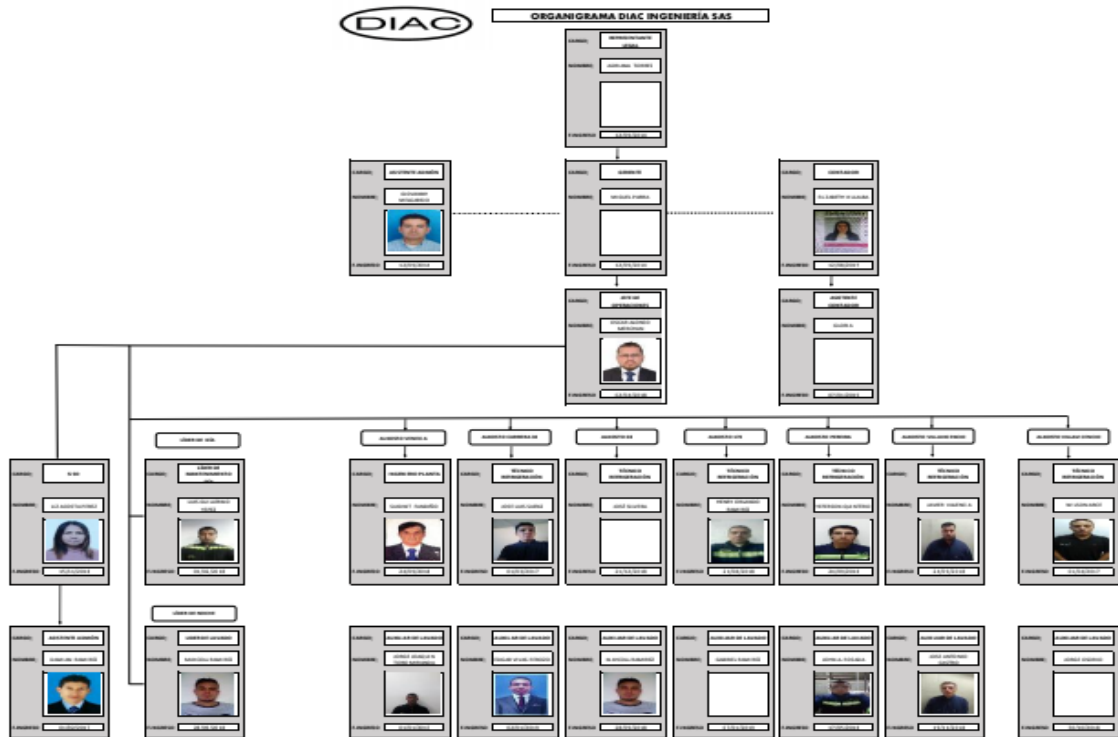
1.1.2 Visión⁵: Para el 2020 lideraremos el comercio electrónico del sector de la refrigeración, ventilación y aire acondicionado en Colombia y Latino América ofreciendo productos y servicios que agreguen valor a nuestros clientes, empleados y socios.

⁴ DIAC INGENIERÍA S.A.S. Nosotros. [En línea]. Bogotá D.C., Colombia. 2019. [Citado 10-Julio-2019]. Disponible en internet: <https://diac.com.co/nosotros/>

⁵ DIAC INGENIERÍA S.A.S. Nosotros. [En línea]. Bogotá D.C., Colombia. 2019. [Citado 10-Julio-2019]. Disponible en internet: <https://diac.com.co/nosotros/>

11.1.3 Organigrama

Figura 1. Organigrama DIAC INGENIERÍA S.A.S.



Fuente. Empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S.

1.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Actualmente, la industria está enfocada en la mejora continua y modernización de procesos industriales para el aumento de los índices de disponibilidad, producción y calidad de las empresas; es por esto, que se busca que los procesos tengan cada vez más una mejor eficiencia y una optimización en los costos de producción.

La refrigeración tiene gran incidencia en la industria moderna, debido a que procesos tales como, la conservación de alimentos y otros productos a una temperatura específica y el mantener equipos, componentes o sistemas a una temperatura adecuada para su buen funcionamiento son comúnmente las labores diarias en empresas; y que además se encuentra en los hogares como en las neveras, sistemas de aires acondicionados, entre otros. Es por esto, que los sistemas de refrigeración son de gran importancia en la vida del ser humano debido a su alta utilización y funcionalidad en la cotidianidad.

1.2.1 Refrigeración: El principio termodinámico de la refrigeración basa su funcionamiento en el hecho de que cuando una sustancia se encuentra en estado

líquido y la presión circundante se hace disminuir a un valor inferior a la presión de saturación, el líquido empezará a hervir y a pasar a estado gaseoso, esto debido a que la materia tiene una naturaleza molecular. Las moléculas tienen la suficiente velocidad para que escapen a la presión más baja, y no a la presión original que es más elevada. Cuando el líquido hierve logra enfriar cualquier cuerpo circundante a la temperatura de saturación correspondiente a la presión más baja debido a que absorbe su correspondiente calor latente de vaporización. De esta forma se logra la refrigeración.⁶

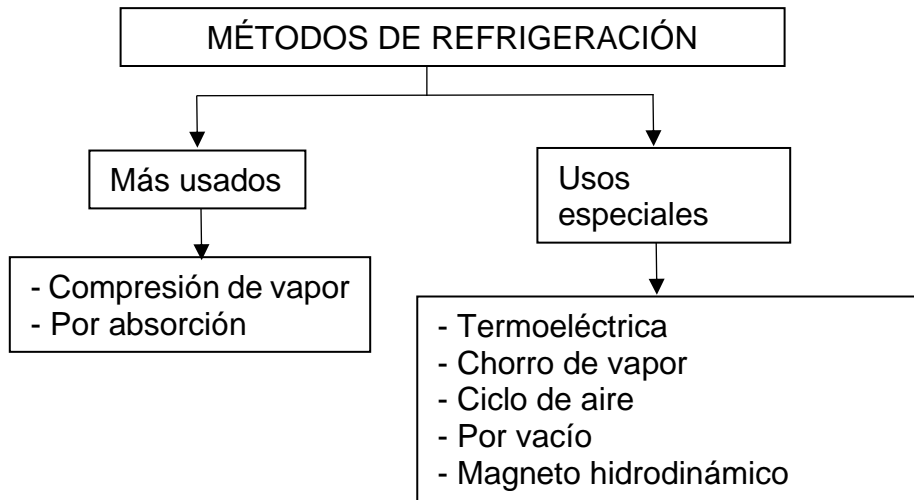
1.2.2 Métodos de refrigeración: El aprovechamiento de las distintas formas de utilizar la energía ha impactado de una manera significativa la industria actual; por esto, es cierto que a medida que pasa el tiempo existen más formas de realizar cualquier tipo de proceso. En la refrigeración existen varios métodos para realizar el proceso de enfriamiento; el más ampliamente usado y conocido es el sistema de compresión de vapor que es el utilizado por la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. En este sistema, un refrigerante líquido volátil se evapora y da como resultado una remoción de calor de la sustancia que se debe enfriar. En este proceso se utiliza un compresor y un condensador para recuperar y reutilizar el refrigerante utilizado.⁷

Otro método de refrigeración que es ampliamente usado se conoce como el sistema de refrigeración por absorción, en este caso hay interacción entre dos fluidos en contacto donde el refrigerante también se evapora como el anteriormente mencionado, pero en este caso la evaporación se mantiene absorbiendo el refrigerante en otro fluido, este último tiene el mismo principio termodinámico y térmico que el de compresión de vapor. De igual manera existen otros tipos de sistema de refrigeración como son termoeléctricas, de chorro de vapor, por ciclo de aire, por vacío y magneto hidrodinámica como se ve en el diagrama 1. Estas utilizadas en aplicaciones especiales, siendo sistemas costosos por su poco despliegue.

⁶ PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 41. 9789681839697

⁷ Ibid. p 15.

Diagrama 1. Métodos de refrigeración.

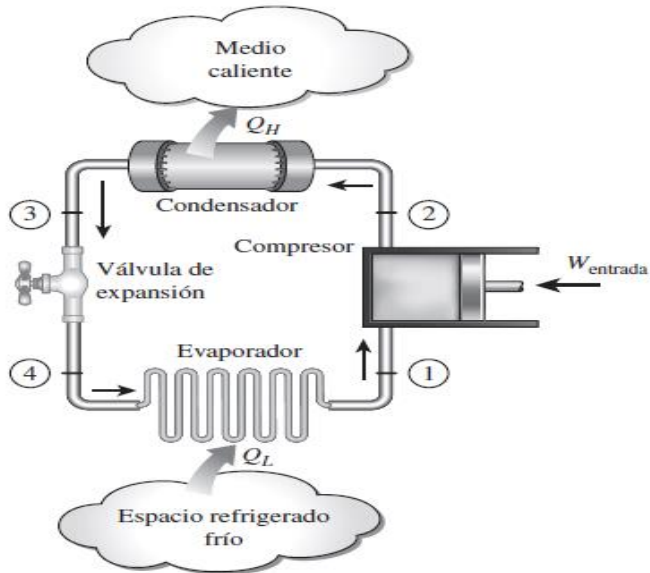


Fuente. Elaboración propia

La selección del método adecuado de refrigeración se ajusta a las condiciones donde se requiera este proceso; variables como espacio, facilidad de transporte, costos de mantenimiento, demanda de producto, seguridad, entre otras; son las que se tienen en cuenta para selección de la mejor alternativa.

1.2.3 Sistema de compresión de vapor: El sistema de compresión de vapor es un sistema mecánico de refrigeración ampliamente usado en la industria y comercio, es un sistema cerrado y cíclico que consiste en cuatro procesos secuenciales, el primero es la expansión, seguido de la evaporación, compresión y finalmente la condensación; estos procesos se explican gráficamente el diagrama de Mollier o también denominado diagrama presión-entalpía; los cuales se llevan a cabo mediante los cuatro componentes básicos y principales del sistema de compresión de vapor que son: dispositivo de expansión o control de flujo, evaporador, compresor y condensador como se ilustra en la figura 2. Además, de los cuatro dispositivos principales del sistema de refrigeración por compresión de vapor, también hay otro componente que es el receptor el cual es el encargado de almacenar el exceso de refrigerante que no esté circulando en el sistema o también sirve para concentrar todo el refrigerante en el caso de reparación de algún otro componente, este dispositivo se omite en la mayoría de las ocasiones debido a que algunos tipos de condensadores se pueden utilizar para estas funciones.

Figura 2. Sistema de compresión de vapor



Fuente. CENGEL, A. Yunus. Termodinámica. 7 ed. México. Mc Graw Hill, 2004, p 619. ISBN 9786071507433

En el sistema de refrigeración de compresión de vapor es común utilizar los términos de alta presión y baja presión para distinguir estas dos partes dentro del sistema, alta presión hace referencia a la presión existente entre de la salida o descarga del compresor y la entra del dispositivo de flujo y el lado de baja presión que es la presión entre la salida del dispositivo de flujo y la entrada de succión del compresor. Otros términos utilizados son los que se les dan a los tramos de tubería que van de un componente a otro, como se muestra en la siguiente tabla:

Cuadro 1. Tramos de tubería.

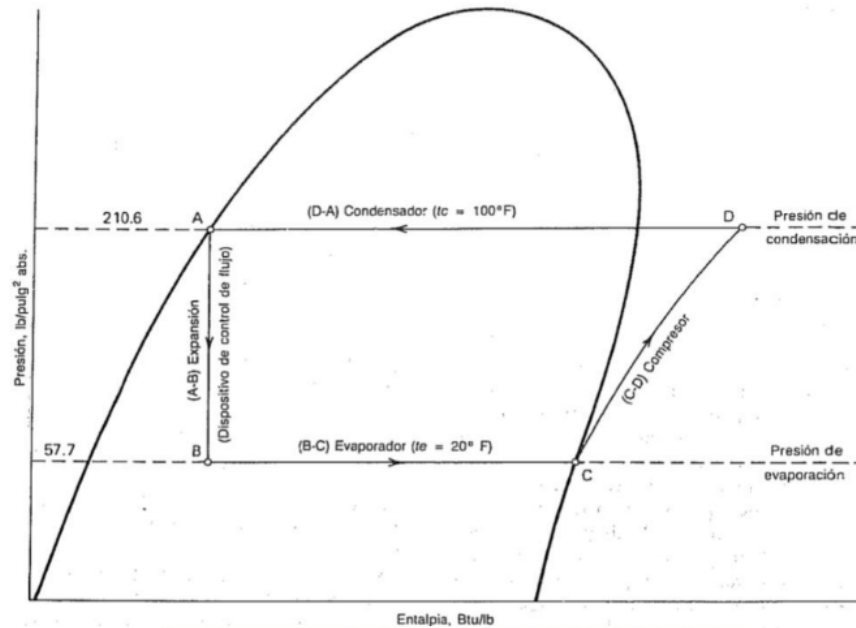
Tramo de línea	Denominación
Evaporador-Compresor	Línea de succión
Compresor-Condensador	Línea de gas caliente o de descarga
Condensador-Recibidor	Línea del condensado
Recibidor-Dispositivo de control de flujo	Línea del líquido

Fuente. PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 58. ISBN 7989681839697.

El funcionamiento del sistema de refrigeración por compresión de vapor consta de varios cambios termodinámicos que experimenta el refrigerante en cada parte del

equipo, los cuales están asociados directamente a los cuatro procesos mencionados anteriormente; el diagrama de Mollier explica el ciclo del sistema de refrigeración de vapor de forma detallada y secuencial como se ilustra en la figura 3. y se explica en la Cuadro 2.

Figura 3. Diagrama de Mollier.



Fuente. PITA, Edward G. Principios y sistema refrigeración traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 70. ISBN 7989681839697

Los procesos y la termodinámica del diagrama de Mollier se explican en la siguiente tabla:

Cuadro 2. Procesos del sistema de refrigeración de compresión de vapor.

Línea	Proceso	Proceso termodinámico	Componente en donde ocurre
A-B	Expansión	Entalpía constante	Dispositivo de control de flujo
B-C	Evaporación	Presión constante	Evaporador
C-D	Compresión	Entropía constante	Compresor
D-A	Condensación	Presión constante	Condensador

Fuente. Elaboración propia con base en PITA, Edward G. Principios y sistema refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 70. ISBN 7989681839697.

El diagrama de Mollier además de explicar el ciclo de refrigeración por medio del método de compresión de vapor, es el de mayor frecuencia utilizar para los cálculos de refrigeración, debido a que las propiedades termodinámicas tales como presión, entalpía, volumen, temperatura, calidad y entropía, y estados como líquido saturado o vapor saturado de cualquier refrigerante se conocen en cualquier parte del ciclo siempre y cuando se conozca en que punto del diagrama está el refrigerante.

1.2.4 Componentes: El sistema de refrigeración de compresión por vapor comprende cuatro principales componentes, en donde cada uno es de vital importancia para su funcionamiento; estos componentes son: válvula de estrangulamiento o dispositivo de control de flujo, evaporador, compresor, condensador o unidad condensadora como se muestra en la figura 2. Sin embargo, en sistemas de refrigeración de compresión por vapor reales existen otros componentes que complementan el sistema para darle una mayor vida útil y una mejor eficiencia, estos componentes son: sistema de control, válvulas y accesorios. Otro componente que no es menos imprescindible es la tubería, que es necesaria para el funcionamiento satisfactorio del sistema.

El sistema de refrigeración está sujeto como en cualquier proceso a cambios inesperados de las condiciones de trabajo, sin embargo, cada uno de los componentes del sistema están diseñados para cumplir y ejecutar su función bajo diferentes condiciones de trabajo. La función que cumple cada uno de los componentes dentro del sistemas de compresión de vapor se explica a continuación:

1.2.4.1 Dispositivo de control de flujo o válvula de estrangulamiento: El dispositivo control de flujo o válvula de estrangulamiento tiene dos principales funciones dentro del sistema de compresión de vapor; la primera es regular el flujo del refrigerante líquido que se alimenta al evaporador, según sea la demanda⁸. Esto hace referencia que cuando aumenta la demanda de carga térmica en el evaporador, el dispositivo de control de flujo debe alimentar más refrigerante, y cuando disminuye la carga debe reducir el flujo de refrigerante. La segunda función principal de este componente es crear una caída de presión lo suficiente para que el refrigerante que fluya se expanda, evaporando así una porción de este, de modo que se enfríe hasta la temperatura de evaporación⁹. Sin embargo, el dispositivo de control de flujo no es un dispositivo encargado del control de presión, para este control se puede disponer de otros dispositivos debido que en ocasiones es debido controlar la presión del evaporador o la línea de succión en un valor fijo o limitarla a ciertos valores bajos o altos.

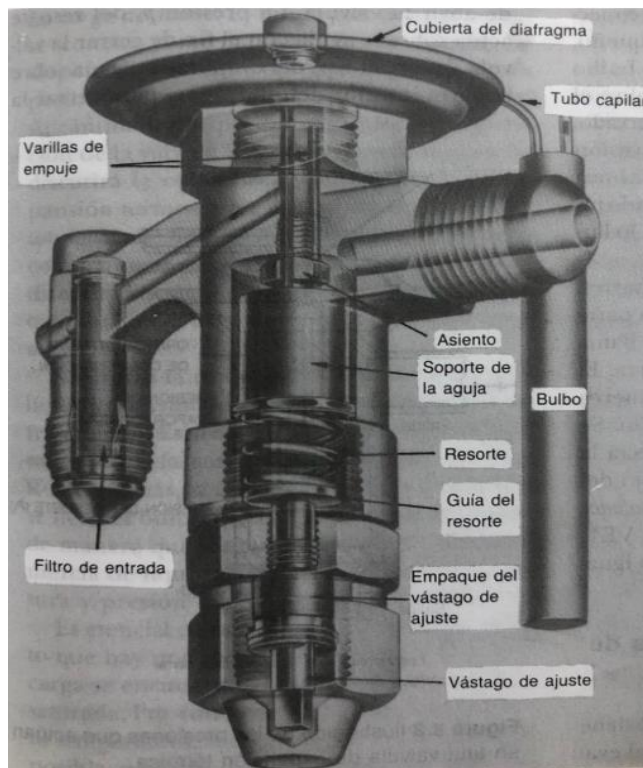
Todos los dispositivos de control de flujo manejan el mismo principio de funcionamiento para llevar a cabo la expansión, en su mayoría se construyeron

⁸ Ibid. p 189.

⁹ Ibid. p 189.

como válvulas, las cuales pueden regular su abertura entre totalmente abierta y totalmente cerrada para controlar el flujo del refrigerante. Existen variedad de válvulas entre las más usadas en sistemas de compresión de vapor están: válvula de expansión manual o automática, válvula de flotador de lado de alta y de baja y válvula de expansión termostática (VET)¹⁰. Esta última es la más usada por su gran variedad de características. Algunas de sus características son: se puede utilizar en sistemas de cualquier capacidad y mantiene un excelente control automático del flujo de refrigerante al evaporador en condiciones variadas del sistema. La estructura de la válvula de expansión termostática se muestra en la figura 4.

Figura 4. Partes principales de una válvula de expansión termostática



Fuente. PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 191. ISBN 7989681839697

La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. dentro del sistema de refrigeración de compresión por vapor maneja la válvula de expansión termostática del tipo igualador interno como dispositivo de control de flujo de referencia Danfoss, esta válvula es fija y totalmente electrónica.

¹⁰ Ibid. p 190.

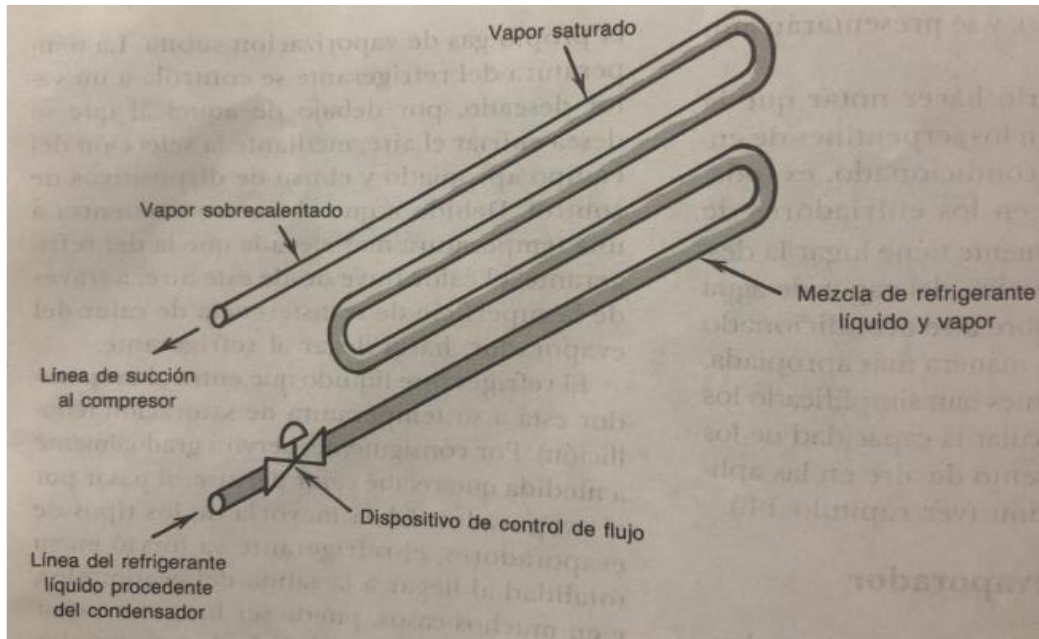
1.2.4.2 Evaporador: La transferencia de calor es un proceso esencial en la refrigeración, debido a que dos de sus componentes dentro del sistema de compresión de vapor trabajan bajo este principio. Uno de estos equipos es el evaporador, el cual tiene como objetivo la transferencia de calor continua y eficiente desde el medio que se desea enfriar al refrigerante¹¹. El medio puede estar en los tres estados de la materia gaseoso, líquido o sólido. Las sustancias que más refrigera los evaporadores son agua y aire. La disposición común del evaporador es que el refrigerante fluya mediante los tubos (serpentín) y el medio a enfriar fluya por el exterior de estos. Sin embargo, existen varias disposiciones en las que se pueden encontrar exteriormente los evaporadores, pero mantienen el mismo principio de funcionamiento.

En este componente, el proceso de transferencia de calor va desde la sustancia con la temperatura más elevada, que en este caso es la sustancia que fluye por el exterior de los tubos del evaporador ya sea aire o agua, hacia el refrigerante que va por dentro de los tubos y el cual tiene una temperatura mucho menor, esto es por que en el dispositivo de control de flujo el refrigerante pierde la suficiente presión para que salga con baja temperatura y presión. Mediante la selección adecuada del evaporador y el dispositivo de control de flujo se controla el valor deseado de la temperatura del refrigerante, el cual siempre debe estar por debajo del valor de la temperatura a la cual se desea enfriar el medio. A medida que el refrigerante pasa por el serpentín del evaporador absorbe calor del medio, lo suficiente para que en la salida del evaporador este salga en una condición de vapor sobrecalentado o saturado.

Los evaporadores se clasifican según la cantidad de refrigerante en estado líquido y en estado de vapor que fluye a través de estos; se dividen en dos tipos los evaporadores de expansión seca y evaporadores inundados. En los evaporadores de expansión seca, la cantidad de refrigerante que suministra el dispositivo de control de flujo es exacta y la suficiente para llevar a cabo la refrigeración necesaria; esto conlleva a que el refrigerante se evapore en su totalidad antes de salir del evaporador; lo que significa que la cantidad de refrigerante en estado vapor es mayor a medida de que fluye a través del evaporador que la cantidad de refrigerante en estado líquido, en otras palabras el refrigerante en estado líquido cubre una pequeña parte dentro del tubo del serpentín y el refrigerante en estado gaseoso cubre la mayoría de área del tubo, esto influye que si aumenta la cantidad de refrigerante en estado líquido, la superficie del serpentín aumentaría, debido a que la transferencia de calor entre la superficie del tubo y el líquido es mayor que la transferencia con el gas. En la figura 5 se muestra el evaporador de expansión seca y los cambios de estado que presenta el refrigerante a medida que fluye a través del evaporador; esta disposición del serpentín se le conoce como serpentín de expansión directa (ED).

¹¹ Ibid. p 137.

Figura 5. Evaporador de serpentín de expansión seca.



Fuente. PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 138. ISBN 7989681839697.

La otra clasificación de los evaporadores son los evaporadores inundados donde su característica principal es que el refrigerante en estado líquido moja o cubre la mayor o total superficie del tubo. Dentro de los evaporadores inundados está el evaporador de casco y tubos inundados, en donde el refrigerante fluye por el exterior de los tubos y por dentro de los tubos fluye el medio que se desea enfriar, teniendo la precaución que la totalidad de la superficie exterior de la tubería este sumergida en refrigerante líquido. Este evaporador es muy usado en sistemas de enfriamiento de líquidos de gran cantidad¹².

Otro evaporador de este tipo es el evaporador de serpentín inundado, la cual el arreglo de este evaporador es totalmente diferente al anterior donde el refrigerante fluye por dentro de los tubos (serpentín) y el medio fluye por el exterior de estos. Dentro del serpentín del evaporador solo fluye refrigerante en estado líquido y la cantidad que fluye es mucho mayor a la necesaria para la refrigeración demandada, es por esto que el serpentín en su interior en este caso es el que se mantiene inundado en refrigerante líquido. Este tipo de evaporador es más costoso, pero más eficiente en ahorro de energía que los de expansión directa, y son muy usados para sistemas que trabajan a bajas temperaturas.

¹² Ibid. p 139.

La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. dentro del sistema de refrigeración de compresión por vapor maneja los evaporadores de serpentín de expansión directa de ventilación forzada y como su funcionamiento está dirigido a almacenes de cadena en la preparación y conservación de alimentos, maneja cuatro disposiciones exteriores de los evaporados, las cuales son denominadas de la siguiente forma: cavas de referencia Lu-Ve, autocontenidos o neveras de referencia Arneg, autoservicios de referencia Arneg e islas de refrigeración de referencia Arneg. Estas disposiciones son las unidades o estructuras donde se deposita el producto a refrigerar o congelar y se les denomina unidades refrigeradoras de producto. Más adelante se explicarán estas disposiciones.

1.2.4.3 Compresor: El compresor tiene una principal función dentro del sistema de compresión de vapor; la cual hace referencia al aumento de la presión saliente del evaporador, conocida como presión de evaporización, hasta la presión a la cual el refrigerante en estado gaseoso pueda ser condensado con fluidos a temperatura ambiente, esta presión debe ser la presión de saturación a la temperatura de condensación del refrigerante¹³. Debido a la elevada presión saliente del compresor, este componente desarrolla dos funciones secundarias que no son menos importantes, la primera es que le da la energía necesaria al refrigerante para que este fluya a través de todo el sistema y componentes y la segunda es que crea un gran diferencial de presión lo que promueve a la expansión en el dispositivo de control de flujo, causando la caída de temperatura del refrigerante.

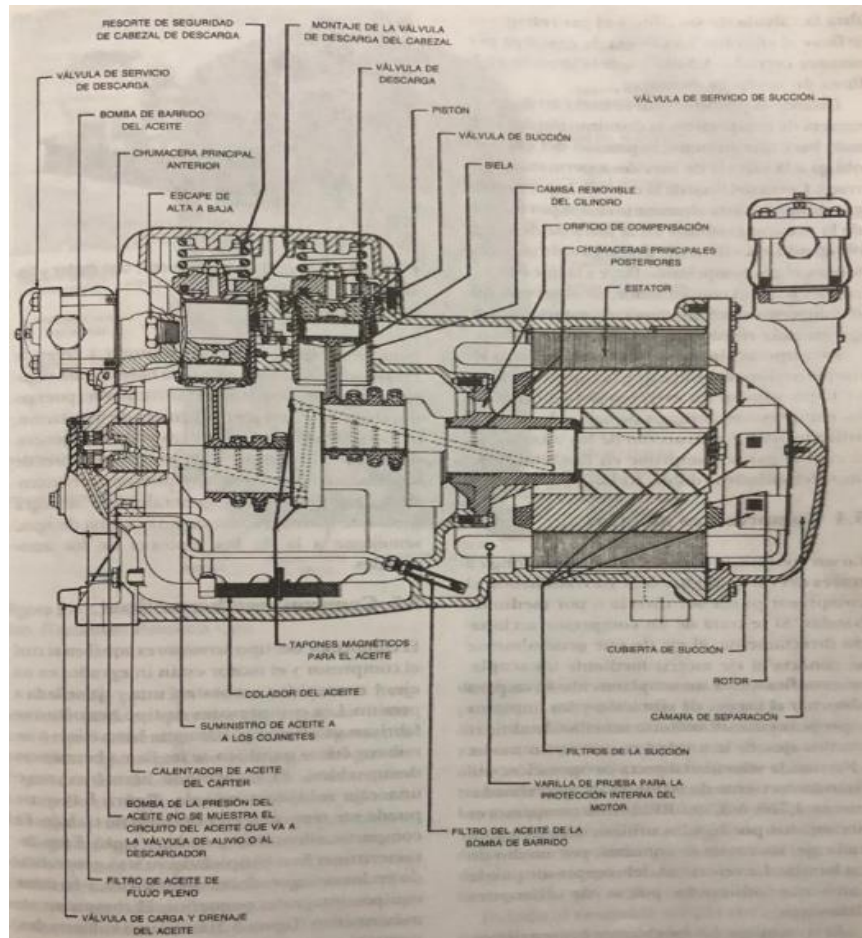
Los compresores se clasifican dependiendo como logran hacer el aumento de presión del refrigerante en estado gaseoso en dos grupos: compresores de desplazamiento positivo y compresores dinámicos. Los compresores de desplazamiento positivo manejan el siguiente principio de funcionamiento para aumentar la presión: Primero admiten una cantidad de volumen de gas, para luego comprimir este volumen y así aumentar la presión del gas. Este tipo de compresores se clasifican en tres tipos: reciprocantes, rotatorios y helicoidales (de tornillo). Los compresores reciprocantes son los de mayor utilización, estos elevan la presión mediante el funcionamiento de pistones que son movidos por un sistema de transmisión (cigüeñal), que es alimentado por un motor eléctrico, la disposición de este compresor se muestra en la figura 6.

En cuanto los compresores dinámicos hay varios tipos de estos, pero para la refrigeración solo se utilizan los compresores centrífugos. Los compresores pueden estar en tres presentaciones: abiertos, herméticos o semiherméticos. Los compresores abiertos hacen referencia a que la unidad del compresor y el motor eléctrico están al descubierto totalmente. Los herméticos y semiherméticos están cubiertos con una caja sellada con la diferencia que con los compresores herméticos la caja es sellada a presión, lo que los inhabilita para ser reparados en campo, en cambio la caja de los compresores semiherméticos es sellada mediante tornillos, lo

¹³ Ibid. p 95.

que los hace desmontables y los habilita para que sean reparados en campo, una ventaja que se tiene que tener en cuenta para sistemas donde se necesiten continuidad en su producción y reparación en campo, sin embargo son un poco mas costosos que los herméticos.

Figura 6. Sección de compresor recíprocante.



Fuente. PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 97. ISBN 7989681839697

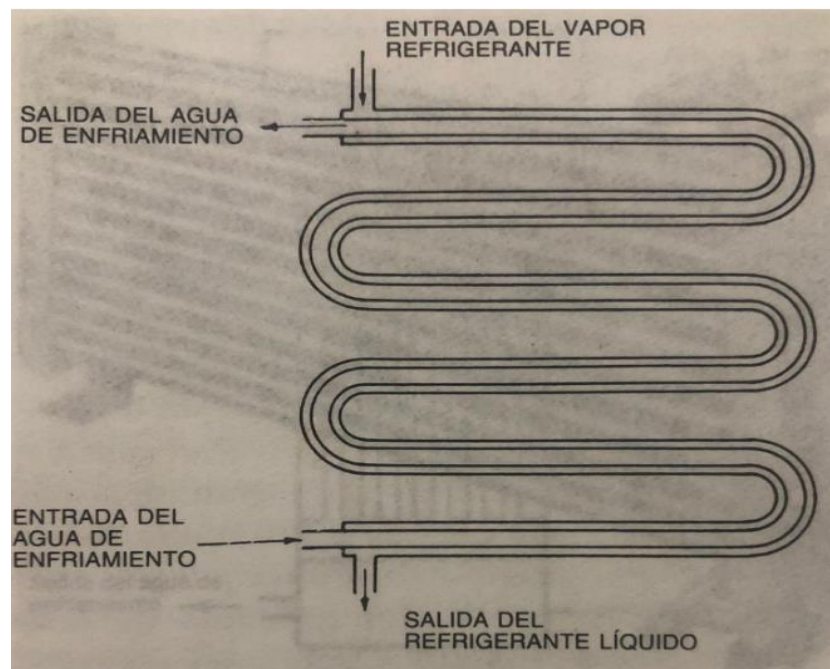
La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. dentro del sistema de refrigeración de compresión por vapor maneja los compresores de desplazamiento positivo en especial el tipo recíprocentes semiherméticos de 4 y 6 cilindros de referencia Copeland.

1.2.4.4 Condensador: El condensador al igual que el evaporador es un intercambiador de calor, el cual tiene una principal función dentro del sistema de

compresión de vapor, que es remover el calor del refrigerante en estado gaseoso que sale del compresor para que se condense y pueda ser reutilizado. En este componente el intercambio de calor se hace desde el refrigerante hacia el medio de enfriamiento; el medio puede ser agua o aire debido a que estas sustancias se pueden conseguir en cantidades suficientes y a costos razonables. Los condensadores se clasifican en tres tipos según el medio que se utiliza para enfriar y la forma en que se transfiere el calor al componente, estos son: condensador enfriado por agua, condensador enfriado por aire y condensador evaporativo; los condensadores enfriados por agua y aire utilizan la capacidad de calor sensible de estos fluidos para el enfriamiento, es decir, su temperatura aumenta y los condensadores evaporativos utilizan el calor latente de vaporización del agua¹⁴.

Los condensadores enfriados por agua son los más usados a nivel industrial y se clasifican en varios tipos según su construcción: de doble tubo como se muestra en la figura 7, casco y serpentín, casco y tubos horizontales o verticales¹⁵. Sin embargo, estos condensadores deben hacer recircular el agua para utilizarla más de una sola vez, esto se logra mediante la condensación de esta en torres o tanques de enfriamiento.

Figura 7. Sección condensador doble tubo.



Fuente. PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 155. ISBN 7989681839697

¹⁴ Ibid. p 154.

¹⁵ Ibid. p 154.

Los condensadores enfriados por aire generalmente se construyen en una disposición de tubos (serpentin) y aletas para aumentar el coeficiente de transferencia de calor. En estos condensadores el refrigerante fluye por la parte interna de los tubos y el aire fluye por la parte exterior. El enfriamiento de los condensadores que utilizan aire como fluido de enfriamiento, puede ser natural o por convección forzada; esta última es la más usada debido a que es implementada para los sistemas donde es necesaria gran capacidad.

La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. dentro del sistema de refrigeración de compresión por vapor maneja los condensadores enfriados por aire por convección forzada de referencia Danfoss.

1.2.2.5 Tubería: La tubería tiene una función principal dentro del sistema de compresión, la cual es conducir el refrigerante a través de todo el equipo; además abarca varias funciones y debe cumplirlas para el buen funcionamiento del sistema: la primera es tener la precaución de suministrar el flujo necesario y adecuado para el sistema, la segunda es evitar una alta caída de presión, la tercera es evitar la entrada de refrigerante líquido al compresor y la última es que el lubricante retorne al Carter del compresor¹⁶; estas funciones se cumple con una buena selección y diseño de la tubería en su diámetro, longitud y accesorios.

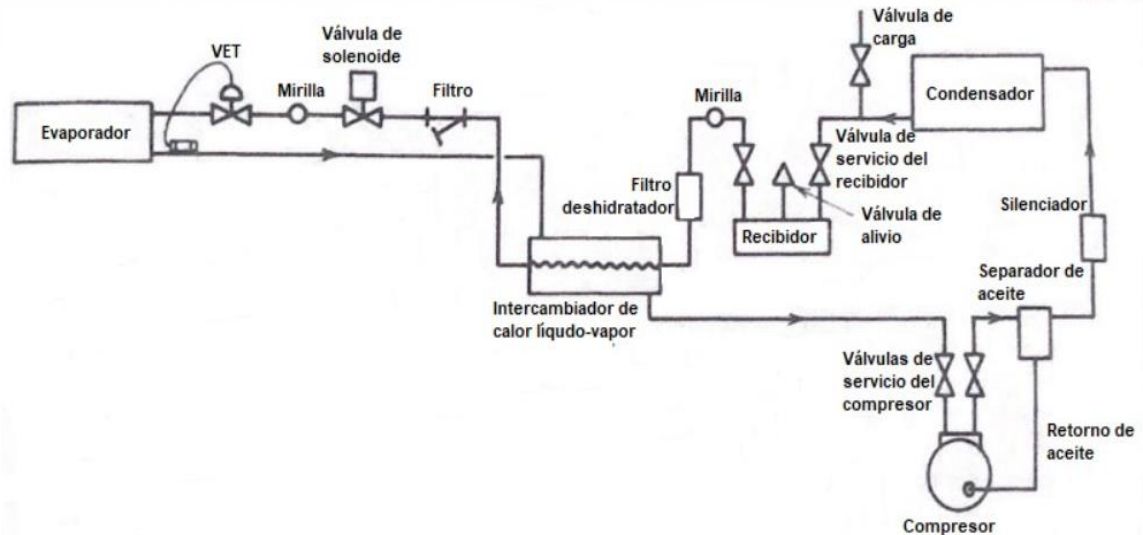
La selección del material de la tubería del sistema se ve influenciada con el tipo de refrigerante a utilizar, ya que por ejemplo el amoniaco que es un buen refrigerante reacciona químicamente con la tubería de cobre, el cual es el material usado con los refrigerantes halocarburos, es por esto que se utiliza tubería de acero. Sin embargo, otro factor que determina el material a seleccionar de la tubería es la corrosión, por eso se utiliza materiales no ferrosos. En otras palabras, la selección del material depende de las sustancias de trabajo para el funcionamiento del sistema.

En el sistema de refrigeración cierto número de dispositivos adicionales o accesorios se le agregan a los tramos de tubería, para que realicen funciones convenientes que mejoren el funcionamiento del sistema, como brindarle seguridad o servicios adicionales. Estos dispositivos adicionales son: filtros secadores, indicadores de líquido, separadores de aceite, silenciadores de descarga, recibidores, cambiadores de calor entre las líneas de líquido y succión, acumuladores de succión. Además, el uso de otras válvulas como: válvulas de solenoide, regulador de la presión de succión, regulador de la presión del evaporador, válvulas de cierre manual, válvulas Schrader, válvulas de retención, válvulas de alivio y válvulas de inversión. Estos accesorios se utilizan en caso de ser necesarios dentro del sistema; la disposición y ubicación de algunos de estos accesorios se muestran en la figura 8, sin embargo, no están todos los accesorios

¹⁶ Ibid. p 245.

como las válvulas reguladoras de presión que se suelen utilizar en la mayoría o todos los sistemas de refrigeración por compresión de vapor¹⁷.

Figura 8. Disposición del sistema y ubicación de los accesorios.



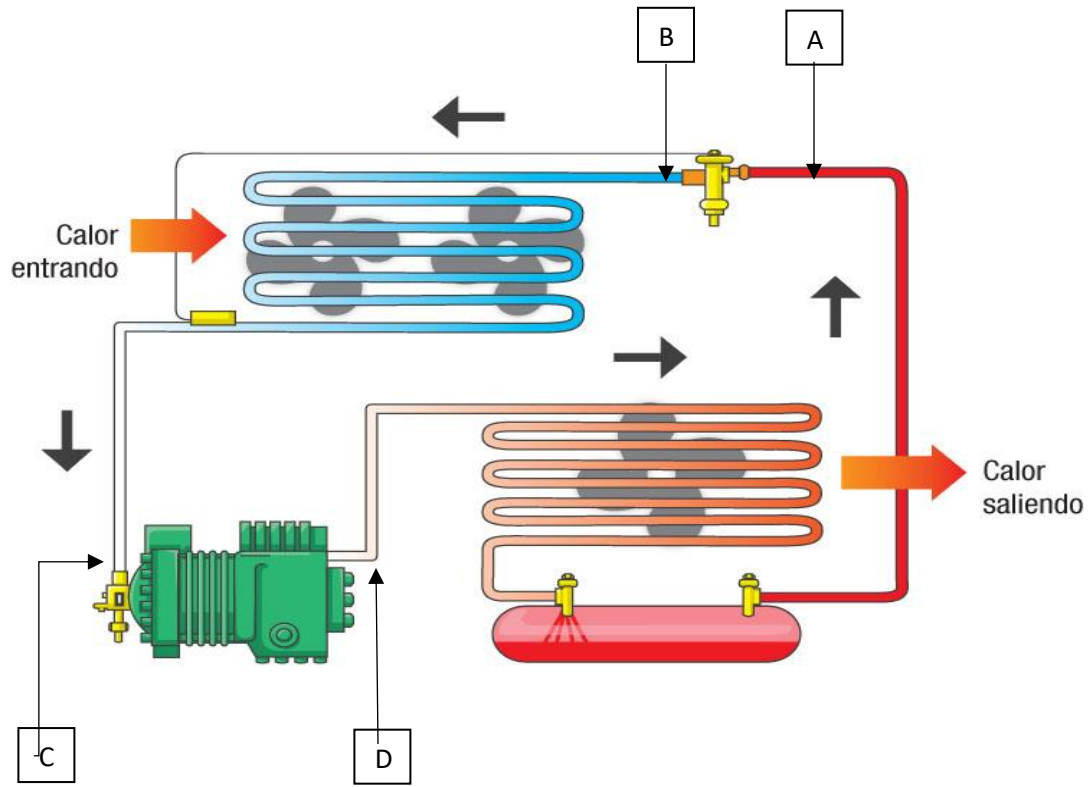
Fuente. PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 279. ISBN 7989681839697.

La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. dentro del sistema de refrigeración de compresión por vapor maneja tubería de cobre y algunos accesorios para mejorar su funcionamiento, que estos dependen de la necesidad de control, seguridad o propiamente de los requerimientos que desee el cliente.

1.2.5 Funcionamiento: El funcionamiento del ciclo de refrigeración de compresión por vapor se explica de una forma breve dividiendo del ciclo completo en dos procesos principales: el primero es el proceso de refrigeración el cual comprende los procesos de expansión y evaporación, y el segundo es el proceso de recuperación del refrigerante el cual comprende los procesos de compresión y condensación del refrigerante; el ciclo completo junto con los procesos se muestra en el cuadro 2. y en la figura 9.

¹⁷ Ibid. p 278.

Figura 9. Diagrama básico sistema de refrigeración de compresión por vapor.



Fuente. Yañez, Giraldo. Ciclo básico de refrigeración por compresión – ciclo Frigorífico. [sitio WEB]. Mexico. Yañez, Giraldo [28, febrero, 2020]. Disponible en: www.gildardoyanez.com

El proceso de refrigeración comienza con la expansión del refrigerante la cual ocurre dentro del dispositivo de control de flujo o válvula de estrangulamiento como se muestra en la figura 9. en el proceso A-B, donde el refrigerante pasa a través de un orificio de diámetro pequeño y restringido reduciendo la presión lo suficientemente para que el refrigerante empiece a hervir, convirtiéndose paulatinamente en un gas.

Cuando el refrigerante está en estado líquido y empieza a hervir, este absorbe calor (calor latente de vaporización), el cual proviene del propio refrigerante ya que este antes de entrar al dispositivo de control de flujo su temperatura es relativamente elevada, como consecuencia el refrigerante al salir del dispositivo de control de flujo se enfría hasta la temperatura de saturación de la presión inferior. La porción de refrigerante que se vaporiza súbitamente representa la cantidad necesaria para enfriar la mezcla de líquido y vapor del refrigerante hasta alcanzar la temperatura de evaporación, obteniendo una baja temperatura suficiente para el proceso de refrigeración.¹⁸

¹⁸ Ibid. p 54.

Debido a que el refrigerante pasa por un orificio pequeño a una gran velocidad la transferencia de calor desde o hacia el refrigerante es nula, por lo que el proceso de A-B es de entalpia constante. El proceso de refrigeración sigue y finaliza con la evaporación la cual ocurre dentro del evaporador como se muestra en la figura 9. en el proceso B-C; que en el caso específico de los almacenes de cadenas en la preparación y conservación de alimentos existen distintas formas de ver los evaporadores exteriormente, sin embargo, mantienen el mismo principio de funcionamiento.

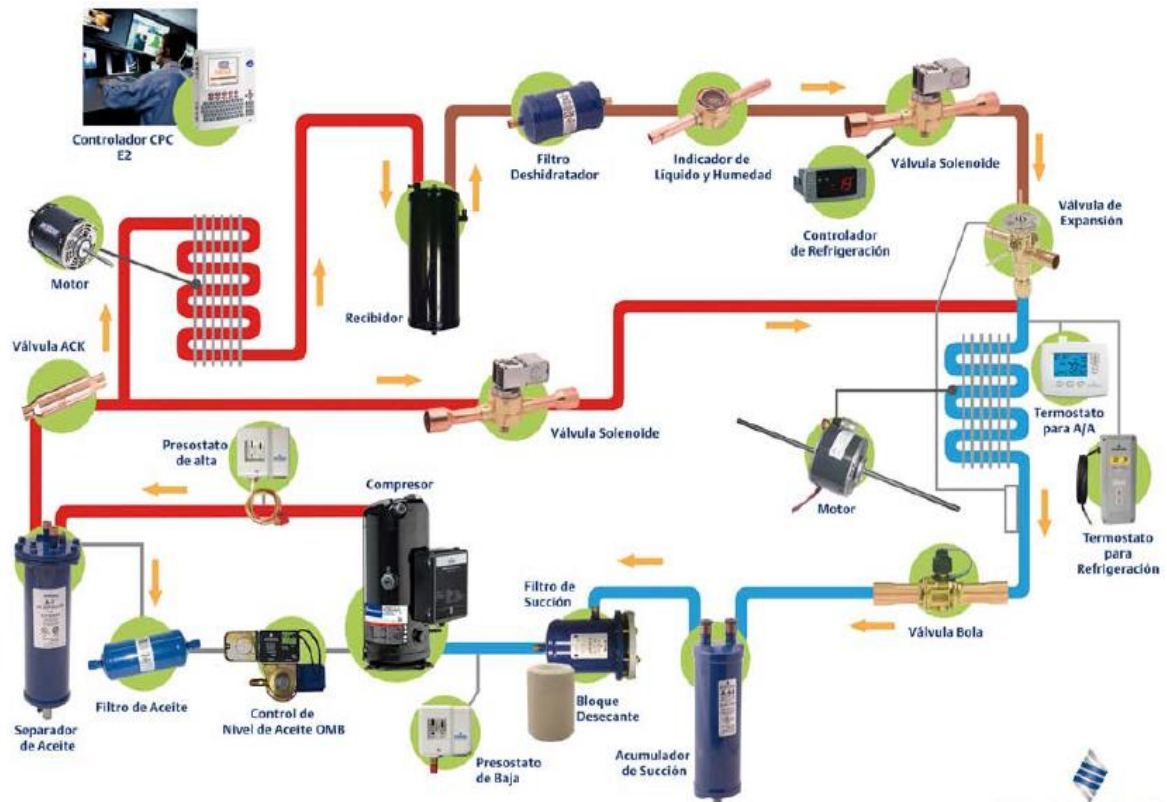
Este proceso da lugar a la principal función del ciclo, es aquí donde se lleva a cabo la refrigeración realmente útil, donde el fluido circundante en el exterior de la tubería (serpentin) del evaporador se enfría hasta la temperatura de evaporación del refrigerante, ya que al tener una temperatura más elevada que la del refrigerante cede calor hasta enfriarse a una temperatura deseada. El calor absorbido por el refrigerante logra que este al salir del evaporador salga en un estado de vapor total. En este proceso la presión permanece igual en todo el evaporador, es decir, es un proceso el cual ocurre con presión constante.

El segundo proceso principal del ciclo completo hace referencia a la recuperación del refrigerante, el cual se incluye al ciclo para que el refrigerante gracias a sus propiedades sea reutilizado, ya que es un agente con alto índice de contaminación para el medio ambiente. Para la reutilización del refrigerante, es imprescindible que esté nuevamente en estado líquido; y debido a las condiciones con las que sale del evaporador de baja temperatura y en estado de gas; es necesario un proceso por el cual se eleve la presión del refrigerante para aumentar la temperatura de este¹⁹, y así lograr su posterior condensación con fluidos como agua o aire. Es por esto, que este segundo proceso inicia con el proceso de compresión el cual ocurre dentro de del compresor a entropía constante como se muestra en la figura 9. en el proceso C-D; el cual se encarga de elevar la presión y temperatura del refrigerante lo suficientemente para que, en el siguiente proceso, que hace referencia a la condensación la cual ocurre dentro de la unidad condensadora o condensador a presión constante como se muestra en la figura 9. en el proceso D-A; remueva el calor del refrigerante con fluidos como agua o aire a temperatura ambiente para que este se condense. El refrigerante entonces se halla en su estado original listo para su reutilización.

El funcionamiento del ciclo del sistema de compresión por vapor es completo, sin embargo, es necesario la utilización de accesorios para tener mejor control de este, aumentando la seguridad y la vida útil. La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. dentro del sistema de compresión por vapor maneja diferentes accesorios, como se muestra en la figura 10. la cuál evidencia la disposición real del sistema de compresión de vapor y la ubicación de los accesorios y que tipo de accesorios utiliza.

¹⁹ Ibid. p 54

Figura 10. Disposición del sistema de refrigeración de compresión por vapor de la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S.

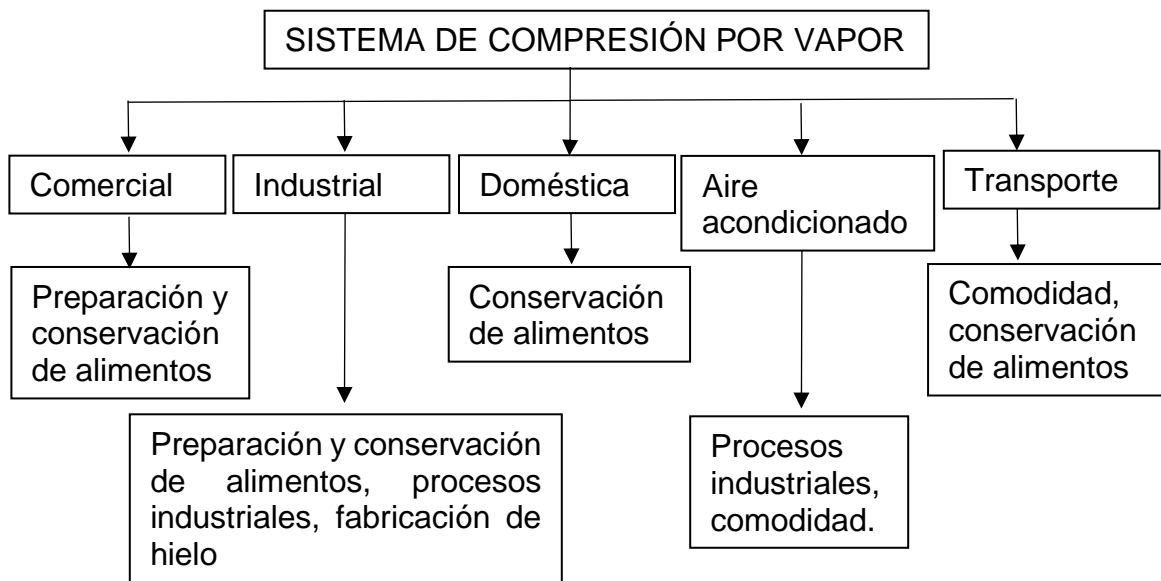


Fuente. Full service paraná. Soluciones para sistemas de refrigeración [Sitio WEB]. Argentina. La entidad [23, julio, 2014]. Disponible en: <https://fullserviceparana.blogspot.com/2014/07/soluciones-para-sistemas-de.html>

Es importante entender y conocer el funcionamiento del sistema de refrigeración de compresión por vapor, ya que este sistema es muy utilizado en procesos de la vida cotidiana, como, por ejemplo: En el proceso de la conservación y preparación de productos alimenticios, proceso el cual se ve a diario en almacenes de cadena, tiendas de barrio, supermercados, entre otros. Esta es una de las razones que hace que los sistemas de refrigeración de compresión por vapor estén tan involucrados en la vida de los seres humanos y es por esto, que es fundamental tener una buena comprensión de su funcionamiento.

1.2.6 Usos del sistema de refrigeración de compresión por vapor: La industria de la refrigeración es utilizada en todo proceso donde se necesite tener un control adecuado de la temperatura un elemento, maquina o producto para ya sea su buen funcionamiento o conservación de este. En particular, las aplicaciones que tiene el sistema de refrigeración de compresión de vapor se dividen 5 categorías: domestica, comercial, industrial, aire acondicionado y transporte, como se muestra en el diagrama 2.

Diagrama 2. Aplicaciones principales del sistema de refrigeración de compresión de vapor.



Fuente. Elaboración propia con base en PITA, Edward G. Principios y sistema refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 14. ISBN 7989681839697.

La refrigeración doméstica es utilizada principalmente en refrigeradores y congeladores del hogar para la conservación de alimentos, enfriar bebidas y fabricación de hielo. La refrigeración industrial abarca la mayor parte de la aplicación debido a que está dirigida para todas las plantas o procesos a gran escala donde se use la refrigeración, para mencionar algunas aplicaciones están: las refinerías de petróleo, plantas industriales farmacéuticas, cervecerías, lecherías, pista de hielo, plantas de congelación y enfriamientos de alimentos, entre otras.

La refrigeración también es utilizada en gran parte en el aire acondicionado para el confort y/o comodidad de las personas, ya sea dentro de vehículos o edificios que son los lugares donde es más utilizado esta aplicación. Sin embargo, el aire acondicionado también es utilizado a nivel industrial para llevar a cabo las condiciones necesarias de temperatura, humedad y limpieza en los procesos de fabricación, en este caso en particular las condiciones son controladas a partir de computadoras que precisan un ambiente controlado²⁰. La refrigeración de transporte, la cual es utilizada en vehículos refrigerados para la conservación de alimentos, y también como en la anterior aplicación utilizada para comodidad y confort con aire acondicionado en vehículos.

²⁰ Ibid. p 15.

La otra aplicación del sistema de refrigeración de compresión por vapor es la refrigeración comercial que se enfoca principalmente en la conservación y preparación de alimentos en tiendas al menudeo, restaurantes, instituciones y almacenes de cadena²¹. Esta última aplicación del sistema de compresión por vapor es la utilizada principalmente por la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S., y especialmente esta dirigida para almacenes de cadena o tiendas al menudeo, ya que son sus principales clientes; es por esto, que el proyecto esta enfocado en sistemas de refrigeración de compresión por vapor utilizados para la conservación y preparación de productos alimenticios, tales como: frutas, carnes rojas y blancas, lácteos, charcutería, bebidas, entre otros, en los almacenes de cadena.

1.3 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE MEDIA Y BAJA TEMPERATURA

Los sistemas de refrigeración de compresión por vapor en el sector de la conservación y preparación de alimentos se pueden clasificar dependiendo al rango de temperatura de conservación con que estos operan; es decir, todos aquellos sistemas que refrigieren el producto final desde los 0 (cero) grados Celsius hasta un promedio de los 10 (diez) grados Celsius se denominan sistemas de refrigeración de media temperatura y los sistemas que refrigieren el producto final por debajo de los 0 (cero) grados se denominan sistemas de refrigeración de baja temperatura. La temperatura de conservación hace referencia a la temperatura máxima a la cual se puede enfriar el medio. La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. instala sistemas de refrigeración de media y baja temperatura, en su mayoría para almacenes de cadena, ya que estos sistemas son adecuados para la preparación y conservación de alimentos perecederos.

Los sistemas de refrigeración de media temperatura, en la empresa son los que operan en un rango temperatura de conservación de 0 (cero) grados Celsius hasta 7 (siete) grados Celsius, es decir, son aquellos sistemas que conservan productos finales entre temperaturas de 0 (cero) a 7 (siete) grados Celsius. Debido a que este proyecto está enfocado hacia una aplicación comercial en especial para almacenes de cadenas en la preparación y conservación de alimentos; los sistemas de refrigeración de media temperatura son adecuados para conservar productos como carnes, lácteos, agua y frutas como se muestra en el cuadro 3.

Por el lado de los sistemas de refrigeración de baja temperatura, en la empresa son los que operan en un rango temperatura de conservación de -1 (menos uno) grados Celsius hasta -23 (menos veintitrés) grados Celsius, es decir, son aquellos sistemas que conservan productos finales entre temperaturas de -1 (menos uno) a -23 (menos veintitrés) grados Celsius, en este caso, estos sistemas conservan productos como helados, apanados, pescados, hielo y algunas charcuterías como se muestra en el cuadro 3.

²¹ Ibid. p 15.

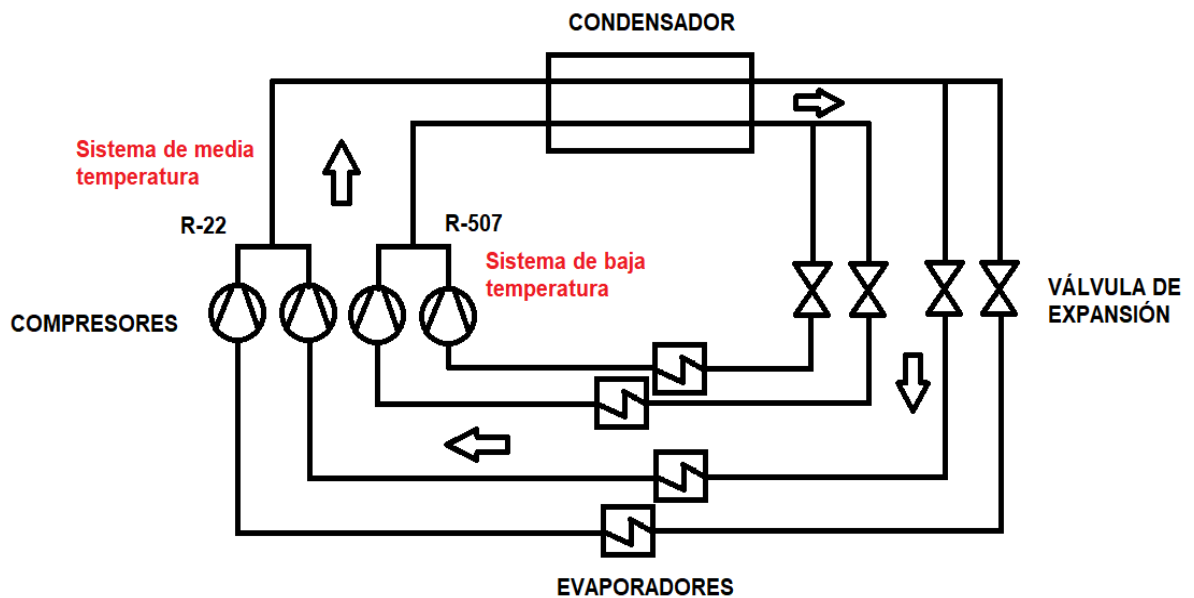
Cuadro 3. Productos que conservan los sistemas de refrigeración de media y baja temperatura en almacenes de cadena.

TIPO DE SISTEMA	PRODUCTO	TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN (°C)
Media temperatura	Fruver	4 a 7 °C
	Lácteos, carnes frías, charcutería	2 a 4 °C
	Agua	1 °C
	Carnes y pollo, charcutería	0 a 2 °C
Baja temperatura	Pescados y hielo	-18 °C
	Apanados	-20 °C
	Helado	-23 °C

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Es importante tener en cuenta que cada sistema es independiente, es decir, cada sistema cuenta con sus propios componentes, esto es porque trabajan a diferentes condiciones operativas y manejan diferentes refrigerantes. La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. maneja dos tipos de refrigerantes para los sistemas de refrigeración de los almacenes de cadena: R-22 para los sistemas de media temperatura y R-507 para los sistemas de baja temperatura. En la figura 11 se muestra de forma esquemática los sistemas de refrigeración de media y baja temperatura manejados por la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S.

Figura 11. Sistema de media y baja temperatura.



Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Cabe aclarar que en los almacenes de cadena se refrigeran varios productos como se muestra en el cuadro 3, debido a esto existen distintas disposiciones exteriores de los evaporadores como las son: cavas, autoservicios, neveras e islas de refrigeración, para llevar a cabo la refrigeración de los productos alimenticios de una forma adecuada. Sin embargo, estas disposiciones exteriores de los evaporadores no están diseñadas para refrigerar un solo tipo producto, es por esto, que cualquier tipo de disposición exterior de los evaporadores de los mencionadas anteriormente puede refrigerar distintos productos, es decir, que son funcionales ya sea para medias o bajas temperaturas, lo que significa, que existen cavas, neveras, autoservicios o islas de refrigeración de media y baja temperatura.

1.4 REFRIGERANTES

El enfriamiento o refrigeración ocurre gracias a la evaporización de una sustancia líquida, por lo tanto, cualquier sustancia o fluido que pueda cambiar de estado de líquido a gas y de gas a líquido, puede servir como refrigerante. Sin embargo, son muchos los factores que hacen que una sustancia sea más adecuada que otra, dependiendo la aplicación. Algunas propiedades de las sustancias que sirven como refrigerante ayudan con la selección del refrigerante más apropiado para cada aplicación, ya que estas afectan directamente el rendimiento del sistema de refrigeración; estas propiedades son: características de temperatura y presión, calor latente de vaporización, volumen específico del vapor y calor específico del líquido. Además, la selección del refrigerante debe tener en cuenta algunas condiciones que se ven afectadas por esta, estas condiciones son: la capacidad del equipo, el consumo de energía, la seguridad y el mantenimiento²², ya que estas condiciones influyen directamente en costos y eficiencia del equipo, y en la seguridad del medio ambiente.

El refrigerante seleccionado y utilizado en los sistemas de refrigeración debe satisfacer varios requisitos, entre estos requisitos están: debe absorber el calor suficiente para llevar o conservar el producto a la temperatura requerida y debe ser reutilizado constantemente, por razones de economía y para enfriamiento continuo²³. Sin embargo, hay gran variedad de opciones de refrigerantes que satisfacen o cumplen los requisitos técnicos requeridos para cada aplicación, es por esto, que la selección del refrigerante se centra más minuciosamente en cual refrigerante es el que menos afecta la seguridad del medio ambiente y los costos y eficiencia del equipo.

Los refrigerantes se clasifican según su seguridad y según su composición. Según la seguridad, los refrigerantes se basan en la toxicidad e inflamabilidad que presenta estos al ser utilizados. La toxicidad está basada en los índices TLV/TWA en donde:

²² Ibid. p 209.

²³ Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. México. Semarnat. 2006. p 55.

TVL (Threshold limit value) es la concentración máxima permisible, expresada en la exposición al gas en el orden de 8 a 12 hora por día, 5 días a la semana, durante 40 años; y TWA (Time-weighted average) es la concentración ponderada en el tiempo, expresada en horas por día, de exposición a la sustancia peligrosa²⁴.

En el estándar ANSI/ASHRAE 34, se clasifica los refrigerantes según la seguridad, donde la letra indica el nivel de toxicidad y el número indica la inflamabilidad, como se muestra en la figura 12, de igual manera, se muestra algunos refrigerantes ya clasificados bajo este estándar.

La toxicidad se clasifica en dos grupos:

- Clase A: TLV/TWA 400 ppm (400ml/m³) o mayor.
- Clase B: TLV/TWA 339 ppm (399 ml/m³) o menor.

Y la inflamabilidad se clasifica en tres grupos:

- Clase 1: No muestra propagación de llama.
- Clase 2: Baja propagación de llama.
- Clase 3: Altamente inflamable²⁵.

Figura 12. Clasificación de los refrigerantes según su seguridad ASHRAE 34.

	Baja Toxicidad (TLV ≥ 400 ppm)	Alta Toxicidad (TLV ≤ 399 ppm)
Inflamabilidad Alta	A3 R-290 R-600a	B3 Cloruro de Vinilo
Inflamabilidad Media	A2 R-412b R-152a	B2 Amoniac
Inflamabilidad Baja	A1 R-22 R-134a	B1 R-123

Fuente. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Colombia. La institución. 2014. p 17. ISBN: 978-958-8491-82-0

²⁴ Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Colombia. La institución. 2014. p 16. ISBN: 978-958-8491-82-0

²⁵ Ibid. p 17.

Los refrigerantes se clasifican en dos grupos grandes según su composición: orgánicos (Halocarbonados, mezclas, hidrocarburos) e inorgánicos, los cuales cada uno cuenta con diferentes características lo que hace que uno sea más adecuado que otro en cierta aplicación.

1.4.1 Refrigerantes orgánicos: Son refrigerantes que están compuestos principalmente por la mezcla de carbono y otros elementos de la tabla periódica, a excepción del R744. Los refrigerantes de este tipo más comunes son: Halocarbonados e hidrocarburos (HC).

1.4.1.1 Halocarbonados: Este tipo de refrigerantes son los más ampliamente utilizados en la industria de la refrigeración. Son compuestos químicos provenientes de los hidrocarburos (estructura carbono e hidrogeno), a lo cuales se le une los átomos de la tabla periódica del grupo VII A, conocidos como halógenos, los cuales son: flúor, cloro y/o bromo²⁶. Sus características de baja toxicidad, cero inflamables y buena estabilidad química, además de que hay una amplia gama de refrigerantes de este grupo con diferentes características de temperatura y presión, hacen que para cualquier aplicación haya al menos un refrigerante de este grupo. También son llamados fluorocarburos debidos a que todos los refrigerantes de este tipo utilizados para la industria de la refrigeración contienen flúor²⁷. Este grupo se divide en tres grupos: Clorofluorocarbonos (CFC), hidroclofluorocarbonos (HCFC), hidrofliuorocarbonos (HFC) y mezclas entre estos.

1.4.1.2 Clorofluorocarbonos (CFC): Son refrigerantes que contiene carbono, cloro y flúor, estos dos últimos elementos reemplazan los átomos de hidrogeno, es por esto, que este tipo de refrigerantes no contienen hidrógeno. Debido a que no contiene hidrogeno, este tipo de refrigerantes tiene buena estabilidad química y baja volatilidad, inclusive cuando son liberados a la atmosfera. Los refrigerantes más representativos de esta familia son el R11 y el R12. Este tipo de refrigerantes tienen aplicación en sistemas domésticos, comerciales y de aire acondicionado móvil, además son agentes propulsores en aerosoles y aislantes, sin embargo, por la alta afectación ambiental que estos refrigerantes hacen hacia la capa de ozono, están regulados por el protocolo de Montreal, el cual dictamina la eliminación en un 100% del uso de estos refrigerantes a nivel mundial. Algunos refrigerantes de este tipo eliminados por el protocolo de Montreal son: R11, R113, R114, R115, R12, R13²⁸.

1.4.1.3 Hidroclofluorocarbonos o hidroclofluorocarburos (HCFC): Son refrigerantes que contiene hidrógeno, cloro y flúor. El hecho de contener hidrogeno los hace menos afectadores de la capa de ozono, ya que se oxidan con

²⁶ Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Colombia. La institución. 2014. p 19. ISBN: 978-958-8491-82-0

²⁷ PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 215. 9789681839697

²⁸ Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. op. Cit. p 19.

mayor rapidez. Los refrigerantes más representativos de este tipo son el R22 y el R123. Son utilizados en sistemas comerciales, bombas de calor, enfriadores centrífugos y aire acondicionado. Son los sustitutos a mediano plazo de los CFC, ya que siguen siendo usados hasta el año 2030 para Colombia y para países desarrollados hasta el 2040, según el protocolo de Montreal. Algunos refrigerantes de este tipo controlados por el protocolo de Montreal son: R123, R124, R142b y R22²⁹.

1.4.1.4 Hidrofluorocarbonos o hidrofluorocarburos (HFC): Son refrigerantes que contiene átomos de carbono, hidrógeno y flúor y no contienen cloro, por lo que los hace convenientes para sustituir a los CFC ya que no afecta la capa de ozono, sin embargo, son controlados por el protocolo de Kyoto porque son gases de efecto invernadero que ocasionan problema de calentamiento global. El refrigerante más representativo de esta familia es el R134a, y tiene utilidad en sistemas domésticos y comerciales y en aire acondicionado; conocido erróneamente como “refrigerante ecológico” ya que ocasiona serios problemas al medio ambiente por su valor elevado de PCG ³⁰. Algunos refrigerantes de este tipo son: R125, R134a, R143a, R152a, R161, R227ea, R23, R236ea, R32, entre otros. Este tipo de refrigerantes es controlado y regulado por el protocolo de Kyoto.

1.4.1.5 Mezclas: Son la unión de dos o más sustancias refrigerantes en proporciones diferentes. Se hacen para lograr excelentes propiedades que cumplen con muchos propósitos útiles en refrigeración, y surgen como alternativas para mitigar aceleradamente el uso de sustancias destructoras de la capa de ozono³¹. Para entender el funcionamiento de estas sustancias (mezclas) es importante tener claro los conceptos de punto de burbuja, punto de rocío y deslizamiento de temperatura. Las mezclas se dividen en dos: mezclas Zeotrópicas y mezclas Azeotrópicas.

1.4.1.6 Mezclas Zeotrópicas: Son formadas por dos o más refrigerantes puros de diferente volatilidad, esto da como resultado que cuando estas mezclas se evaporan o se condensan dentro de un sistema de refrigeración, tanto su composición como su temperatura de saturación cambia. Este cambio de composición significa un cambio en el punto de ebullición de la mezcla. Las mezclas más utilizadas son: R404A para refrigeración comercial y R407C y el R410A para aire acondicionado. Algunas de estas mezclas son: R401 A, B o C, R402 A o B, R403 A o B, R405A, R406A, R408A, R409 A o B, R411 A o B, R412A, R414 A o B, R415 A o B, R416A y R418A³².

²⁹ Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Colombia. La institución. 2014. p 20. ISBN: 978-958-8491-82-0

³⁰ Ibid. p 20.

³¹ Ibid. p 21.

³² Ibid. p 22.

1.4.1.7 Mezclas Azeotrópicas: Son formadas por dos o más refrigerantes puros de similar volatilidad, en este caso cuando estas mezclas se evaporan o se condensan dentro de un sistema de refrigeración, tanto su composición como su temperatura de saturación no cambia. Estas mezclas se comportan como si fueran formadas por un solo compuesto. Sin embargo, al mezclarse dos o más sustancias forman mejores propiedades que por separado. La mezcla más utilizada es el R502, sin embargo, por el protocolo de Montreal el uso de esta mezcla está eliminado. Algunas de estas mezclas son: R404A, R407 A, B, C, D o E, R410A, R413A, R417A, R419A, R421 A o B, R422 A, B, C o D, R423A, R424A, R425A, R426A, R427A, R428A, R429A, R430A, R431A, R434A, R435A, R437A, R507A y R508 A y B³³. El R500 y R503 también hacen parte de este grupo, pero por el protocolo de Montreal han sido eliminados para uso.

1.4.1.8 Hidrocarburos (HC): Son refrigerantes que están formados únicamente por átomos de hidrógeno y carbono. En otras palabras, es una estructura de carbono a la que se le unen átomos de hidrógeno. Los refrigerantes pertenecientes a este grupo son: R170 (etano), R290 (propano), R600a (isobutano) y mezclas entre estos. Estos refrigerantes y sus mezclas tienen aplicaciones limitadas debido a que son inflamables, sin embargo, si se tiene un diseño de un sistema apropiado evitando la inflamabilidad o la llama (fuego), pueden ser utilizados ya que tienen propiedades similares a otros refrigerantes con buenas características de refrigeración. Otros refrigerantes de este tipo son: R1150 (etileno), R1270 (propileno), R600 (butano), y mezclas tales como: R432A, R433A, R436 A o B, R510a³⁴.

1.4.2 Refrigerantes inorgánicos: Son refrigerantes que están compuestos por la combinación de los elementos de la tabla periódica sin incluir el carbono, con una excepción del dióxido de carbono. Los refrigerantes de este tipo más comunes son: R718 (agua), R717 (amoníaco) y R744 (dióxido de carbono). Estos refrigerantes tienen aplicaciones a nivel industrial, pero con limitaciones debidas a su composición y propiedades. Sin embargo, el amoníaco como refrigerante supera considerablemente a los demás refrigerantes por sus excelentes cualidades termodinámicas y alto coeficiente de transferencia de calor, sin embargo, en presencia de la humedad afecta las tuberías de cobre, zinc y aleaciones. Otros refrigerantes de este tipo son: R702 (hidrógeno normal), R704 (helio), R729 (Aire) y R764 (dióxido de azufre).

Las aplicaciones más comunes de los diferentes grupos de refrigerantes para sistemas de refrigeración de baja, media y alta temperatura se muestran en el cuadro 4, el cual especifica el refrigerante utilizado, el grupo a que pertenece, a qué tipo de sistema de refrigeración está dirigido (baja, media o alta temperatura) y a qué tipo de aplicación principal es utilizado. La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. dentro de sus sistemas de refrigeración de media y baja temperatura, principalmente

³³ Ibid. p 23.

³⁴ Ibid. p 27.

utiliza el refrigerante hidroc fluorocarbonos de referencia R-22 para media temperatura y para baja temperatura utiliza una mezcla azeotrópica de referencia R-507. Sin embargo, utiliza otros refrigerantes dependiendo las condiciones operativas y la necesidad requerida.

Cuadro 4. Aplicación de los refrigerantes más comunes.

Grupo	Refrigerante	Temperatura	Aplicación
CFC	R-12	B y M	Refrigeración doméstica, A/A automotriz
HCFC	R-22	A, M y B	A/A, bombas de calor, cámaras de refrigeración y de congelación
HCFC + CFC	R-502	B	Cámaras de congelación, refrigeración de equipos móviles, cubicadoras de hielo
Refrigerantes transitorios	HCFC R-401A	M y A	Refrigeración doméstica, equipos de refrigeración y A/A
	HCFC R-401B	B y M	Equipos de congelación, refrigeración de equipos móviles
	HCFC R-402A	B y M	Cámaras de congelación y cámaras de refrigeración
	HCFC R-402B	B y M	Solo usar en cubicadoras de hielo
	HCFC R-408A	B y M	Cámaras de congelación y cámaras de refrigeración
	HCFC R-409A	B y M	Cámaras de congelación, cámaras de refrigeración, A/A no centrifugo
Refrigerantes libres de cloro	HFC R-134a	M y A	Refrigeración doméstica y comercial, A/A y A/A automotriz
	HFC R-404A	M y B	Cámaras de congelación, cámaras de refrigeración y cubicadoras de hielo
	HFC R-507	M y B	Cámaras de congelación, cámaras de refrigeración y cubicadoras de hielo
	HFC R-407C	M y A	Aire acondicionado, enfriadores de líquido
	HFC R-410A	M y A	A/A y bombas de calor (solo equipo nuevo)

Fuente. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. México. Semarnat. 2006. p 120.

Los refrigerantes son sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAOs), esto quiere decir que contribuye al daño ambiental al ser utilizados en sus distintas aplicaciones, directamente al agotamiento de la capa de ozono y al aumento del calentamiento global y efecto invernadero, por lo que, debido a las exigencias mundiales actuales con respecto al cuidado del medio ambiente, los refrigerantes son y están controlados y regulados para mitigar su impacto ambiental. Actualmente, los refrigerantes están regulados por un acuerdo mundial firmado por 196 países, acuerdo denominado protocolo de Montreal, en el cual se establece las fechas de eliminación de producción y consumo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono³⁵, como lo son los refrigerantes. En el cuadro 5 se muestra el cronograma de eliminación de consumo y producción de las sustancias agotadoras de la capa de ozono para Colombia según el protocolo de Montreal, ya que según el artículo 5 de este acuerdo, Colombia hace parte de los países en desarrollo que se rige bajo las condiciones establecidas para las sustancias agotadoras de la capa de ozono de este acuerdo.

Cuadro 5. Cronograma de eliminación para Colombia.

Anexo y Grupo del Protocolo	Tipo de SAO	Períodos de la línea base	Primera medida de control para países artículo 5	Eliminación definitiva para países artículo 5
A-I	CFC	1995 a 1997	1999 congelación	Reducción del 50% para 2005
				Reducción del 85% para 2007
				2010 eliminación
A-II	Halones	1995 a 1997	2002 congelación	Reducción del 50% para 2005
				2010 eliminación
B-I	Otros CFC	1998 a 2000	2003 reducción del 20%	Reducción del 85% para 2007
				2010 eliminación
B-II	Tetracloruro de carbono	1998 a 2000	2005 reducción del 85%	2010 eliminación
B-III	Metilcloroformo	1998 a 2000	2003 congelación	Reducción del 30% para 2005
				Reducción del 70% para 2010
				2015 eliminación
C-I	HCFC	2009 a 2010	2013 congelación	Reducción del 10% para 2015
				Reducción del 35% para 2020
				Reducción del 67.5% para 2025
				2030 eliminación del 97.5%
C-II	HBFC	-	1996 eliminación	1996 eliminación
C-III	Bromoclorometano	-	2002 eliminación	2002 eliminación
E	Bromuro de metilo	1995 a 1998	2002 congelación	Reducción del 20% para 2005
				2015 eliminación

Fuente. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Colombia. La institución. 2014. p 36. ISBN: 978-958-8491-82-0

³⁵ Ibid. p 35.

La regulación de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, en especial para los refrigerantes, está controlada y medida mediante dos indicadores, los cuales permiten conocer el grado de afectación o impacto que tienen los refrigerantes en cuanto al agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global. Estos indicadores son: Potencial de agotamiento de ozono, PAO (ODP, por sus siglas en ingles) y potencial de calentamiento global, PCG (GWP, por sus siglas en ingles).

Potencial de agotamiento de ozono, PAO: Es la relación del impacto sobre la capa de ozono que posee una sustancia química comparada con el impacto de una masa igual de CFC-11, ya que el CFC-11 es la medida de comparación base que es igual a 1, para este indicador. Los HCFC y CFC tiene intervalos entre 0.1 y 1.0, y los HFC tienen un PAO de cero, por no tener cloro dentro de su molécula³⁶.

Potencial de calentamiento global, PCG: Mide el efecto de calentamiento global que produce una liberación de una cantidad de masa de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el dióxido de carbono a lo largo del tiempo, este está basado en un tiempo horizonte de 100 años. Para el dióxido de carbono el PCG es 1³⁷.

Otro indicador que es importante tener en cuenta para la selección del tipo de refrigerante apropiado para cada aplicación es: años de vida en la atmosfera que prácticamente es el tiempo estimado que una sustancia convive en la atmósfera una vez que ha sido liberada, las mezclas de refrigerantes no se especifican debido a que en su composición existen varios refrigerantes con diferentes tiempos de vida en la atmósfera³⁸. Los refrigerantes R-22 y R-507 que son los manejados por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. son medidos y controlados bajo estos indicadores, sin embargo, como se muestra en la figura 13, la producción y el uso de los refrigerantes de tipo HCFC para el año 2030, tiene que ser eliminados en un aproximado del 100%, es por esto, que actualmente la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. está cambiando y sustituyendo paulatinamente el refrigerante R-22 por otro más amigable con el medio ambiente en los sistemas instalados por esta.

En los cuadros 6 y 7 se muestran los valores de los potenciales de agotamiento a la capa de ozono y calentamiento global de algunos refrigerantes utilizados comúnmente en los sistemas de refrigeración domésticos, comerciales, industriales y de aire acondicionado, además está incluido los años de vida que duran estos refrigerantes en la atmosfera una vez son liberados.

³⁶ Ibid. p 18.

³⁷ Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. México. Semarnat. 2006. p 32.

³⁸ Ibid. p 33.

Cuadro 6. Potenciales de Agotamiento a la Capa de Ozono y Calentamiento Global.

Refrigerante No. ASHRAE	Marca	Potencial de agotamiento de Ozono	Potencial de calentamiento global. Horizonte a 100 años	Años de vida en la atmosfera
CFCs				
R-11		1	4600	45
R-12		0,82	10600	100
R-13		1	14000	640
R-113		0,9	6000	85
R-114		0,85	9800	300
R-115		0,4	7200	1700
HCFCs				
R-22		0,034	1700	11,9
R-123		0,012	120	1,4
R-124		0,026	620	6,1
R-141b		0,086	700	9,3
R-142b		0,043	2400	19
HFCs				
R-23		0	12000	260
R-32		0	550	5
R-125		0	3400	29
R-134a		0	1300	13,8
R-143a		0	4300	52
R-152a		0	120	1,4
ZEÓTROPOS				
R-401A	MP39	0,027	1100	
R-401B	MP66	0,028	1200	
R-402A	HP81	0,013	2700	
R-402B	HP80	0,02	2300	
R-403A	RP69S	0,026	3000	
R-403B	RP69L	0,019	4300	
R-404A		0	3800	
R-407A		0	2000	
R-407B		0	2700	
R-407C		0	1700	

Fuente. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. México. Semarnat. 2006. p 120.

Cuadro 7. Continuación potenciales de Agotamiento a la Capa de Ozono y Calentamiento Global.

Refrigerante No. ASHRAE	Marca	Potencial de agotamiento de Ozono	Potencial de calentamiento global. Horizonte a 100 años	Años de vida en la atmosfera
ZEÓTROPOS				
R-407D		0	1500	
R-408A	FX10	0,016	3000	
R-409A		0,039	1500	
R-409B		0,033	1500	
R-410A	AZ20	0	2000	
R-413A	RP49	0	1900	
R-414B		0,031	1300	
AZEÓTROPOS				
R-500		0,605	7900	
R-502		0,221	4500	
R-503		0,599	13000	
R-507A		0	3900	
R-508A		0	12000	
R-508B		0	12000	

Fuente. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. México. Semarnat. 2006. p 120.

La industria de la refrigeración debido a las exigencias medioambientales con respecto a las sustancias agotadoras de la capa de ozono ha tenido la necesidad de crear o producir nuevos refrigerantes con mejores propiedades medioambientales e iguales o mejores propiedades técnicas para la sustitución de aquellos refrigerantes que afectan altamente la capa de ozono y al medio ambiente. En los cuadros 8 y 9 se muestran los reemplazos o sustituyentes provisionales y a largo plazo de los refrigerantes que afectan en gran magnitud al medio ambiente y que son altamente usados en los sistemas de refrigeración domésticos y comerciales de media y baja temperatura. Además, se muestra el tipo de lubricante que es compatible con el tipo de refrigerante, las aplicaciones a las cuales puede ser usado y algunos cometarios que muestran ventajas y desventajas del refrigerante reemplazo versus el refrigerante sustituido,

Cuadro 8. Reemplazos provisionales y a largo plazo de refrigerantes.

Número ASHRAE/ nombre comercial	Sustituye	Tipo	Lubricante	Aplicación	Comentario
Reemplazos a largo plazo en refrigeración comercial de temperatura media y baja					
R-507/AZ-50	R-502, R-22	Azeótropo	Polioléster	Equipo nuevo. Adecuaciones de equipo instalado	Casi igual al 502
R-404A	R-502, R-22	Zeótropo mezcla	Polioléster	Equipo nuevo. Adecuaciones de equipo instalado	Casi igual al 502
Reemplazos provisionales en refrigeración comercial de temperatura media y baja					
R-402A/HP-80	R-502, R-22	Zeótropo mezcla	Alquilbenceno o polioléster	Adecuaciones de equipo instalado	Mayor presión de descarga que el 502
R-408A/FX10	R-502, R-22	Zeótropo mezcla	Alquilbenceno o polioléster	Adecuaciones de equipo instalado	Mayor presión de descarga que el 502
Reemplazos a largo plazo de refrigeración y temperatura media					
R-134A	R-12	Compuesto puro	Polioléster	Equipo nuevo. Adecuaciones de equipo instalado	Casi igual al R-12

Fuente. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. México. Semarnat. 2006. p 145.

Cuadro 9. Continuación reemplazos provisionales y a largo plazo de refrigerantes.

Número ASHRAE/ nombre comercial	Sustituye	Tipo	Lubricante	Aplicación	Comentario
Reemplazos a largo plazo de aire acondicionado residencial y comercial					
R-123	R-110	Compuesto puro	Alquilbenceno, aceite mineral	Enfriadoras centrifugas	Capacidad inferior al R-11
R-134A	R-12, R-22	Compuesto puro	Polioléster	Equipo nuevo. Adecuaciones de equipo instalado	Casi igual al R-12, y capacidad inferior que el R-22, requiere un equipo más grande
R-410A/AZ-10	R-22	Mezcla casi-azeotrópico	Polioléster	Equipo nuevo	Eficiencia mayor que el R-22 y R-410B. Puede requerir rediseño del equipo
R-407C	R-22	Zeotrópico	Polioléster	Equipo nuevo. Adecuaciones de equipo instalado	Eficiencia menor al R-22
Reemplazos provisionales de refrigeración comercial de temperatura media					
R-401A/MP-39	R-12	Zeotrópico mezcla	Alquilbenceno o polioléster	Adecuaciones de equipo instalado	Cercano al R-12, usar donde la temperatura de evaporación sea mayor a -23°C
R-401B/MP-66	R-12	Zeotrópico mezcla	Alquilbenceno o polioléster	Adecuaciones de sistemas de transporte refrigerado	Cercano al R-12, usar donde la temperatura de evaporación sea mayor a -23°C
R-409A/FX-59	R-12	Zeotrópico mezcla	Alquilbenceno	Adecuaciones de equipo instalado	Capacidad mayor al R-12, similar al MP-66

Fuente. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. México. Semarnat. 2006. p 146.

En los sistemas de refrigeración, se maneja dos tipos de sustancias, el refrigerante que es la sustancia utilizada para realizar la refrigeración y el aceite el cual es la sustancia encargada de lubricar las partes o superficies que están en contacto y friccionan entre sí del compresor, específicamente el contacto del pistón con la pared del cilindro. La lubricación se da para reducir el desgaste de las piezas y disminuir la resistencia a la fricción, para aumentar la vida útil del equipo y reducir mantenimiento, además para economizar la potencia para mover el compresor. El aceite dentro del sistema de refrigeración cumple otras funciones y objetivos a parte de la lubricación, la primera es crear un sello entre la línea de alta y la línea de baja del compresor para evitar fugas alrededor del pistón y la segunda es que funciona como agente enfriador, llevándose el calor por la fricción en las partes que lubrica³⁹. La lubricación puede darse por dos métodos: por chapoteo, de alimentación forzada o una combinación de los dos. En los compresores de refrigeración el método de lubricación más utilizado es el de alimentación forzada.

El principal componente dentro del sistema de refrigeración que necesita de lubricación es el compresor, por este motivo el diseño del sistema de tuberías debe asegurar de que el aceite salga del compresor y retorne nuevamente a este, para evitar problemas tales como, obstrucciones de sólidos en la tubería y válvula de expansión impidiendo el paso de la mezcla refrigerante-aceite afectando el desempeño del sistema, baja eficiencia de transferencia de calor en el evaporador por acumulación de residuos, lubricación inadecuada, entre otros, o inclusive evitar la afectación en la seguridad del sistema. Para mitigar estos problemas, además de tener un buen diseño del sistema, el aceite debe tener las propiedades adecuadas para que, al mezclarse con el refrigerante, se forme una excelente mezcla con las cualidades requeridas para satisfacer las necesidades de cada aplicación. Las propiedades que hay que tener en cuenta para determinar si un aceite para refrigeración funcionará satisfactoriamente son: Viscosidad, punto de fluidez, separación de la cera, resistencia dieléctrica, punto de ignición, estabilidad química, contenido de humedad, tendencia a formar espuma, color, solubilidad del aire y miscibilidad del aceite y el refrigerante⁴⁰. Un lubricante es deseable cuando: su Miscibilidad aceptable con el refrigerante, tiene buena estabilidad térmica para la mezcla, compatibilidad con los materiales del sistema, baja toxicidad y disponibilidad comercial a un costo razonable, es por esto por lo que la selección de este debe ser de forma cuidadosa y minuciosa.

Los aceites utilizados como lubricantes para refrigeración son: aceites minerales y aceites sintéticos. Actualmente, los aceites minerales, se preparan especialmente para ser utilizados en sistemas de refrigeración, con un alto grado de refinamiento

³⁹ PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. p 218. 9789681839697

⁴⁰ Ibid. p 219.

y en algunos casos tratados con aditivos para mejorar la estabilidad⁴¹. Sin embargo, debido a las exigencias medio ambientales para los refrigerantes, han demandado el desarrollo de nuevos lubricantes, ya que los refrigerantes libres de cloro HFC, no son miscibles con los aceites minerales, pero con los aceites sintéticos tales como: alquilbencenos, poliésteres y alquiliglicoles, si son miscibles, lo que quiere decir que para la refrigeración moderna en búsqueda de un mejor medio ambiente, los aceites sintéticos son de mayor uso que los aceites minerales. En el cuadro 10 se muestra la compatibilidad que tienen los tipos de aceites con algunos de los refrigerantes más utilizados en la industria de la refrigeración.

Cuadro 10. Compatibilidad y miscibilidad de lubricantes con refrigerantes.

Refrigerante	Aceite mineral	Aceite mineral + alquilbencénico	Aceite alquilbencénico	Aceite poliéster
R134a	No Compatible	No Compatible	No Compatible	Compatible
D136	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R401A	No Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R401B	No Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R404A	No Compatible	No Compatible	No Compatible	Compatible
D144	No Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R403B	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R402A	No Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R402B	No Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R22	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R407C	No Compatible	No Compatible	No Compatible	Compatible
R417A	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R123	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R507	No Compatible	No Compatible	No Compatible	Compatible
R413A	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R409A	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R408A	No Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R410A	No Compatible	No Compatible	No Compatible	Compatible
R422A	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R422D	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
R423A	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible

Fuente. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Colombia. La institución. 2014. p 33. ISBN: 978-958-8491-82-0

⁴¹ Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Colombia. La institución. 2014. p 32. ISBN: 978-958-8491-82-0

En los sistemas de refrigeración, además del refrigerante y el aceite, pueden estar presentes algunas sustancias que pueden causar afectación en el funcionamiento del sistema, denominados contaminantes, estos son: aire, agua (humedad) ceras, partículas extrañas, ácidos y sedimentos. Por este motivo, dentro del diseño del sistema de refrigeración se debe incluir accesorios tales como; filtros, acumuladores, entre otros; que controlen la aparición y afectación de los contaminantes. La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. tiene en cuenta estas sustancias contaminantes en sus sistemas de refrigeración de media y baja temperatura, por lo que en su sistema cuentan con accesorios que eliminan la participación sustancias dentro del sistema.

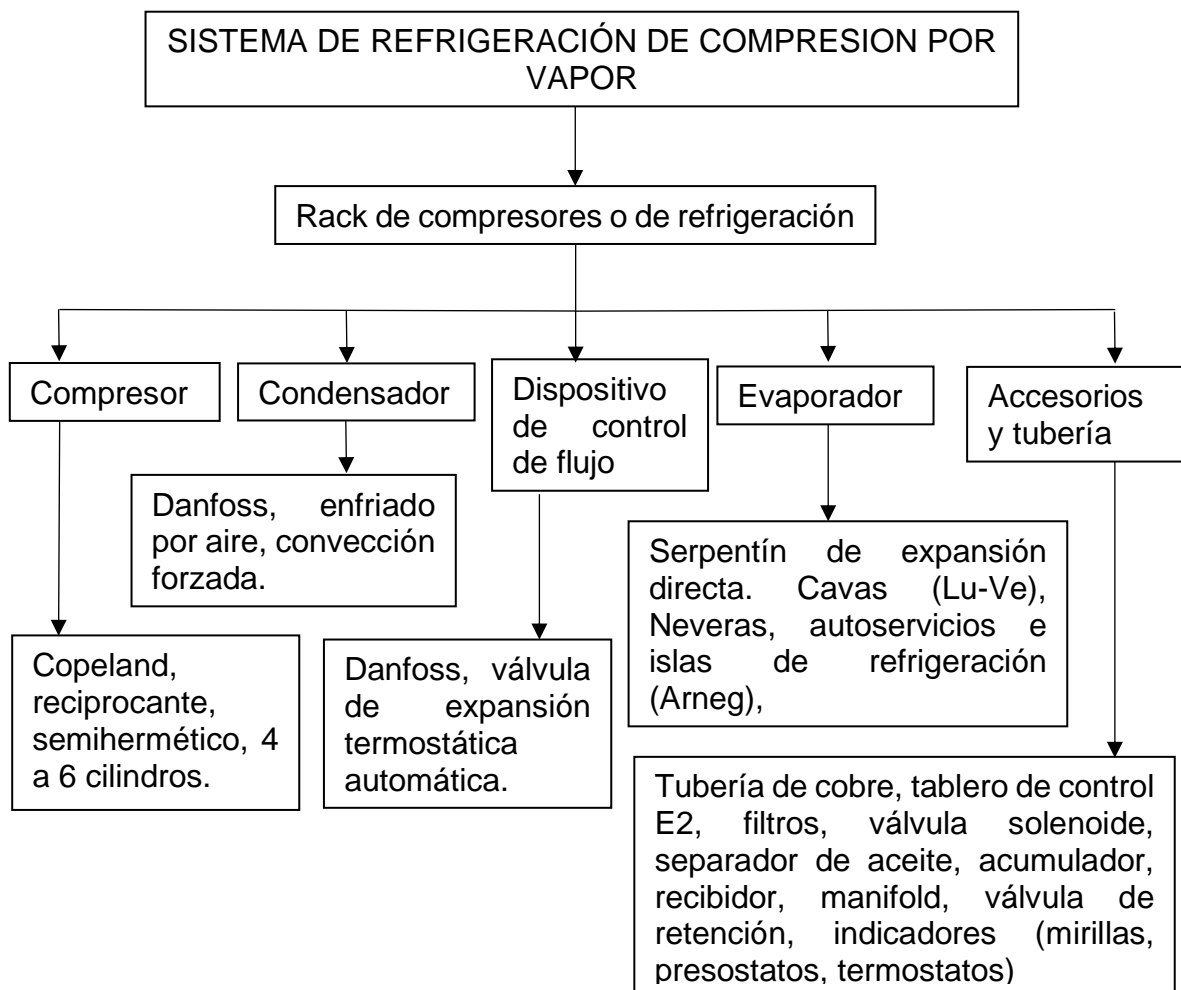
1.5 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

La empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. en sus sistemas de refrigeración de compresión por vapor de media y baja temperatura utilizados para la conservación y preparación de alimento en los almacenes de cadena, maneja los cuatros principales componentes que son, el compresor, el condensador, el dispositivo de control de flujo y el evaporador. Además, maneja varios accesorios para facilitar el control y funcionamiento del sistema, estos accesorios son: válvula solenoide, recibidor, acumulador, válvula de retención, filtros, separador de aceite para sistemas de baja temperatura, indicadores de presión, manifold, temperatura y flujo, entre otros. El uso de accesorios es dependiendo cada aplicación en especial, sin embargo, los anteriores nombrados son los más utilizados en los sistemas manejados por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., como se muestra en la figura 10.

Para aplicaciones de sistemas de refrigeración a gran escala, donde existen varios sistemas de refrigeración de baja, media o alta temperatura y hay fluctuación en la carga térmica como en los almacenes de cadena, es usualmente el uso de rack de compresores, el cual es un sistema de refrigeración automático con compresores múltiples instalados en paralelo con el objetivo de refrigerar más de un producto con el mismo sistema, es decir, que el mismo sistema va dirigido a distintos evaporadores, refrigerando así distintos productos como se muestra en la figura 11, es por esto la necesidad de varios compresores, por el aumento de carga térmica debido al aumento de evaporadores en el mismo sistema. El rack de compresores da un mayor ahorro de energía, un mejor consumo en relación a su operación frigorífica, es decir, que se cumple con la temperatura de refrigeración que exige cada producto y además permite el monitoreo y control de todos los parámetros de funcionamiento tales como; temperatura, presión, humedad, energía eléctrica y niveles de líquido, todas estas características en comparación con sistemas independientes para cada evaporador, es por esto que se utiliza en la mayoría de casos rack de compresores para los almacenes de cadena.

La empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. maneja dos tipos de racks, uno para aquellos sistemas que maneja el refrigerante R-22 y otro para sistemas que manejan el refrigerante R-507. En el diagrama 3 se muestra los componentes de los cuales están compuestos los racks manejados por la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S.

Diagrama 3. Componentes del rack de refrigeración maneja por DIAC INGENIERÍA S.A.S.



Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Los Rack de compresores manejados por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., cuentan con una capacidad para 7 compresores en paralelo cada uno, son modelo 2003 ambos, lo que los diferencia es que son de referencia diferentes el rack que trabaja con R-22 como fluido refrigerante, es de referencia Hussmann, y el que trabaja con R-507 como fluido refrigerante, es de referencia Weston, ambos manejan como sistema de control el E2 de Emerson. En las figuras 13 y 14 se muestran las disposiciones de los racks R-22 y R-507 manejados por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Figura 13. Rack de compresor R-22.



Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Figura 14. Rack de compresor R-507.




Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Los componentes de estos dos racks son los mismos, tal cual como se muestra en el diagrama 3. Lo único que los diferencia son el fluido de trabajo. Por este motivo, se estudiará los racks como un sistema de refrigeración independiente, es decir, donde comprende un solo compresor, un solo condensador, una sola válvula de expansión, un solo evaporador, un solo sistema de tubería y un solo sistema de control E2. Estos componentes se describen a continuación:

1.5.1 Compresor:

Figura 15. Ficha técnica compresor.

 <p>Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIARÍA S.A.S.</p>	Nombre del Equipo	Compresor
	Marca	Copeland
	Tipo	Desplazamiento positivo (reciprocante)
	N° de cilindros	4 y 6
	Potencia	3 - 27 HP
	Disposición de compresor	Semihermético
	Fluido de trabajo	R-22 o R-507
	Función	Su función principal es el aumento de la presión saliente del evaporador, conocida como presión de evaporización, hasta la presión a la cual el refrigerante en estado gaseoso pueda ser condensado con fluidos a temperatura ambiente.


Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIARÍA S.A.S.

Los compresores trabajan dependiendo la carga térmica, el sistema de control pone a funcionar la cantidad de compresores que sean necesarios según la necesidad requerida de refrigeración. Hay que tener en cuenta, que ambos racks pueden trabajar para media o para baja temperatura, ya que los fluidos de trabajo lo permiten, esto depende al tipo de producto que se va a refrigerar, como se muestra

en el cuadro 3. Sin embargo, cada rack está destinado uno para baja temperatura (R-507) y el otro para media temperatura (R-22).

1.5.2 Condensador:

Figura 16. Ficha técnica condensador.

	Nombre del Equipo	Condensador
	Marca	Danfoss
	Tipo	Enfriado por aire (convección forzada)
	N° ventiladores	3 a 5
	Disposición	Semihermético
	Fluido de trabajo	R-22 o R-507
	Función	Su función principal es remover el calor del refrigerante en estado gaseoso que sale del compresor para que se condense y pueda ser reutilizado.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Es común encontrar que el compresor, el condensador y algunos accesorios del sistema de refrigeración estén a una distancia cercana, como se muestra en la imagen de la figura 16, esto es frecuente cuando cada evaporador cuenta con su sistema de refrigeración de forma independiente. El condensador por convección forzada está compuesto principalmente por ventiladores y por el serpentín de tubos en donde se realiza la transferencia de calor; en la imagen de la figura 16, se ve principalmente los ventiladores y en la parte de atrás de estos se encuentra el serpentín de tubos, el cual se aprecia más claramente en la figura 17. El número de ventiladores en operación y el diseño del serpentín de tubos, dependen de la carga térmica a la cual se le esté realizando el proceso de refrigeración.

Figura 17. Serpentín de tubos del condensador.



Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

1.5.3 Dispositivo de control de flujo:

Figura 18. Ficha técnica dispositivo control de flujo.


	Nombre del Equipo	Dispositivo de control de flujo
	Marca	Danfoss
	Tipo	Válvula de expansión termostática (igualador interno)
	Fluido de trabajo	R-22 o R-507
	Función	Sus funciones principales son: regular el flujo del refrigerante líquido que se alimenta al evaporador, según sea la demanda, y crear una caída de presión lo suficiente para que el refrigerante que fluya se expanda, evaporando así una porción de este, de modo que se enfríe hasta la temperatura de evaporación.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

1.5.4 Evaporador:

Figura 19. Ficha técnica evaporador.

	Nombre del Equipo	Evaporador
	Marca	Lu-Ve o Arneg
	Tipo	Serpentín de expansión directa de ventilación forzada
	N° ventiladores	1 a 5
	Fluido de trabajo	R-22 o R-507
	Función	Su función principal es la transferencia de calor continua y eficiente desde el medio que se desea enfriar al refrigerante, para conservar los productos a la temperatura ideal dentro de sus diferentes disposiciones tales como: autoservicios, neveras, cavas e islas de refrigeración.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.


Los evaporadores utilizados en los almacenes de cadena exteriormente pueden tener distintas disposiciones; tales como: Cavas, neveras o autocontenidos, autoservicios e islas de refrigeración. Estas disposiciones son las unidades o estructuras donde se deposita el producto a refrigerar o congelar y se les denomina unidades refrigeradoras de producto. La selección de la disposición exterior del evaporador depende del producto que se quiera refrigerar. Cada disposición está diseñada para contener cierta variedad de productos, sin embargo, cualquier disposición puede contener cualquier tipo de producto, esto depende solamente si el sistema de refrigeración está diseñado para refrigerar cualquier tipo de carga térmica. En la mayoría de los casos por no decir siempre, los sistemas de refrigeración son diseñados para refrigerar cierta variedad de productos, lo que quiere decir que, las disposiciones exteriores de estos están diseñadas para

contener cierta variedad de productos, todo depende de que producto se quiere refrigerar y con qué flexibilidad de carga térmica está diseñado el sistema de refrigeración.

En los evaporadores el número de ventiladores en operación, el diseño del serpentín de tubos y las características y especificaciones de las disposiciones exteriores de estos, dependen de la carga térmica a la cual se le esté realizando el proceso de refrigeración. Las disposiciones utilizadas por la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. se describen a continuación:

Cavas o cuartos fríos:

Figura 20. Ficha técnica cavas.

 <p>Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.</p>	Nombre del Equipo	Cava o cuarto frio
	Marca	Lu Ve
	Voltaje	220 V
	Capacidad	3719,62 – 14714,99 BUT/HORA
	Dimensiones (m3)	3,8x2x3 – 12,65x5,65x6
	Potencia	75 W 0,34 A – 135 W 0,6 A
	N° ventiladores	1 a 4
	Temperatura de trabajo	0° a 4° y menos 17° a menos 23° Celsius
	Fluido de trabajo	R-22 y R-507
	Función	Su función principal es conservar los productos a la temperatura ideal para su almacenamiento y preparación de los mismo.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

En el cuadro 11 se muestra el cambio de las características y especificaciones de las cavas de acuerdo el producto que se va a enfriar o refrigerar. Estas características y especificaciones son: Temperatura de operación, capacidad (BTU/HORA), número de ventiladores y potencia. Las dimensiones de las cavas dependen del espacio o requerimientos del cliente.

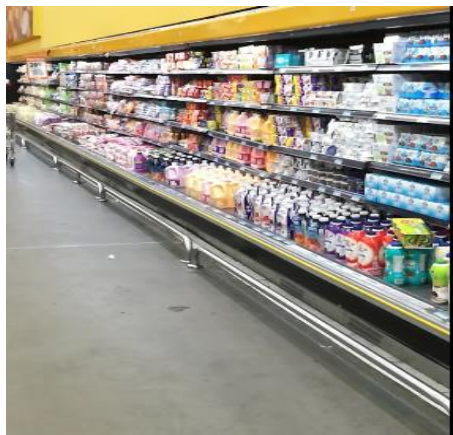
Cuadro 11. Características y especificaciones de Cavas.

Producto	Capacidad (BTU/HORA)	Ventiladores	Temp. Operación (°C)	Potencia (Watts)
Congelación pollos y pescados	7053.32	4	-17 a -21	75
Helados y papas Lácteos	7053.32	4	-17 a -21	75
Carnes frías y embutidos	6293.73 a 12765,89	4	0 a 4	85
Carnes frescas	14714.96	1 a 3	0 a 4	85 a 135
Pollos	3719,62 a 4166,42	1	0 a 4	135
Fruver	7181.45	2	0 a 4	135

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Autoservicios:

Figura 21. Ficha técnica autoservicio.

	Nombre del Equipo	Autoservicio
	Marca	Arneg y Carriel
	Voltaje	220 V
	Capacidad	3301,45 – 4564,25 (BUT/HORA)
	N° ventiladores	4 a 6
	Temperatura de trabajo	0° a 4° y menos 2° a 2° Celsius
	Fluido de trabajo	R-22 y R-507
	Función	Su función principal es conservar los productos a la temperatura ideal para su comercialización con el cliente.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Los principales productos que contienen lo autoservicios son carnes rojas y carnes blancas frescas. Al igual que las cavas, la características y especificaciones dependen del producto a refrigerar o congelar. La variación de la características y

especificaciones no varían tanto ya que son el mismo producto a diferentes cantidades.

Islas de refrigeración:

Figura 22. Ficha técnica islas de refrigeración.

	Nombre del Equipo	Islas de refrigeración
	Marca	Arneg
	Voltaje	220 V
	Capacidad	2764.74 – 3357,89 (BTU/HORA)
	N° ventiladores	3 a 4
	Temperatura de trabajo	0° a 4° y menos 18° a menos 21° Celsius
	Fluido de trabajo	R-22 y R-507
Función	Su función principal es conservar los productos a la temperatura ideal para su comercialización con el cliente.	

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S

En el cuadro 12 se muestra el cambio de las características y especificaciones de las islas de refrigeración de acuerdo el producto que se va a enfriar o refrigerar. Estas características y especificaciones son: Temperatura de operación, capacidad (BTU/HORA), número de ventiladores y potencia. Las dimensiones de las islas de refrigeración o congelación dependen del espacio o requerimientos del cliente.

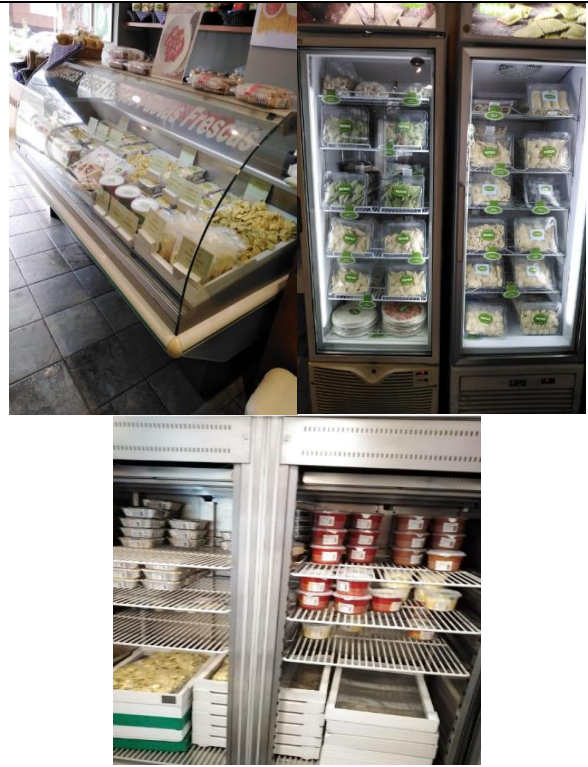
Cuadro 12. Características y especificaciones de las islas de refrigeración.

Producto	Capacidad (BTU/HORA)	Ventiladores	Temp. Operación (°C)
Pescado	2764,74 – 3002,04	3 a 4	-18 a -21
Pollo	2764,74 – 3002,04	3 a 4	-18 a -21
Empanadas	2764,74 – 3002,04	3 a 4	-18 a -21
Helados	2764,74	3	-18 a -21
Arepas	3357,89	3 a 4	0 a 4W

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Neveras, autocontenidos o atendidos:

Figura 23. Ficha técnica neveras.

	Nombre del Equipo	Neveras
	Marca	Weston, Arneg
	Voltaje	220 V
	Capacidad	2751,32 – 5757,22 (BTU/HORA)
	N° ventiladores	3 a 5
	Temperatura de trabajo	0° a 4°, 4° a 6° y menos 18°
	Fluido de trabajo	R-22 y R-507
Función	Su función principal es conservar los productos a la temperatura ideal para su comercialización con el cliente.	

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

En el cuadro 13 se muestra el cambio de las características y especificaciones de las neveras, autocontenidos o atendidos de acuerdo el producto que se va a enfriar o refrigerar. Estas características y especificaciones son: Temperatura de operación, capacidad (BTU/HORA), número de ventiladores y potencia. Las dimensiones de las neveras dependen del espacio o requerimientos del cliente.

Cuadro 13. Características y especificaciones de las neveras.

Producto	Capacidad (BTU/HORA)	Ventiladores	Temp. Operación (°C)
Carnes frías	5757,22	4 a 5	0 a 4
Atendidos carnes y pollo	2967,46 – 3529,41	3 a 4	0 a 4
Charcutería	3996,27	4	0 a 4
Lácteos	3903,18 - 4564,25	3	0 a 4
Congelados	2780,85	4	0 a 4
Fruver	4516,73	4	4 a 6
Autocontenido congelado y zenú	2751,32	4	2 a -18

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

1.5.5 Accesorios:

El uso de accesorios depende de cada aplicación, sin embargo, la mayoría de los sistemas de refrigeración cuentan con varios de estos independientemente la aplicación, que son necesarios para facilitar y optimizar el funcionamiento del sistema. En los sistemas de refrigeración de compresión de vapor manejados por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., hay varios accesorios que son siempre utilizados, estos son: Filtros secadores, separador de aceite, acumulador de succión, recibidor, válvula solenoide, indicadores de presión, temperatura y flujo, válvula manuales y válvula de retención, Algunos de estos accesorios se muestran en la figura 24 y 25. Estos accesorios dentro del sistema de refrigeración en comparación con los componentes principales de este, su mantenibilidad no es de alta complejidad, ya que implican un cambio total, calibración o simplemente un mantenimiento sencillo, sin embargo, son de gran importancia para el buen control del sistema de refrigeración.

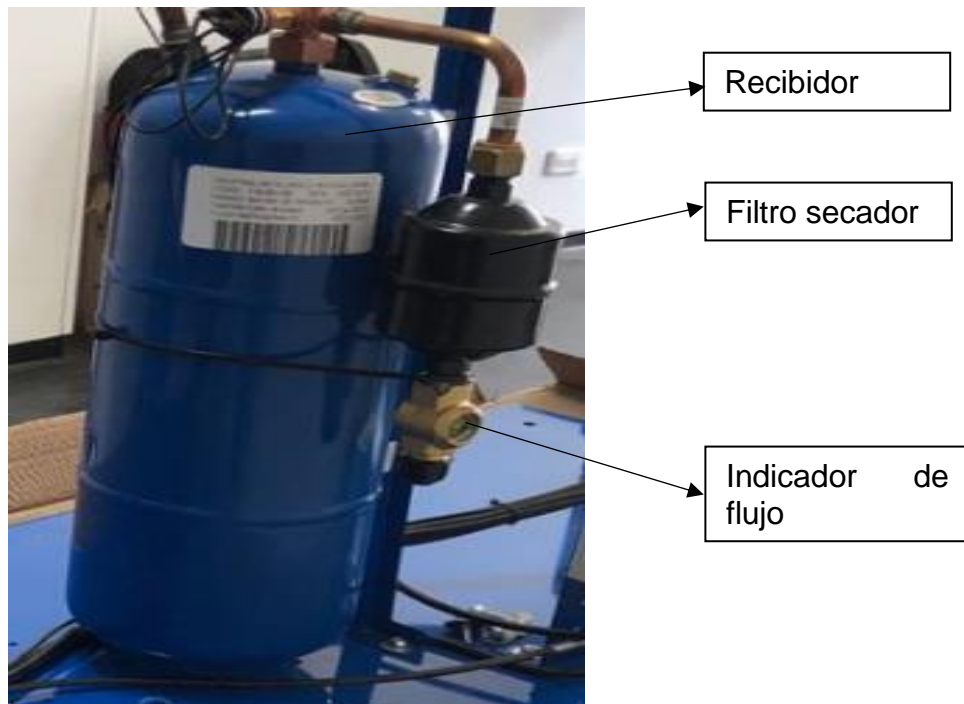
En los sistemas de refrigeración hay un accesorio que es imprescindible, ya que afecta directamente el buen funcionamiento del sistema, este accesorio es el tablero de control o sistema de control. Por medio de este accesorio se tiene el monitoreo y control constante del sistema, por lo que es de gran consideración tenerlo en cuenta dentro del plan de mantenimiento. El sistema de control manejado por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. se describe en la siguiente figura 26.

Figura 24. Válvula solenoide.




Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Figura 25. Recibidor, filtro secador e indicador.



Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Figura 26. Ficha técnica sistema de control.

	Nombre del Equipo	Sistema de control
	Marca	Emerson
	Modelo	RX 400
	Controlador	E2
	Capacidad	4 grupos de succión
	Voltaje	220 V
	Función	Es el cerebro de todo el sistema y su función principal es controlar cada componente del sistema, monitoreando y transfiriendo los datos del funcionamiento de cada uno.
<p>Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S y EMERSON CLIMATE TECHNOLOGY. Manual de instalación y operación del controlador de E2 RX, Controlador de HVAC E2 BX, y controlador de negocios de alimentos E2 CX r l. 2010.</p>		

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Los componentes del sistema de refrigeración de compresión por vapor manejados por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. anteriormente mencionados son: compresor recíprocante semihermético (figura 15), condensador enfriado por aire por convección forzada (figura 16), válvula de expansión termostática (figura 18), evaporador de serpentín de expansión directa de ventilación forzada (figura 19) y el sistema de control E2 (figura 26); son los que se tendrán en cuenta para el desarrollo de este proyecto, además se tendrá en cuenta la tubería de cobre utilizada en el sistema con sus respectivos accesorios. Cabe mencionar que el proyecto está dirigido a un sistema de refrigeración independiente, es decir, que el sistema de refrigeración está compuesto por un compresor, un condensador, una válvula de expansión, un evaporador, un sistema de control E2 y su respectiva tubería y accesorios.

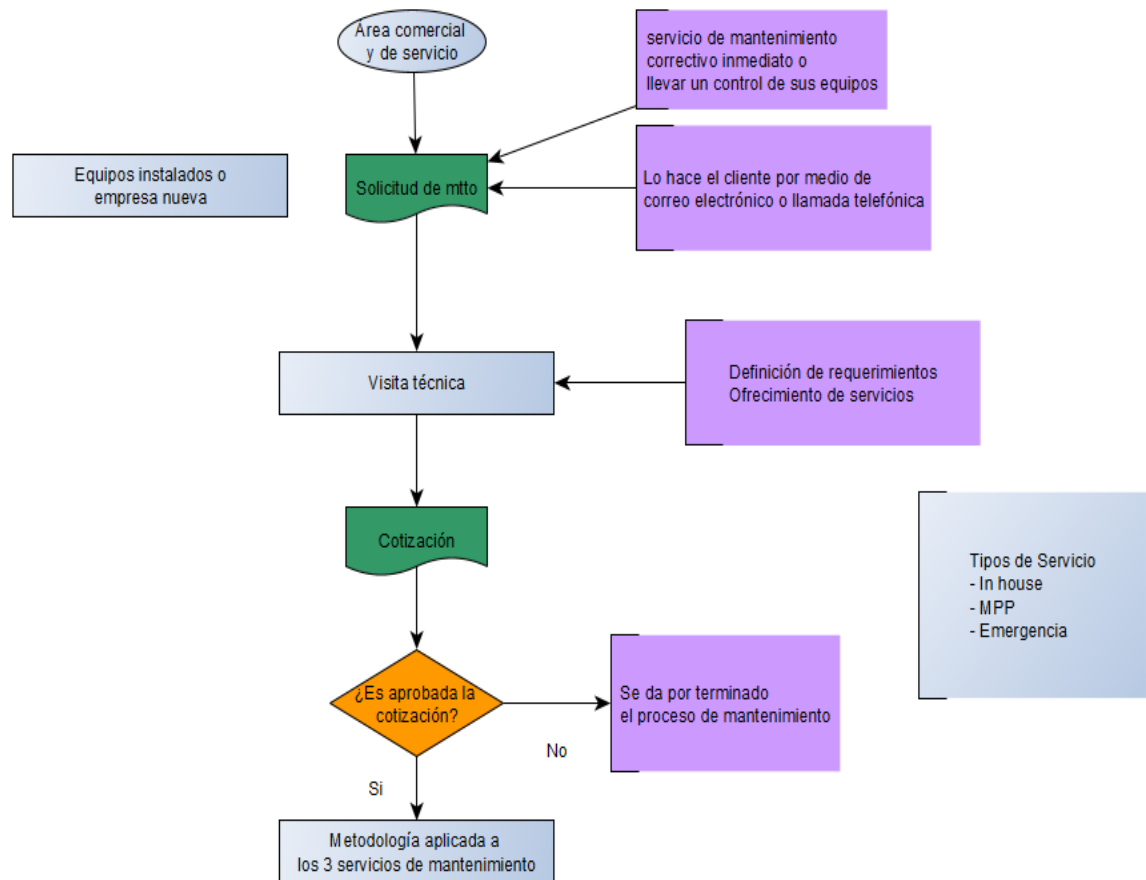
2. DIAGNÓSTICO

2.1 ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

2.1.1 Proceso del mantenimiento actual: La empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. es una empresa prestadora de servicios de mantenimiento para los sistemas de refrigeración de compresión por vapor. En la actualidad ofrece y realiza actividades de mantenimiento netamente correctivas para los sistemas de refrigeración que les proveen a sus clientes. Debido a que la empresa es una prestadora de servicios de mantenimiento, el sector comercial está directamente enlazado con el mantenimiento, ya que ofrece distintos servicios de mantenimiento que son a elección de preferencia por el cliente.

En el siguiente flujo (figura 27) se muestra el proceso actual que la empresa está manejando para la atención del mantenimiento con sus clientes.

Figura 27. Proceso de mantenimiento actual de la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S.



Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERIA S.A.S

La operación de mantenimiento empieza con la solicitud del cliente del servicio de mantenimiento a la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S., el cliente puede ser: Una empresa con sistemas de refrigeración instalados por la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. o una empresa con sistemas de refrigeración no instalados por esta. En este proyecto se enfoca a aquellos clientes donde los sistemas de refrigeración son instalados por la empresa. Las solicitudes de servicio pueden ser dos en particular: la primera es un servicio de mantenimiento correctivo inmediato, en donde el fin es encontrar la falla del equipo que este fallando y solucionarla y la segunda, es en el caso de que se quiera tener y llevar un control de mantenimiento del sistema de refrigeración, es decir, que se realizan las actividades de inspección de forma periódica con la finalidad de que se revise constantemente si el sistema está presentando alguna falla.

Dicha solicitud es conocida en la empresa mediante un correo electrónico o una llamada telefónica realizada por el cliente, la cual es recibida por el ingeniero encargado de los procesos de comercio y mantenimiento de la empresa, después de recibida el ingeniero programa una visita en las instalaciones del cliente. En la visita, se realiza ciertas actividades de inspección en búsqueda de fallas al sistema de refrigeración, para la definición de los requerimientos de mantenimiento que necesita la empresa, ejecutado el trabajo de inspección se realiza un reporte de visita, en donde especifica el estado en el que se encuentra el equipo como se evidencia en el **anexo A**. y el mantenimiento que necesita el sistema o sistemas de refrigeración.

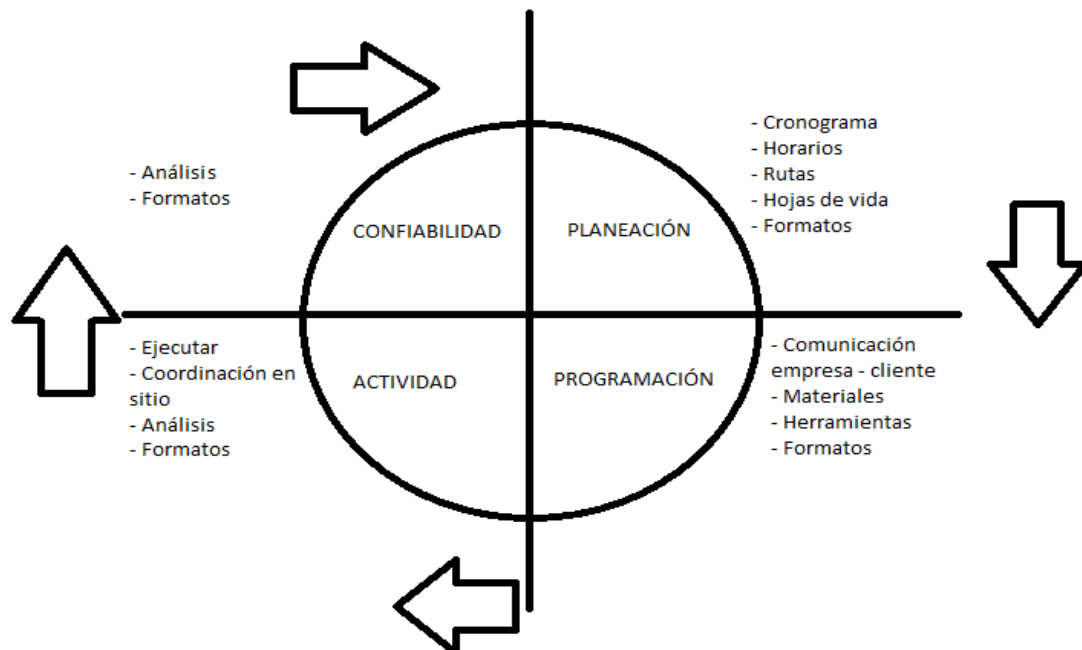
Este reporte es analizado y evaluado por el ingeniero encargado de mantenimiento y el gerente de la empresa para generar una cotización especificando costo total de mantenimiento incluyendo valor de repuestos sin son necesarios (**Ver anexo B**). Paralelamente a esta cotización, DIAC INGENIERIA S.A.S. sugiere al cliente qué tipo de servicio de los ofrecidos por esta es pertinente para satisfacer la necesidad de mantenimiento requerida; estos servicios son: In house, mantenimiento preventivo programado y emergencia, estos servicios son denominados de esa forma por la empresa. Luego esta información es socializada con el cliente para la aprobación y/o autorización del proceso de ejecución de mantenimiento, dado el caso que no sea autorizado el trabajo y/o la cotización, el proceso de mantenimiento se entiende como finalizado.

En el caso de aprobación de la cotización se da continuidad al proceso de mantenimiento. La continuidad del proceso de mantenimiento depende del tipo de solicitud del cliente: cuando el cliente lo que necesita es mantenimiento correctivo inmediato se sigue a la metodología planteada teóricamente por la empresa como se evidencia en la figura 28 para darle solución a la(s) falla(s) presentada(s), falla(s) que es o son descubierta(s) en la visita técnica. En el caso de que el cliente lo que necesita es llevar un control del mantenimiento del equipo de refrigeración, se realizan actividades de inspección en búsqueda de fallas, mismas actividades que se realizan en la visita técnica, hasta encontrar una falla y si se encuentra, se sigue

a la metodología mostrada en la figura 28 para darle solución a esta. Cabe aclarar que la empresa no cumple con la debida trazabilidad de la metodología planteada y establecida por ellos; es por esto, que es una metodología teoría.

2.1.2 Metodología:

Figura 28. Mapa de metodología DIAC INGENIERÍA S.A.S.



Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Esta metodología comprende 4 procesos planteados por la empresa para la realización del servicio de mantenimiento, donde el primer proceso es denominado planeación, el cual consiste en la revisión de hojas de vida e historial de fallas del componente a intervenir siempre y cuando existan estos formatos, si no existen se realizan y comienzan con unos nuevos, definición del cronograma el cual comprende el planteamiento de rutas de mantenimiento a seguir y horarios de intervención. Teniendo definido el cronograma se genera una orden de trabajo especificando las actividades de mantenimiento a realizar y lo requerido para dar solución a la falla presentada o al mantenimiento requerido, dicha OT es un formato utilizado por la empresa para que el cliente con la lectura de esta, autorice el trabajo a realizar; sin embargo, la empresa actualmente no plasma dicha OT en papel, lo que quiere decir, que para la autorización del trabajo a realizar se hace de forma verbal o mediante un correo electrónico.

El siguiente proceso denominado programación consiste en la consecución de repuestos, herramientas y materiales, y definición de personal para la realización de la orden de trabajo. Teniendo claro y definido lo que se va a realizar, se pasa al

tercer proceso denominado actividad, la cual se hace una coordinación en sitio para ejecutar la orden de trabajo, donde el técnico reporta la finalización de la actividad mediante un informe técnico. Por último, se pasa al cuarto proceso denominado confiabilidad, el cual consiste en el análisis del informe reportado por el técnico, donde se concluye con un indicador de disponibilidad medido por criterios y variables propias de la empresa.

Cabe mencionar, como se puede visualizar en cada uno de los procesos, existe el uso de diferentes formatos, que se tienen en cuenta teóricamente pero que no son utilizados en su totalidad, debido a que el personal encargado del proceso de mantenimiento no sigue en su totalidad la trazabilidad de la metodología anteriormente explicada, por lo que, la realización y diligenciamiento de formatos no se llevan a cabo en su totalidad, además los formatos existentes o diligenciados después de ser utilizados, tienen como finalidad la basura o en caso fortuito terminan en carpetas, las cuales después de un tiempo no son encontradas, lo que quiere decir, que en la empresa no hay una organización de la información, significando que la gestión de la información es nula. Algunos de los formatos evidenciados son: hojas de vida, cotizaciones, informe de inspección de visita técnica, informe del técnico; los cuales brindan información con respecto al proceso de trabajos de mantenimiento.

2.1.3 Tipos y clasificación de servicios ofrecidos por la empresa: La empresa ofrece tres tipos de servicios de mantenimiento a sus clientes, denominados: in house, mantenimiento preventivo programado y emergencia. Estos son elegidos a preferencia netamente del cliente. La función principal de estos servicios es satisfacer las diferentes necesidades de mantenimiento de los distintos clientes. Cada uno de estos servicios maneja el mismo proceso de operación de mantenimiento (metodología), cuando existe la presencia de una falla. Sin embargo, existen diferencias entre estos servicios los cuales se describen a continuación:

1. In house: Este tipo de servicio consiste en que un técnico perteneciente a la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. está en las instalaciones del cliente en tiempo completo, cumpliendo con un cronograma de mantenimiento establecido por la empresa. Es utilizado en preferencia cuando hay mucho mantenimiento correctivo por hacer en la empresa (cliente), es decir la presencia de fallas dentro de la empresa (cliente) es elevada (la cantidad de mantenimiento es definida en la visita técnica). También es utilizado cuando la empresa (cliente) quiera llevar un control constante y riguroso (diario o semanal) al equipo de refrigeración.
2. Mantenimiento Preventivo programado: Este servicio consiste en llevar a cabo actividades de inspección en búsqueda de fallas a los sistemas de refrigeración con una periodicidad elegida por el cliente. Es utilizado especialmente, cuando los clientes quieren llevar un control de

mantenimiento flexible, es decir, se satisfacen con que se realicen actividades de inspección en búsqueda fallas de forma mensual, trimestral, semestral o anual.

3. **Emergencia:** Este tipo de servicio consiste en la atención de una emergencia inmediata, es utilizado cuando el cliente necesita un servicio de mantenimiento correctivo simple al equipo de refrigeración. Es decir, que el número de fallas, es poca, en comparación con el servicio in house.

2.1.4 Actividades de mantenimiento: En el proceso de mantenimiento se mencionó que se realizan actividades de inspección en búsqueda de fallas en varias partes del proceso, estas actividades cumplen varias funciones; la primera es que en la fase de visita técnica son utilizadas para definir las necesidades de mantenimiento que requiere el cliente, y la segunda es que son las actividades que se realizan para darle solución a los dos tipos de solicitudes de mantenimiento. En el caso, de mantenimiento correctivo inmediato, son utilizadas para encontrar la falla presentada en el equipo y así poder darle solución a esta, y en el caso, de que se quiera llevar un control de mantenimiento periódico, las actividades de inspección en búsqueda de una falla, son las actividades que se realizan para llevar el control de mantenimiento del equipo de refrigeración, estas se realizan con la periodicidad que desea el cliente, ya sea diariamente, semanalmente, mensualmente, trimestralmente, semestralmente o anualmente.

Estas actividades de inspección en búsqueda de fallas solo garantizan el hallazgo de una falla, la cual puede ser grave o no tan grave, lo que significa que el grado de afectación al sistema de refrigeración va depender de la gravedad de la falla encontrada; la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S tiene establecido un tipo de análisis que mide la afectación que ocasiona cada falla encontrada al sistema de refrigeración, para esta medición la empresa estableció cuatro variables generales que cubren en todo aspecto al sistema de refrigeración, y dependiendo la falla encontrada es relacionada con cada variable midiendo que impacto tiene esta falla en cada variable. En el cuadro 14 se muestran las variables establecidas y los tipos de fallas que las afectan:

Cuadro 14. Variables y tipos de fallas que las afectan.

Variable	Tipos de fallas que afecta a la variable
Eléctrica	Toda aquella falla que afecte al sistema eléctrico o a los motores eléctricos, Fallas que ocasionen cortos circuitos, sobrecargas en embobinados del motor, sobrecalentamiento o quema del motor, fluctuaciones en amperajes y voltajes de operación o aquellas que contribuyan al mal estado de los componentes eléctricos tales como cables, terminales, entre otros.
Control	Toda aquella falla que afecte al sistema de control, componentes y/o mediciones de este.
Estructural	Toda aquella falla que afecte a la estructura en general y los componentes tales como tornillería y empaques. Estas son ocasionadas por sobrecargas de producto, limpieza inadecuada o diseño erróneo, tales como: corrosión, fractura, flexión de metal, entre otras.
Refrigeración	Toda aquella falla que impidan el proceso de refrigeración de forma adecuada, o que afecte las temperaturas y presiones de operación. En estas se incluyen las fallas que impidan el funcionamiento mecánico, hidráulico y térmico del sistema.

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Este análisis tiene como objetivo establecer cuál es la parte o variable del sistema de refrigeración que con más frecuencia falla. La empresa realizando este análisis frecuentemente se dio cuenta que el 60% de las fallas presentadas es de carácter eléctrico dentro del sistema de refrigeración de compresión por vapor, por lo que la variable más afectada es la variable eléctrica.

Estas actividades hacen referencia a inspecciones visuales, lubricación y mediciones básicas al equipo de refrigeración y sus componentes, con los datos y resultados que arrojan estas actividades, les es suficiente a los técnicos para saber si hay la presencia de una falla, que tipo de falla, cual es la falla y donde está la falla dentro del equipo de refrigeración.

Este tipo de mantenimiento aplicado a los equipos de refrigeración da como resultado paradas no programadas a estos, debido a que se sabe la presencia de una falla solamente cuando el equipo falla, por lo tanto, el equipo se interviene cada vez que aparezca una falla, lo que significa en otras palabras que se está realizando mantenimiento correctivo no programado a los equipos de refrigeración, Estas paradas no programadas generan grandes pérdidas monetarias, por la pérdida de producto y por el aumento de costos de mantenimiento.

2.1.5 Conclusión del diagnóstico: Este tipo de mantenimiento no es conveniente para industrias o empresas donde la disponibilidad, la fiabilidad y la confiabilidad de los equipos y de la producción deben ser altas, como es el caso de la industria de la refrigeración y en especial para los almacenes de cadena donde la demanda de utilización de los equipos de refrigeración es elevada todos los días del año. Es por esto, que para este tipo de industria es indispensable tener un plan de mantenimiento preventivo, el cual se enfoque en la prevención de ocurrencia de fallas y en el análisis del porqué pueden ocurrir dichas fallas, así mismo que se enfoque en evitar, atacar, prevenir y controlar los porqués de ocurrencia de las posibles fallas. Además, que se enfoque en que los indicadores de confiabilidad, disponibilidad y fiabilidad de los equipos sean altos.

En la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S, es vital la modificación del tipo de mantenimiento manejado por esta (mantenimiento correctivo) e implementar uno de tipo preventivo con un modelo de alta disponibilidad para los sistemas de refrigeración que se les prestan el servicio de mantenimiento, para la mitigación de problemas de mantenimiento, ya que este tipo de mantenimiento le están generando grandes pérdidas monetarias a sus clientes por causa de la pérdida de producto y por el aumento de costos de mantenimiento en sus equipos, además esto fomenta que se eleve el grado de inconformidad del cliente por parte del mantenimiento prestado, lo que significa grandes pérdidas para la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. por pérdida de clientes.

Otros aspectos importantes en los que la empresa debe poner atención y mejorar son:

- **Manejo de información:** Se describió anteriormente que la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. no cuenta ni con una organización y ni con una gestión de la información del mantenimiento de los equipos de refrigeración, lo que significa que no cuenta con información actualizada, precisa, exacta ni

confiable de los equipos de refrigeración; lo que conlleva a reprocesos por falta de información, pérdidas de tiempo en consecución de información, procedimientos erróneos de los técnicos, aumento en tiempo del proceso de mantenimiento y pérdidas económicas para el cliente. Además, por la falta de la gestión de la información la consecución de manuales, registros e información referente al mantenimiento de los equipos fue escasa casi nula; por lo cual fue necesario la búsqueda de esta información en manuales de los fabricantes de los equipos y en reuniones con el personal de la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S.

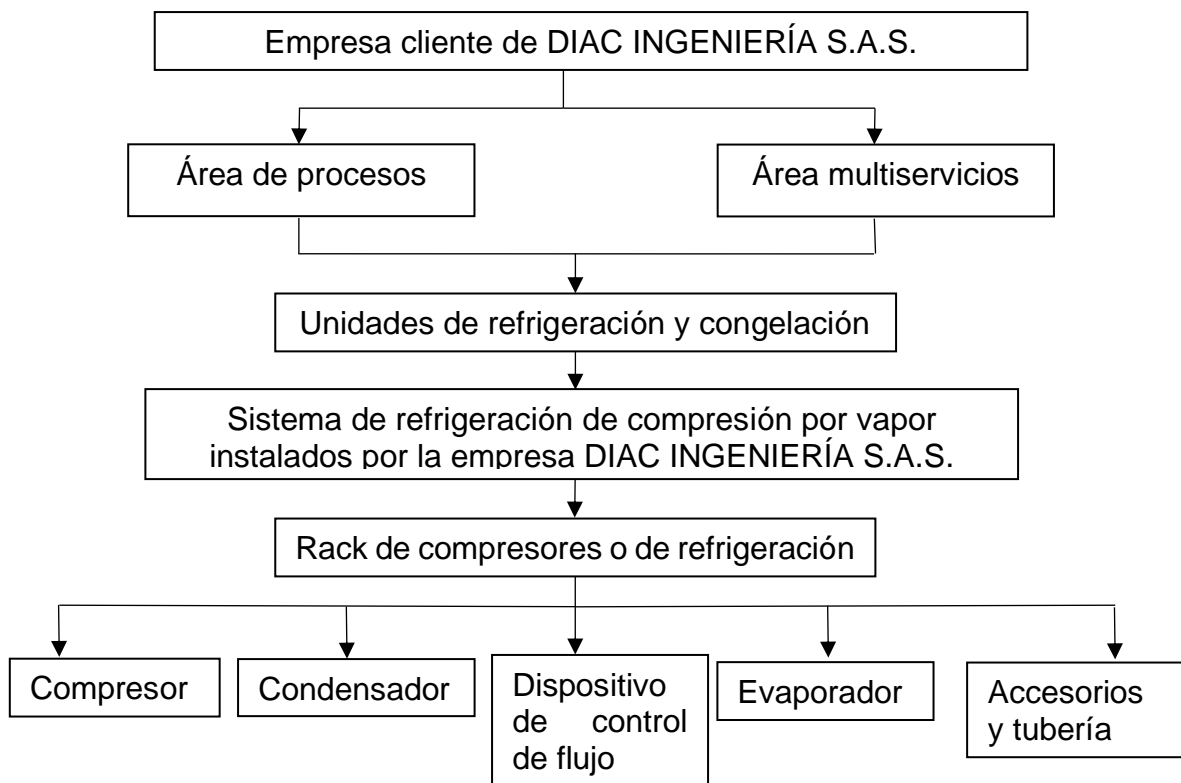
- **Repuestos y proveedores:** La empresa cuenta con varios proveedores de repuestos, como los son Emerson y Weston, a los cuales se les acude cuando las necesidades de mantenimiento de los equipos requieren repuestos. La empresa presenta varias dificultades en lo referente a repuestos, debido a que esta no cuenta con un stock de repuestos, ni con un inventario de estos, ni mucho menos con un análisis del inventario de estos; de esta manera, se generan grandes pérdidas de tiempo en la consecución y adquisición de los repuestos, lo que provoca, que el proceso de mantenimiento para dar solución a la falla presentada se vuelva aún más tardío, significando un aumento en las pérdidas económicas del cliente, ya que en los almacenes de cadena entre más tiempo pase para la solución de la falla son más las pérdidas económicas, ya sea por no poder vender el producto que se refrigere o congele con el sistema de refrigeración o inclusive por posibles pérdidas del producto alimenticio. Estos repuestos refieren a piezas mecánicas y eléctricas, lubricantes, filtros, tubería, entre otros o inclusive el equipo completo.

2.1.6 Clasificación de los componentes del sistema de refrigeración

Para la elaboración e implementación de un plan de mantenimiento, en primera instancia es necesario el desarrollo de un proceso previo, el cual consiste en el estudio detallado a los equipos que están dentro de la empresa. Para este primer paso es necesario realizar una lista de los equipos en forma de estructura de ramificación, en la que se indique la relación de dependencia que tiene plantas, áreas, equipos, sistemas, elementos y componentes⁴². En el diagrama 4 se muestra de forma esquemática los equipos de refrigeración manejados e instalados por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. en las empresas clientes.

⁴² GARCIA GARRIDO, Santiago. Análisis de equipos. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 1 de abril de 2020]. p. 8. 9788479785772

Diagrama 4. Equipos de refrigeración manejados e instalados por DIAC INGENIERÍA S.A.S.



Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Los componentes de los sistemas de refrigeración manejados e instalados por DIAC INGENIERÍA S.A.S. en el inciso 1.5 del capítulo 1 de este documento se explicaron de forma detallada. Los componentes del equipo de refrigeración instalados por DIAC INGENIERÍA S.A.S. se enlistan a continuación:

Accesorios:

1. Válvula Solenoide.
2. Filtros secador y succión.
3. Recibidor.
4. Acumulador.
5. Indicadores de flujo, presión, temperatura, humedad y líquido.
6. Válvula de retención.
7. Separador de aceite.
8. Filtro de aceite.
9. Válvula de bola.
10. Controlador de nivel de aceite.
11. Sistema de control E2.

Componentes:

12. Válvula de expansión termostática.
13. Evaporador de serpentín de expansión directa de ventilación forzada.
14. Compresor de desplazamiento positivo recíprocante semihermético.
15. Condensador enfriado por aire por convección forzada.
16. Tubería de cobre.

Hay que tener en cuenta que no todos los componentes tienen el mismo grado de importancia dentro del sistema de refrigeración de compresión por vapor, por lo que unos son más importantes que otros. Es por esto, que se realiza un análisis de criticidad para conocer qué grado de influencia o impacto que tienen estos en los resultados del sistema de refrigeración o de la empresa. Para clasificar los componentes por su importancia se tienen en cuenta lo siguiente:

- A)** Componentes críticos: Son aquellos componentes que cuando fallan afectan de manera significativa los resultados del sistema de refrigeración y de la empresa. Son aquellos, que cuando fallan sus costos de reparación o mantenimiento son elevados, pueden originar un accidente grave, es clave para que el producto tenga una buena calidad en la refrigeración y puede ocasionar una parada de emergencia en la producción. Además, en caso que se necesiten una intervención al componente, esta intervención no puede durar más de 3 horas.
- B)** Componentes importantes: Son aquellos componentes que cuando fallan afectan los resultados del sistema de refrigeración y de la empresa, pero las consecuencias son moderadas y asumibles. Son aquellos, que cuando fallan sus costos de reparación o mantenimiento son medianos, su afectación en la calidad de la refrigeración del producto no es problemática, posibilidades remotas de accidentes graves y tienen un impacto en la producción. Además, en caso que se necesiten una intervención al componente, esta intervención no puede durar más de 48 horas.
- C)** Componentes prescindibles: Son aquellos equipos que no tiene mucha incidencia en los resultados del sistema de refrigeración o de la empresa cuando estos fallan. Son aquellos, que cuando fallan sus costos de reparación o mantenimiento son bajos y/o tienen una mantenibilidad sencilla, no afecta la calidad de la refrigeración del producto y su influencia en producción y seguridad es mínima casi nula; son aquellos componentes que solo generan incomodidades pequeñas al sistema de refrigeración o a la empresa.⁴³ Las intervenciones pueden durar más de 48 horas.

⁴³ GARCIA GARRIDO, Santiago. Análisis de criticidad. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 1 de abril de 2020]. p. 24-25. 9788479785772

En el cuadro 15 se muestra la clasificación de los componentes del sistema de refrigeración manejado e instalado por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. de acuerdo, a las tres clasificaciones anteriormente descritas (críticos, importantes y prescindibles), esto es para conocer cuáles son los componentes críticos que impactan de forma significativa a los resultados del sistema de refrigeración y/o de la empresa.

Cuadro 15. Clasificación de los componentes.

Accesorios	Crítico	Importante	Prescindible
Válvula Solenoide		X	
Filtros secadores y succión			X
Recibidor		X	
Acumulador		X	
Sensores e indicadores de flujo, presión, temperatura, humedad y líquido			X
Válvula de retención		X	
Separador de aceite			X
Filtro de aceite			X
Válvula de bola			X
Controlador de nivel de aceite			X
Sistema de control E2		X	
Componentes			
Válvula de expansión termostática	X		
Evaporador de serpentín de expansión directa de ventilación forzada.	X		
Compresor de desplazamiento positivo recíprocante semihermético	X		
Condensador enfriado por aire por convección forzada	X		
Tubería de cobre	X		

Fuente. Elaboración propia con base en GARCIA GARRIDO, Santiago. Análisis de criticidad. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 1 de abril de 2020]. p. 24-25. 9788479785772.

En el cuadro 15, se muestra la clasificación de los componentes del sistema de refrigeración de compresión por vapor, de esta clasificación se encontró que el sistema cuenta con 5 componentes críticos, 5 importantes y 6 prescindibles. Los componentes que resultaron críticos son: el compresor recíprocante semihermético (figura 15), el condensador enfriado por aire por convección forzada (figura 16), la válvula de expansión termostática (figura 18), el evaporador de serpentín de expansión directa de ventilación forzada (figura 19) y la tubería de cobre. Estos 5 componentes resultaron críticos ya que si uno de estos falla ocasiona la parada total del sistema, debido a que el sistema es un ciclo y la funcionalidad de cada componente depende de la funcionalidad del otro, por esto, son los que se incluirán dentro del plan de mantenimiento de este proyecto. Los componentes importantes y prescindibles tienen gran incidencia en el sistema, pero no como los 5 críticos; sin embargo, dentro de los componentes importantes el sistema de control E2 (figura 26), es el que mayor tiene incidencia en el sistema de refrigeración como se ve en el cuadro 17, ya que por medio de este componente se tiene conocimiento si el sistema está funcionando de forma adecuada, por este motivo se incluirá dentro del plan de mantenimiento, junto con los otros 5 componentes críticos.

Es importante tener en cuenta que componente es el más crítico dentro de los que se consideran críticos, esto permite jerarquizar que componente es el que mayor impacto negativo tiene dentro del sistema de refrigeración. Esta jerarquización ayuda a definir a que componente se le debe prestar o poner más atención al momento de elaborar y desarrollar el plan de mantenimiento. Para llevar a cabo esta jerarquización, se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Producción: Impacto en la producción (rendimiento del sistema).
- Calidad: Influencia en la calidad de la refrigeración del producto.
- Mantenimiento: Costo del mantenimiento por reparación de la falla. Otro factor, es la frecuencia con que el componente falla, este se incluye cuando se tiene la información disponible.
- Medio Ambiente: Riesgo a contaminar el medio ambiente.
- Seguridad: Riesgo humano⁴⁴.

Para determinar el componente más crítico, se evalúa el grado de impacto o de incidencia negativa que tiene cada uno de los componentes en los 5 aspectos anteriormente descritos cuando estos fallan, para esto se sigue a la siguiente calificación:

- Muy alto (5): Muy altos costos de mantenimiento, riesgos de accidentes graves y contaminación al medio ambiente, es clave para que el producto tenga una buena calidad en la refrigeración y puede ocasionar una parada de

⁴⁴ GARCIA GARRIDO, Santiago. Análisis de criticidad. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 1 de abril de 2020]. p. 24-25. 9788479785772

emergencia en la producción, es decir, un paro total del funcionamiento del sistema.

- Alto (4)
- Medio (3): Medianos costos de mantenimiento, posibilidades remotas de accidentes graves, riesgos medios en contaminación al medio ambiente, su afectación en la calidad de la refrigeración del producto no es problemática y tienen un impacto en la producción.
- Bajo (2)
- Muy bajo (1): Muy bajos costos de mantenimiento, riesgos de accidentes graves y contaminación al medio ambiente, no afecta la calidad de la refrigeración del producto y su influencia en producción es nula.

Según esta calificación el componente que tenga la calificación más alta es el equipo que tiene mayores impactos negativos al sistema, por ende, es el componente más crítico de los críticos del sistema de refrigeración, es decir es el que debe tener mayor atención, al momento de realizar el plan de mantenimiento.

En el cuadro 16 se muestra en análisis de criticidad de los componentes más críticos del sistema de compresión por vapor.

Cuadro 16. Análisis de criticidad componentes críticos.

Componente	Producción	Calidad	Mantenimiento	Medio ambiente	Seguridad	Total
Válvula de expansión termostática	5	5	2	4	2	18
Evaporador de serpentín de expansión directa de ventilación forzada.	5	5	5	4	4	23
Compresor de desplazamiento positivo recíprocante semihermético	5	5	5	4	4	23
Condensador enfriado por aire por convección forzada	5	5	5	4	3	22
Tubería de cobre	5	5	2	4	4	20

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 17. Análisis de criticidad componentes importantes.

Componente	Producción	Calidad	Mantenimiento	Medio ambiente	Seguridad	Total
Válvula Solenoide	2	3	2	3	2	12
Recibidor	3	4	3	3	2	15
Acumulador	3	3	3	3	2	15
Válvula de retención	2	3	2	2	2	11
Sistema de control E2	5	5	4	1	2	17

Fuente. Elaboración propia

En el cuadro 16 se muestra, que todos los componentes críticos del sistema de refrigeración de compresión de vapor son altamente críticos, sin embargo, hay dos factores en los que se diferencian uno del otro, uno de estos es el costo de mantenimiento y el otro es el riesgo humano, dando como resultado que hay dos componentes altamente críticos los cuales son: el compresor ya que es componente más complejo del sistema y su costo de mantenimiento es elevado, y debido a que trabaja a altas presiones y temperaturas, una falla en plena operación de este puede ocasionar un gran riesgo a ocasionar un accidente hacia el humano y el otro componente es el evaporador ya que es el equipo que está más cerca al humano (cliente del almacén de cadena o inclusive trabajadores propios de la empresa cliente), una falla como una fuga, en este puede presentar riesgo alto de accidente hacia el humano y además al igual que el condensador su costo de mantenimiento es elevado. El componente que le sigue según la ponderación establecida en el cuadro 16 es el condensador que a pesar de ser el mismo componente que le evaporador, este no esta tan cerca del humano (cliente del almacén), por este motivo no tiene la misma calificación que el evaporador, y por último están la tubería y seguido la válvula de expansión que son componentes, que no tienen mayor impacto en costo de mantenimiento debido a que son componentes con una complejidad baja en comparación con los otros 3.

Este análisis da como resultado, que al momento de elaborar y desarrollar el plan de mantenimiento se debe prestar mayor atención al compresor y al evaporador, seguido del condensador, luego la tubería, luego la válvula de expansión y finalmente el sistema de control, ya que es el componente más importante del sistema como se muestra en la tabla 17 y que además es vital para llevar un control del buen funcionamiento del sistema de refrigeración.

Teniendo en cuenta la información anteriormente descrita. En el siguiente cuadro comparativo (cuadro 18) se muestra de forma resumida el diagnóstico del mantenimiento ofrecido y aplicado a los sistemas de refrigeración por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., incluyendo lo que le hace falta o lo que debería tener la empresa, para tener un mantenimiento bien estructurado, y así mitigar los problemas actuales existentes que tiene la empresa en la parte del mantenimiento. Por otra parte, en el cuadro 19 se muestra los componentes que se incluirán dentro del plan de mantenimiento según análisis anteriormente realizado.

Cuadro 18. Análisis del diagnóstico.

ITEMS	EXISTENTE	FALTANTE
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento correctivo. - Se aplica una Metodología. - Actividades de inspección en búsqueda de falla. - Variabilidad de servicios - Análisis de variables para determinar que parte del sistema de refrigeración es el que más falla. - Intervenciones frecuentes a los sistemas de refrigeración 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento preventivo. - Verificación de la trazabilidad de la metodología. - Actividades de inspección para prevención de fallas. - Servicios preventivos. - Análisis de indicadores y disponibilidad del sistema de refrigeración. - Confiabilidad de los sistemas de refrigeración del cliente. - Periodicidad en actividades de mantenimiento.
Documentación	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo y diligenciamiento de formatos. - No hay información disponible referente a los sistemas de refrigeración 	<ul style="list-style-type: none"> - Organización y centralización de la información. - Gestión de la información. - Información actualizada de los sistemas de refrigeración.
Gestión de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con proveedores 	<ul style="list-style-type: none"> - Control de inventario - Análisis de repuestos
Cliente	<ul style="list-style-type: none"> - Adquiere un servicio de mantenimiento correctivo - Mantenimiento con costo elevado. - Perdidas monetarias (producto). - Problemas de salud de los trabajadores y clientes. - Insatisfacción e inconformidad del cliente por el tipo de mantenimiento aplicado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir un servicio de mantenimiento preventivo. - Mantenimiento con un costo moderado o bajo. - Mitigar y eliminar perdidas del producto y problemas de salud. - Alta disponibilidad, fiabilidad y confiabilidad de los sistemas de refrigeración del cliente

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

Cuadro 19. Componentes que se incluirán dentro del plan de mantenimiento.

Sistema de refrigeración de compresión por vapor	Componentes	Compresor de desplazamiento positivo recíprocante semihermético.
		Evaporador de serpentín de expansión directa de ventilación forzada.
		Condensador enfriado por aire por convección forzada
		Tubería de cobre
		Válvula de expansión termostática
		Sistema de control E2

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIERÍA S.A.S.

3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

3.1 POR QUÉ ES IMPORTANTE EL MANTENIMIENTO?

En los últimos años, los cambios en la industria por las exigencias del consumidor y el desarrollo tecnológico mundial han sido cada vez más frecuentes, provocando que las empresas también cambien constantemente su estructura y organización para poder acoplarse a estas exigencias modernas. El mantenimiento es una de las disciplinas gerenciales que ha tenido más cambios dentro de las empresas desde su existencia, ya que cada vez es mayor el impacto generado por este dentro de los resultados y costos de estas. Los cambios en la disciplina del mantenimiento han sido dirigidos a la prevención y predicción de fallas en los equipos, buscando así la mitigación y/o eliminación del impacto negativo a la seguridad, al medio ambiente y a otros que ocasionan los equipos por causa de una falla. La finalidad de los cambios a la disciplina del mantenimiento busca que las empresas sean cada vez más confiables, estén más disponibles y sean más fiables; buscando así la alta eficiencia, la alta producción y la mejora continua de las empresas.

La conservación de los equipos es cada vez más esencial dentro de las empresas, puesto que la sostenibilidad de estas va de la mano de la producción y costos, y la producción y los costos van de la mano de la alta disponibilidad, confiabilidad y fiabilidad de los activos o equipos, y la disponibilidad, confiabilidad y fiabilidad van de la mano de un buen mantenimiento. Es por esto que el mantenimiento ha pasado de ser una parte sin importancia a una de las partes más importantes dentro de las empresas. Además, hoy en día el mantenimiento es otro pilar de competitividad de las empresas, por esto las empresas buscan tener un tipo de mantenimiento que garantice altos índices de disponibilidad y confiabilidad y que además sea un mantenimiento bien estructurado, organizado y eficaz.

Actualmente existen varios tipos de mantenimiento (preventivo, correctivo y predictivo), todos con la misma finalidad; la conservación del buen estado de los equipos o activos. Sin embargo, la elección del tipo de mantenimiento a aplicar depende de cada industria, en algunas empresas el mantenimiento correctivo es el adecuado y en otras empresas el mantenimiento preventivo y/o predictivo es el correcto. Por tal razón es importante tener claro el tipo de industria, la finalidad y la cultura de la misma, antes de elegir y elaborar un plan de mantenimiento.

La refrigeración es un tipo de industria que trabaja todos los días del año las 24 horas del día, como lo son los almacenes de cadena, es por esto que se debe tener un tipo de mantenimiento que permita tener los activos o equipos funcionando y operando las 24 horas del día todos los días del año con un costo moderado de mantenimiento, sin paradas no programadas evitando tiempos muertos, con alta producción, alta calidad de producto o proceso, alta disponibilidad, alta confiabilidad, alta fiabilidad, alta seguridad y sobre todo con un alto cuidado al medio

ambiente. Estos aspectos se pueden adquirir con dos de los tres tipos de mantenimiento, los cuales son el mantenimiento preventivo y predictivo, sin embargo, el mantenimiento predictivo es dirigido para equipos o activos muy especializados y complejos, además es necesaria una inversión alta al inicio; y el mantenimiento preventivo es aplicable para todo tipo de activos o equipos con una inversión inicial moderada; lo que significa que el mantenimiento que mejor se ajusta a la industria de la refrigeración específicamente para en los almacenes de cadena que trabajan con sistemas de refrigeración de compresión por vapor donde sus componentes no son muy especializados, es el mantenimiento preventivo.

Como se mencionó anteriormente, actualmente la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. está realizando mantenimiento correctivo a los sistemas de refrigeración de compresión por vapor que instala y ofrece a sus clientes, esto repercute a una serie de problemas económicos, productivos, sociales, de seguridad y de medio ambiente para los clientes lo que conlleva a la insatisfacción de estos significando grandes pérdidas para la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. por pérdida de clientes debido a su mantenimiento aplicado y ofrecido. Es por esto, la necesidad de la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. de elaborar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para los sistemas de refrigeración de compresión por vapor que instala y ofrece a sus clientes.

3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Según lo anterior y con relación al diagnóstico, se determinó que por el tipo de industria que maneja la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S y las necesidades de mantenimiento que esta requiere para los sistemas de refrigeración de compresión por vapor instalados y ofrecidos por esta, que el tipo de mantenimiento más adecuado para los sistemas de refrigeración es el mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo es aquel que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos y/o activos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno⁴⁵. Suele tener una mezcla de carácter sistemático y de alta disponibilidad, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema, y donde la disponibilidad de los equipos ocupada un porcentaje mayor al 90%. En otras palabras, el mantenimiento preventivo es aquel que se realiza de forma anticipada para prevenir la ocurrencia de una falla en los equipos o activos.

El mantenimiento preventivo se puede ejecutar mediante cuatro diferentes planes de mantenimiento, los cuales son elegidos según la necesidad y filosofía de cada empresa. Estos cuatro planes de mantenimiento son los siguientes:

⁴⁵ GARCIA GARRIDO, Santiago. Análisis de criticidad. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 1 de abril de 2020]. p. 17. 9788479785772

- . RCM (Reliability Centered Maintenance)
- . TPM (Total Productive Maintenance)
- . AMEF (Análisis de modo y falla)
- . PMO (Plan de mantenimiento por optimización)

Cada uno de estos cuentan con una filosofía y metodología diferente, pero dirigidos a la prevención de fallas. Tres de estos cuatro planes de mantenimiento preventivos son los que se tendrán en cuenta para la selección de la alternativa del plan de mantenimiento que más se ajuste a las necesidades de la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., que son el RCM, TPM y AMEF ya que estos nos permiten elaborar el plan de mantenimiento desde cero, contrario al PMO, puesto que este requiere que exista previamente un plan de mantenimiento, ya que su filosofía se centra en la optimización del mantenimiento ya existente. Estos tres tipos de planes de mantenimiento se explican a continuación:

3.2.1 Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM o MCC): El RCM empezó a desarrollarse en la industria de la aviación a mediados de XIX, debido a que la rentabilidad de las compañías aéreas estaba siendo perjudicada y amenazada por el constante cambio de piezas y/o componentes, ya que era el único tipo de mantenimiento que satisfacía los requerimientos de las certificaciones de aeronavegabilidad, certificaciones que permitían la operabilidad de las compañías. Después de esto el RCM se empezó a desarrollar en gran parte de las industrias debido a los excelentes resultados en la industria de la aviación⁴⁶. “El RCM es un proceso específico utilizado para identificar las políticas (plan de mantenimiento) que deben ser implementadas para el manejo de los modos de falla que pueden causar una falla funcional de cualquier activo físico en un contexto operacional dado”.⁴⁷ Este plan de mantenimiento (RCM) tiene como objetivo principal aumentar la confiabilidad de los activos y/o equipos, es decir, mitigar o eliminar las paradas no programadas por averías imprevista en los activos o equipos; también tiene como objetivo aumentar la disponibilidad de estos y bajar sus costos de mantenimiento.

El proceso del RCM sigue la siguiente metodología para su desarrollo, que consta de la formulación de las siguientes siete preguntas:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional (funciones)?
2. ¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?

⁴⁶ GARCIA GARRIDO, Santiago. Análisis de criticidad. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 1 de abril de 2020]. p. 37. 9788479785772

⁴⁷ SAE INTERNATIONAL, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. JA 1012. USA. La entidad, 2002. p 8.

3. ¿Qué causa cada falla funcional (modos de falla)?
4. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efectos de falla)?
5. ¿De qué manera importa cada falla (consecuencias)?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué puede hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada para prevenir la falla?⁴⁸

Las respuestas de estas siete preguntas son el paso a paso para el desarrollo del RCM, y son discutidas en varios libros; sin embargo, debido al gran impacto positivo que el proceso del RCM tuvo y tiene en la industria, se publicó la norma SAE JA 1011 “Criterios de evaluación de mantenimiento centrado en confiabilidad” para evaluar y establecer los criterios y/o requerimientos que debe cumplir cualquier proceso para ser llamado “RCM”, estos criterios son las respuestas correctas de las siete preguntas anteriores mencionadas. Para implementar y aplicar de forma adecuada el proceso del RCM, las empresas se deben regir bajo esta norma.

Para que un plan de mantenimiento basado en RCM tenga éxito, además de cumplir con todos los criterios técnicos mínimos, se debe direccionar algunos asuntos de gerencia y de recursos antes de realizar el analizar el activo, equipos o sistema, los cuales son:

1. Priorizar los Activos y Establecer Objetivos
2. Planificación
3. Nivel de Análisis y Límites del Activo
4. Documentación Técnica
5. Organización
6. Entrenamiento
7. Rol del Software Computacional
8. Recolección de los Datos
9. Implementación⁴⁹

El primer punto trata de seleccionar a que equipos o activos realmente vale la pena realizarles el plan de mantenimiento, y que beneficios u objetivos espera obtener en seguridad, integridad ambiental, desempeño operacional, costo-efectividad, calidad del producto y servicio al consumidor, eficiencia del mantenimiento, motivación individual, trabajo en equipo y producción personal al realizar el plan de

⁴⁸ MOUBRAY, John. Reliability-centered maintenance. New York: Industrial Press. 1997. Cap 1. p. 7.

⁴⁹ SAE INTERNATIONAL A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard, JA1012. USA. La entidad, 2002, p 56.

mantenimiento basado en RCM. En la planificación se debe realizar un plan detallado que dirija el tiempo, habilidades, objetivos de análisis, selección de activos o equipos, recursos, lugar, personal y capacitaciones para poder desarrollar el plan sin contratiempos y/o posibles dificultades futuras. El tercer ítem, hace referencia a definir el nivel de análisis adecuado para el o los activos, para evitar pasar por alto muchos modos de falla cuando el nivel de análisis es muy alto, o cuando se necesite de un trabajo extra por un análisis de nivel bajo, por eso se debe establecer un análisis intermedio a los activos lo suficientemente completo para cubrir con todas las necesidades de mantenimiento que necesite el activo. Además, se debe limitar donde comienza y termina el análisis de cada activo, para no incurrir a que caigan entre las grietas⁵⁰.

El cuarto ítem, hace referencia a obtener toda la documentación o información técnica de los activos que describa su configuración física, sus componentes y como trabaja ya que es muy útil al momento de realizar el análisis del activo, tales como planos de arreglos generales, diagramas de tuberías, procesos e instrumentación, manuales de operación y mantenimiento, documentos de soporte de diseño y lista de partes, y si no está disponible esta información, hay dos soluciones la primera es acudir a los fabricantes y la segunda es crearla. El ítem de la organización, hace referencia a que se debe tener el personal que haga el seguimiento de que el proceso de RCM se realice bajo normatividad y que se realice como se planifico, además, se debe contar con el personal que lidere la aplicación del RCM y contar con el personal que brinde información y participe en la toma de decisiones, ya sea operadores, mantenedores, representantes de los diseñadores o dueño del activo. La organización debe tener en cuenta que facilidades físicas son requeridas para llevar a cabo el análisis, tales como; oficinas, sala de reunión, softwares, equipos de computación, etc.⁵¹

En el entrenamiento, se debe capacitar al personal necesario sobre el RCM, para poderlo aplicar de una forma adecuada. Además, es importante tener en cuenta en donde y como se realizará el control y la buena gestión de documentos, para que la información se encuentre centralizado en una base de datos confiable y permita una recolección de datos verídicos y exactos, es el rol que cumple el software computacional. La recolección de datos históricos de fallas, desempeño del activo, costo de operación y mantenimiento asociados, tareas de mantenimiento y otros datos como consecuencias o modos de falla son muy útil para el desarrollo del proceso del RCM siempre y cuando este disponible, si no existe se debe recurrir al fabricante, proveedor o diseñador. El ultimo ítem, es la implementación, la cual es exitosa cuando, hay una auditoría (gerentes con responsabilidad sobre el activo) que apruebe cada recomendación sobre los activo, además cuando la descripción las tareas derivadas del RCM es suficientemente detallada para asegurarse que se realizara correctamente, cuando los cambios de especificaciones de los activos son

⁵⁰ Ibid. p 56-58.

⁵¹ Ibid. p 58-59.

bien detallados para asegurar su implementación correcta y cuando la planificación y ejecución de las tareas programadas sean desarrolladas por el personal correctivo, en el momento justo y se realicen de forma adecuada⁵².

Los resultados que se obtienen al aplicar el RCM a los activos o equipos de una empresa son los siguientes:

- Mejora en la comprensión del funcionamiento de los equipos.
- Estudio de las posibilidades de fallo del equipo y el desarrollo del mecanismo que trata de evitarla, ya sean producidas por causas intrínsecas al propio equipo o actos personales.
- Elaboración de planes de mantenimiento que permite garantizar la operación de los equipos dentro de los parámetros marcados. Esos planes engloban:
 - Planes de mantenimiento
 - Procedimientos operativos, tanto de producción como de mantenimiento
 - Modificación o mejoras posibles
 - Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en planta.⁵³

Si el plan de mantenimiento basado en el RCM es aplicado de forma correcta al activo o equipo, se obtendrá indicadores altos de disponibilidad y confiabilidad del activo, y costos bajos de mantenimiento. Además, se obtendrán varios beneficios tanto para los equipos o activos como para la compañía o empresa, tales como: mayor seguridad e integridad ambiental, mejor funcionamiento operacional (cantidad, calidad de producto y servicio al cliente), mayor costo-eficiencia del mantenimiento, mayor vida útil de componentes costosos, una base de datos global, mayor motivación del personal y mejor trabajo de equipo⁵⁴. Esta estrategia de mantenimiento es utilizada en industrias que tienen una alta disponibilidad de sus productos por ejemplo alimentación y farmacéuticos.

3.2.2. Mantenimiento productivo total (TPM): El TPM es de origen japonés y fue creado por el instituto japonés de mantenimiento de plantas para el sector automotriz en su época; y luego se expandió a diferentes industrias debido a su gran éxito donde se obtuvieron resultados favorables en su aplicación. El TPM está enfocado en eliminar las pérdidas de producción debidas al estado del equipo o activo, involucrando todos los departamentos y personal de la empresa, es decir, su

⁵² Ibid. p 59-60.

⁵³ GARCIA GARRIDO, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 1 de abril de 2020]. p. 38. 9788479785772

⁵⁴ MOUBRAY, John. Reliability-centered maintenance. New York: Industrial Press. 1997. Cap 1. p. 18-21.

filosofía se basa en incluir a todos los departamentos conformados y el personal de la empresa, dentro del conocimiento respecto al mantenimiento de los equipos, esto para que toda la empresa trabaje con un foco hacia el mantenimiento y en la mejora de este, buscando así cero fallas, cero caídas de producción, cero defectos y cero tiempos muertos, de modo que los equipos o activos tengan una alta disponibilidad y puedan producir a su capacidad máxima y con la mejor calidad, es por esto que se llama mantenimiento productivo total.

El TPM identifica que son seis las pérdidas o causas (son llamada las “seis grandes pérdidas”) por la cual la productividad de una empresa es afectada, estas son:

1. Paros no programados por fallos del equipo.
2. Cambios de producto, puesta a punto y ajustes de la maquina (o tiempo muertos).
3. Detenciones o esperas pequeñas, marchas en vacío o averías menores.
4. Velocidad de operación reducida (el equipo no funciona a su capacidad máxima).
5. Defectos de producción, proceso y calidad (reprocesos).
6. Puesta en marcha en un proceso nuevo, marcha en vacío o periodo de prueba.

Estas pérdidas repercuten en pérdidas de tiempo productivos dentro de las empresas, lo que significa, perdidas monetarias y afectaciones en la seguridad de la empresa, e incluso afectaciones al medio ambiente. Por este motivo, el fin del TPM es eliminar estas pérdidas o causas que interfieren con la efectividad de la producción de la empresa.

El TPM se sustenta en ocho pilares principales, los cuales se describen a continuación:

- Mejoras enfocadas: Encontrar oportunidad de mejora dentro de la empresa, para reducir y eliminar desperdicios.
- Mantenimiento autónomo: Se busca que el operario cuide del mantenimiento básico del activo y mejora posible del activo.
- Mantenimiento planeado: Tener un buen mantenimiento preventivo sistematizando sus tareas para alcanzar un estado óptimo y mejoras continuas del activo.
- Prevención del mantenimiento o mantenimiento temprano: Planificar e investigar sobre los nuevos activos que pueden ser utilizados, buscando la actualización continua de los equipos y o procesos

- Mantenimiento de calidad: Hacer productos de calidad “cero defectos” controlando sus tolerancias e identificando las causas de defectos posibles.
- Entrenamiento y formación: Capacitar al personal para realizar el mantenimiento de forma adecuada.
- Actividades de departamentos administrativos y de apoyo: Apoyar con el suministro y manejo de documentación (papelería, ordenes, etc.) eficientemente.
- Seguridad y medio ambiente: Realizar estudios de prevención de accidentes y análisis de riesgos de seguridad y medio ambiente⁵⁵.

El TPM cuenta con varias técnicas para desarrollar e implementar la metodología de los ocho pilares anteriormente mencionados de forma adecuada. Estas técnicas son el kaisen, 5S y justo a tiempo, donde cada una es utilizada en distintas partes dentro de los ocho pilares. La más representativa es la técnica japonesa “Cinco s”, la cual está compuesta por cinco palabras donde cada una tiene un significado propio, y estas cinco palabras establecen la metodología que se debe seguir para aplicar esta técnica, el significado de estas palabras son los siguientes:

- **Seiri.** Organización y planificación.
- **Seiton.** Orden.
- **Seiso.** Limpieza e inspección.
- **Seiketsu.** Estandarización y normalización.
- **Shitsuke.** Cumplimiento y disciplina.⁵⁶

Si el plan de mantenimiento basado en el TPM es aplicado de forma adecuada junto con las técnicas anteriormente mencionadas dentro de la empresa, se tendrá un éxito rotundo a nivel de no solo mantenimiento si no en todos los departamentos. Esto significa, que hay una reducción en los costos en mantenimiento, reducción de tiempos muertos y averías, reducción de tiempos de espera y preparación del activos, aumento de productividad y calidad, reducción de desperdicios, aumento en el control de las herramientas y equipos, aumento en la formación y conocimiento sobre el mantenimiento del personal de producción y demás departamentos, mejor ambiente de trabajo, conservación al medio ambiente, y aumento en la seguridad de la empresa y trabajadores.

⁵⁵ FLORES TEROVA, Luisa Angelica. TPM: Mantenimiento productivo total. Instituto Tecnológico de Apizaco. P 22-33.

⁵⁶ R. F. Sacristán. 5S orden y limpieza en el puesto de trabajo. España, Madrid: FC Editorial. 2005. p, 17-21.

3.2.3 Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF): El análisis del modo y efecto de falla es un proceso sistemático que permite identificar tempranamente las fallas un activo, sistema o equipo, para evaluar y clasificar los efectos, causas y consecuencias que pueden producir dichas fallas, y de esta forma, establecer tareas o actividades preventivas para evitar su ocurrencia y así reducir los riesgos que conlleva la ocurrencia de esta. Es común, que este proceso se lleva a cabo mediante diagramas de árbol para clasificar los modos de fallo y los efectos del mismo. El AMEF nació a principios de los años 40, donde se utilizó en principio en las fuerzas militares del ejército estadounidense para la reducción de errores y causas es estos, ya luego se utilizó en la industria nuclear y aeroespacial, luego paso a utilizarla la industria automotriz en los años 80 y actualmente distintas industrias utilizan este proceso.

El AMEF tiene 5 objetivos principales:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso.⁵⁷

El AMEF prácticamente se centra en la criticidad de las consecuencias que son ocasionadas por las fallas en un activo, esto quiere decir que, se jerarquiza los fallos por la gravedad de sus consecuencias, de esta manera se priorizan la tareas o actividades preventivas para los activos. Este tipo de mantenimiento es aplicable para procesos, equipos, sistemas e incluso para productos, lo que permite que cualquier empresa lo implemente. Además, si es aplicado de forma adecuada se obtienen los siguientes beneficios:

- Identificar las posibles fallas en un producto, proceso o sistema.
- Conocer a fondo el producto, el proceso o el sistema.
- Identificar los efectos que puede generar cada falla posible.

⁵⁷ ALONSO ROSALES, Juan Francisco. Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF). Editorial El Cid. Publicado el 01-01-2019. p 5.

- Evaluar el nivel de criticidad (gravedad) de los efectos.
- Identificar las causas posibles de las fallas.
- Establecer niveles de confiabilidad para la detección de fallas.
- Evaluar mediante indicadores específicos la relación entre: gravedad, ocurrencia y detectabilidad.
- Documentar los planes de acción para minimizar los riesgos.
- Identificar oportunidades de mejora.
- Generar Know-how.
- Incrementar la satisfacción del cliente.⁵⁸

3.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Para la selección de la alternativa del plan de mantenimiento que mejor se ajuste a las necesidades y requerimientos de mantenimiento para la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S., primeramente, se realizó una lista de los criterios de evaluación según las características y necesidades de la empresa y su mantenimiento, y mediante una matriz de selección (cuadro 20) se evaluaron todos los criterios en cada uno de los tipos de planes de mantenimiento anteriormente mencionados RCM, TPM y AMEF, para que de esta forma, hacer la elección adecuada del plan de mantenimiento.

Para la evaluación de cada criterio, se asignó un puntaje de 1 a 3, donde un puntaje de tres significa que el plan de mantenimiento cumple con la totalidad del requerimiento o necesidad del criterio, dos significa que el plan de mantenimiento cumple parcialmente con el requerimiento del criterio y 1 que el plan de mantenimiento no cumple, ni tiene alguna relación con el criterio.

Los criterios de evaluación para la selección de alternativa según las necesidades y característica de la empresa y su mantenimiento son los siguientes:

1. Alta disponibilidad de los equipos: Los equipos de los sistemas de refrigeración, son equipos que trabajan las 24 horas del día, los cuales requieren tener una disponibilidad superior al 97%. El RCM y TPM cumplen con este requerimiento, sin embargo, el AMEF no lo cumple en su totalidad.

⁵⁸ Salazar, Bryan. Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF). [sitio WEB]. Colombia. Salazar, Bryan [01, abril, 2020]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/leanmanufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallasamef/>

2. Inversión futura: La elaboración, desarrollo e implementación del plan de mantenimiento impacta de manera positiva la rentabilidad de la empresa tanto en el presente como en un futuro, de esta forma si es aplicado de manera adecuada garantiza altos índices de ganancias económicas y otros beneficios para la empresa. El RCM y TPM aplican mucho para este ítem puesto que trae consigo muchos beneficios, aunque el costo sea alto y toma cierto tiempo para su implementación, y el AMEF trae consigo beneficios para el presente de la empresa, pero no son tan asegurados en un futuro.
3. Inspecciones correctivas: Actualmente se realizan actividades correctivas en busca de una falla, lo que significa grandes perjuicios en la industria de la refrigeración, debidos a las consecuencias que pueden traer la ocurrencia de la falla, por lo que se necesita un tipo de plan de mantenimiento con actividades y tareas de forma preventiva donde evalúe las causas y consecuencias de las fallas.
4. Productividad: Es importante tener claro que el sistema de refrigeración es un ciclo, lo que quiere decir que una falla presente en cualquier de los componentes críticos de este, afectaría a todo el sistema, ocasionando una parada total de productividad del mismo. Es por eso que se debe tener un plan que garantice altos índices de confiabilidad de los componentes. El RCM se ajusta mucho a este criterio debido a que su filosofía se enfoca a la confiabilidad de los equipos, el TPM se ajusta de igual forma debido que su foco es eliminar todo aquello que afecte la alta productividad del sistema.
5. Gestión de información: Para desarrollar de forma adecuada un plan de mantenimiento es necesario llevar una buena gestión de la información, esto se logra en su mayoría por medio de herramientas informáticas, y teniendo en cuenta que el manejo de información del mantenimiento se realizará por medio de una herramienta informática, es importante determinar qué tipo de mantenimiento permite centralizar y documentar la información del mantenimiento de los activos y los procesos de forma correcta, completa y sencilla. Este ítem es de gran importancia ya que se busca la buena gestión de información por medio de herramientas informáticas. El RCM, TPM y AMEF llevan una trazabilidad de cada uno de los procedimientos de mantenimiento a realizar, sin embargo, el RCM los hace de forma más precisa y concreta.
6. Historial de fallas: La empresa no maneja un historial de fallas ni frecuencias ni mucho menos datos históricos de mantenimiento y operación, por lo cual dificulta el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo. Es por esto, que se necesita un plan de mantenimiento que comience desde cero para el equipo de refrigeración.

7. Control interno: La empresa presenta un problema donde los técnicos omiten muchas veces las tareas de mantenimiento correctivas en búsqueda de falla ya establecidas, esto es causante de que se produzcan fallas muy graves o altas frecuencias de ocurrencias de fallas. Por lo cual se busca un plan de mantenimiento que permita llevar un control y organización de los procedimientos en todo aspecto del mantenimiento, además que genere una cultura de trabajo en equipo dentro de la empresa enfocada al mantenimiento.
8. No se cuenta con un plan de mantenimiento existente: En la empresa no existe un plan de mantenimiento estructurado debido a que se maneja actividades de mantenimiento correctivo. Es por esto que se necesita un plan de permita estructurar procedimientos preventivos a partir de tareas correctivas. Este criterio lo cumple a su totalidad el RCM. El TPM y AMEF lo cumple medianamente.
9. Departamento de mantenimiento: En el momento la empresa cuenta con algún personal que maneja parte de mantenimiento, pero no está estructurado ni constituido, lo que significa que se necesita un plan de mantenimiento que defina los roles a cumplir del personal.
10. Control y análisis de inventario: La empresa no cuenta con un stock de repuestos, lo que significa pérdidas de tiempo para la solución de las fallas. En la industria de refrigeración las pérdidas de tiempo significan pérdidas económicas y de producción. Es por esto que es necesario un plan que lleve un control y análisis del stock de repuestos. A profundidad el RCM y el TPM aplican para esta necesidad, y el AMEF parcialmente.
11. Indicadores de gestión y desempeño: La empresa no cuenta con indicadores que determinen el estado de mantenimiento de los activos, por lo que no se puede llevar un control de los mismo. Es necesario un plan de mantenimiento que permitan visualizar constantemente el estado del mantenimiento.
12. Detención de los equipos: Es importante tener en cuenta lo que podría suceder si un equipo dentro del sistema falla, y detuviera todo ciclo, pues si esto pasa afectaría también a los demás equipos y pararía todo el sistema. De acuerdo a esto, es importante determinar un plan de mantenimiento que no permita la detención o parada total del sistema. El RCM es el más óptimo ya que este, no permite falla alguna para este tipo de equipos que ocasione parada no programadas.
13. Costes de mantenimiento: La empresa cliente obtiene grandes costos de mantenimiento por el tipo de mantenimiento aplicado por DIAC INGENIERIA S.A.S., con el plan de mantenimiento se pretende reducir estos costes. El

AMEF no aplica de manera significativa debido a que este se centra en minimizar los riesgos.

Cuadro 20. Matriz de selección de alternativa.

MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVA			
CRITERIO	RCM	TPM	AMEF
Alta disponibilidad de los equipos	3	3	2
Inversión futura	3	2	1
Inspecciones correctivas	3	2	3
Productividad	3	3	2
Gestión de información	3	2	3
No hay Historial de fallas	3	2	2
Control de interno	3	3	2
No se cuenta con un plan de mantenimiento existente	3	2	2
Departamento de mantenimiento	3	3	3
Control y análisis de inventario	3	3	2
Indicadores de gestión y desempeño	2	2	3
Detención de los equipos	3	3	2
Coste de mantenimiento	3	3	2
TOTAL	38	33	29

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo a la matriz de selección de alternativa, el plan de mantenimiento que más se ajusta a las características de la industria y necesidades en mantenimiento de la empresa, es el mantenimiento basado en confiabilidad o RCM, puesto que con este se obtiene mayores beneficios para la empresa que con respecto a los otros dos. El RCM permite la elaboración de un plan de mantenimiento desde cero sin la necesidad de información o datos históricos del activo, además si es aplicado de forma adecuada, se obtendrán indicadores altos de disponibilidad y confiabilidad del activo, y costos bajos de su mantenimiento. El RCM permite obtener información a fondo de los activos y un plan de mantenimiento preventivo bien estructurado con procedimientos organizados y sencillos, lo que significa que permite la sistematización y gestión de esta información. Además, permite la medición del mantenimiento mediante indicadores de gestión y desempeño del sistema de refrigeración, lo que significa que llevar un control periódico de este, mejorando y apoyando la toma de decisiones dentro de la empresa.

El RCM no permite las paradas no programadas lo que es indispensable en la industria de refrigeración especialmente para los almacenes de cadena en la

conservación de alimentos. El RCM permite llevar un control y un análisis del inventario más importante, disminuyendo los tiempos muertos, además genera un mejor trabajo en equipo. El plan de mantenimiento basado en RCM permite tener mayor seguridad e integridad ambiental tanto en los equipos como en la empresa, ya que este tiene como objetivo más halla de prevenir la fallas, es prevenir las consecuencias y en especial las de seguridad, productividad, operatividad y medio ambiente. Juntando todos los beneficios anteriormente mencionados el RCM establece una mayor utilidad a la empresa, es decir mayores ganancias económicas.

En conclusión, teniendo en cuenta los criterios mencionados y los beneficios del RCM se encuentra que este tipo de plan de mantenimiento, satisface todas las necesidades diagnosticadas de la empresa, mejorando así el servicio de mantenimiento que ofrece DIAC INGENIERÍA S.A.S.

4. PLAN DE MANTENIMIENTO INTERACTIVO

En este capítulo se elabora el plan de mantenimiento basado en RCM, puesto que fue la alternativa más adecuada para cumplir con los requerimientos diagnosticados. De igual forma se desarrolla la herramienta informática, en el cual se centralizará la información con respecto a los procedimientos de mantenimiento y la información referente a los componentes y sistema de refrigeración. Teniendo en cuenta esto, la elaboración del plan de mantenimiento interactivo comprende de los siguientes ítems:

1. Listado de componentes, subsistemas y elementos
2. Subsistemas de cada componente
3. Codificación del sistema de refrigeración
4. Determinar las funciones primarias y secundarias de los componentes
5. Determinar los fallos funcionales y técnicos
6. Determinar los modos de falla de cada componente
7. Análisis de consecuencias de los modos de falla
8. Determinar tareas preventivas de mantenimiento
9. Desarrollo de la herramienta informática para la gestión y centralización de la información del proceso de mantenimiento

4.1. LISTADO DE COMPONENTES, SUBSISTEMAS Y ELEMENTOS

Para iniciar la elaboración de un plan de mantenimiento es importante realizar un listado de los activos de forma de dependencia y secuencial a los cuales se les realizará el plan de mantenimiento, para esto es necesario tener conocimiento a fondo de los mismos. Este listado debe ser detallado con un orden secuencial, es decir, tomar el equipo o sistema y desarmarlo hasta su mínima expresión, teniendo en cuenta cada elemento compuesto en el sistema. Puesto que, llevando este orden y teniendo un conocimiento detallado de los activos, se logrará tener un plan de mantenimiento controlado, organizado y bien estructurado.

Por esta razón, se realiza el listado de componentes del sistema de refrigeración, teniendo en cuenta cada componente, compuesto por subsistemas y elementos. Este listado fue realizado con un orden secuencial, dividido por 4 niveles:

- Nivel 1: Comprende a todo el sistema de refrigeración, es decir, el equipo.
- Nivel 2: Comprende los componentes del sistema de refrigeración, siendo estos el compresor, evaporador, condensador, válvula de expansión, sistema E2 y tubería.
- Nivel 3: Comprende los subsistemas que componen a cada componente del equipo, en este caso el sistema de refrigeración.

- Nivel 4: Comprende los elementos que componen a cada subsistema de cada componente del sistema de refrigeración.

En el cuadro 21 se muestra en su totalidad del listado de componentes, subsistemas y elementos del sistema de refrigeración.

Cuadro 21. Listado de componentes, subsistemas y elementos.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Equipo	Componente	Subsistema	Elemento
Sistema de refrigeración	Compresor	Mecánico	Cigüeñal (Eje, Manivela y contrapesos)
			Cojinetes
			Biela
			Bulón
			Pistón
			Anillos
			Cilindro
			Culata
		Eléctrico	Platos de válvulas
			Caja de conexiones eléctrica
			Bobina
			Estator
			Rotor
			Interruptor termostático
		Lubricación	Conexiones y cableado
			Bomba de aceite de desplazamiento positivo y válvula de alivio
			Filtro de aceite
			Resistencia del Carter
			Carter
			Tubería de lubricación
		Refrigeración	Mirilla de aceite
			Presostato de presión diferencial
			Refrigerante
Estructural	Carcasa del compresor		

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 22. Continuidad del listado de componentes, subsistemas y elementos.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Equipo	Componente	Subsistema	Elemento
Sistema de refrigeración	Condensador	Eléctrico	Motor monofásico
			Cables de conexión
		Mecánico	Eje conector al ventilador
			Cojinete de bolas
			Aspas ventilador axial
		Estructural	Cubierta del condensador
			Rejilla
		Hidráulico térmico	Serpentín de tubos con aletas
		Evaporador	Eléctrico
	Cables de conexión		
	Mecánico		Eje conector al ventilador
			Cojinete de bolas
			Aspas ventilador axial
	Hidráulico Térmico	Serpentín de tubos con aletas	
	Estructural	Paredes de evaporador	
	Válvula de expansión termostática	Control	Bulbo
			Tubo capilar
			cámara del diafragma
		Mecánico	Diafragma
			Varillas de empuje
			Aguja y su soporte
			vástago de ajuste y su empaque
			Muelle o resorte
Guía del resorte			
Asiento			
Hidráulico y estructural	Cuerpo válvula y filtro de entrada		
Tubería	Estructural	Tubería de Cobre	
		Tubería (Refrigerante)	
	Hidráulico Térmico	Válvulas manuales de servicio	

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 23. Continuidad del listado de componentes, subsistemas y elementos.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	
Equipo	Componente	Subsistema	Elemento	
Sistema de refrigeración	Sistema de control E2 RX-400 RED I/O Rs485	Control, eléctrico y estructural	Controlador E2	Tablero principal (CPU)
				Tablero de interfaz del procesador (PIB)
				Teclado del E2
				LED's
				Periféricos de la PC-104 (El Módem Interno)
				Soportes de instalación
			Tableros I/O	Tablero de entrada 16AI o Multiflex combinado de entrada y salida
				Tablero de salida 8RO
				Tablero de salida analoga 4AO
				Tablero de salida directa 8DO
				Tablero Gateway
				soportes de instalación
			Módem	
			Cableado de red	
			Elementos, sensores y sondas	Transductores de presión
				Sensor de Temperatura Externa e interna
				Sonda de Temperatura de Inserción
				Variador de frecuencia (VDF)
				Sensores de Aire de Suministro y de Retorno

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24. Continuidad del listado de componentes, subsistemas y elementos.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	
Equipo	Componente	Subsistema	Elemento	
Sistema de refrigeración	Sistema de control E2 RX-400 RED I/O Rs485	Control, eléctrico y estructural	Elementos, Sensores y sondas	Sondas de Temperatura de Producto
				Sensores de Humedad y Humistatos
				Sensor RH de Exterior
				Sonda de Punto de Condensación
				Sensor de Nivel de Iluminación
				Sensores de Nivel de Líquido
				Detectores de Pérdida de Refrigerante

Fuente: Elaboración propia.

4.2 SUBSISTEMAS DE CADA COMPONENTE

Después de realizar el listado de componentes, teniendo en cuenta cada subsistema y elementos dentro del sistema de refrigeración, es importante determinar las funciones y el funcionamiento de cada uno de los subsistemas y sus elementos, para entender y comprender el funcionamiento a fondo de cada componente, y además para conocer más a fondo en que partes de cada componente y su localización, y así lograr realizar una codificación adecuada, realizar el análisis de fallos funcionales y técnicos detallado y adecuado, al igual que el análisis de modos de falla y así realizar plan de mantenimiento específico.

4.2.1 Compresor: Su función principal es aumentar la presión saliente del evaporador, conocida como presión de evaporización, hasta la presión a la cual el refrigerante en estado gaseoso pueda ser condensado con fluidos a temperatura ambiente, esta presión debe ser la presión de saturación a la temperatura de condensación del refrigerante.

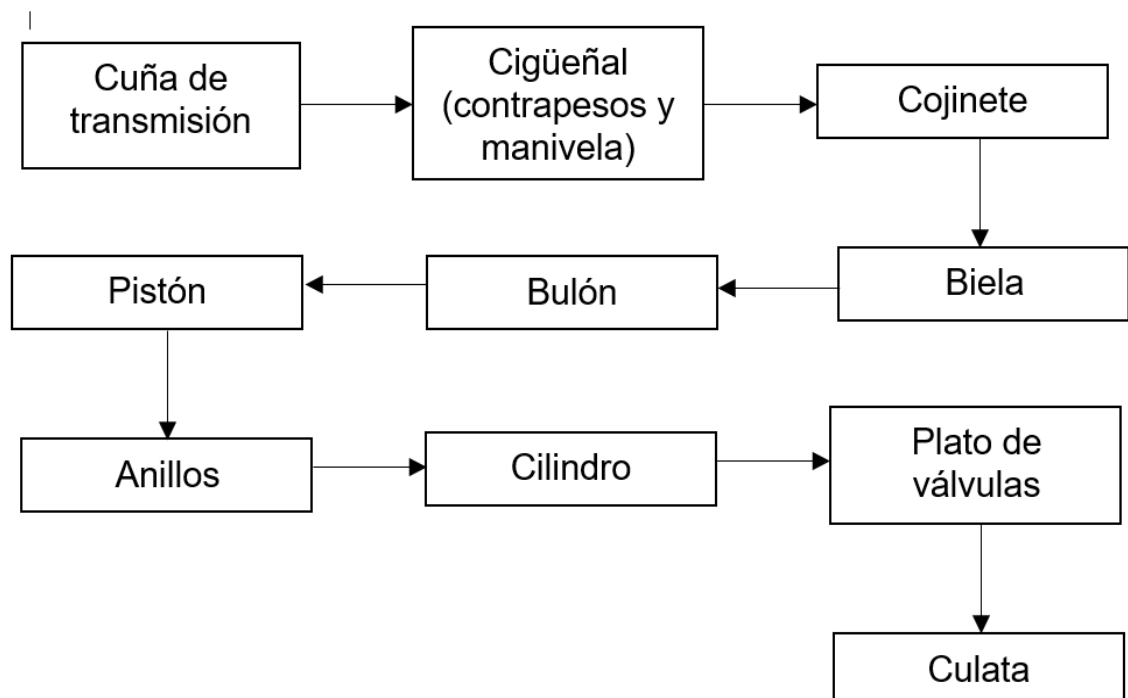
El compresor comprende los siguientes subsistemas:

4.2.1.1 Subsistema mecánico: La función principal del subsistema mecánico en el compresor, es transmitir la potencia adquirida por un motor eléctrico mediante un mecanismo de biela- manivela para comprimir el refrigerante y así aumentar su presión y temperatura.

En el compresor este subsistema tiene como elementos principales: Platos de válvulas, pistón, biela, culata, cigüeñal, cilindro, bulón, anillos y cojinetes. Su funcionamiento comprende la entrada del refrigerante evaporado al cilindro, por la abertura de la válvula de succión, en el momento en que el mecanismo biela – manivela, compuesto por el pistón, la biela y el cigüeñal, se desplaza hacia el punto muerto inferior; al llegar al PMI (Punto muerto inferior), el mecanismo se desplaza hacia el punto muerto superior, comprimiendo el refrigerante, y así por la válvula de descarga, el refrigerante se direcciona, con una presión y temperatura de descarga mayor al de succión, hacia el condensador. Las válvulas de succión y descarga están situadas en el plato de válvulas y este mismo en la culata. Los anillos se ubican en el pistón, con la finalidad de lograr un ajuste óptimo entre el pistón y el cilindro, el bulón es donde permite girar la biela, esta también ubicada en el pistón y los cojinetes se ubican en tapa de ajuste de la biela, los cuales ajustan el cigüeñal, evitando el desgaste del mismo.

En el siguiente diagrama (diagrama 5) se muestra el flujo de funcionamiento del subsistema mecánico del compresor.

Diagrama 5. Flujo funcionamiento subsistema mecánico.



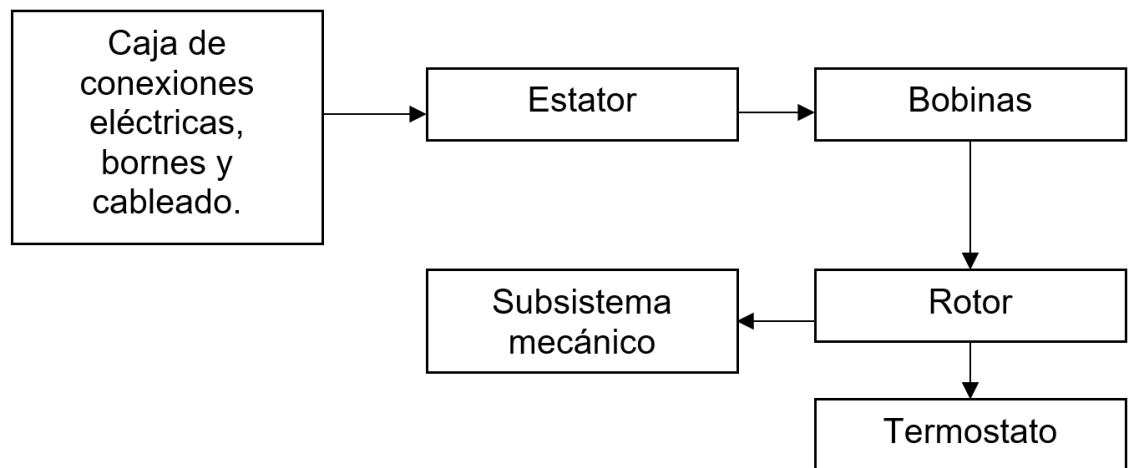
Fuente. Elaboración propia.

4.2.1.2 Subsistema eléctrico: La función principal del subsistema eléctrico es encender o arrancar, transmitiendo potencia al subsistema mecánico. También emite señales de alerta cuando el compresor este encendido o apagado, por medio de luces LED.

Los elementos del subsistema eléctrico lo componen, una caja de conexiones eléctrica, un motor trifásico y un interruptor termostático. Su funcionamiento es a partir de la conexión de los terminales de las tres bobinas que forman el estator, que es la parte fija del motor, donde se produce un campo magnético giratorio, siendo el causante de que gire el rotor, el cual es la parte móvil del motor, y así transmitir la energía rotacional al eje o cigüeñal del sistema mecánico. Además, cerca del rotor esta conecta un termostato el cual controla la temperatura del motor, este controla un contactor el cual cuando está abierto no permite el paso de corriente a las bobinas del estator debido a que detecta una temperatura mayor a la permitida de funcionamiento y cuando dicha temperatura vuelve hacer idónea, el contactor se cierra para permitir el paso de corriente.

En el siguiente diagrama (Diagrama 6) muestra el flujo de funcionamiento del subsistema eléctrico en el compresor.

Diagrama 6. Flujo funcionamiento subsistema eléctrico.



Fuente. Elaboración propia.

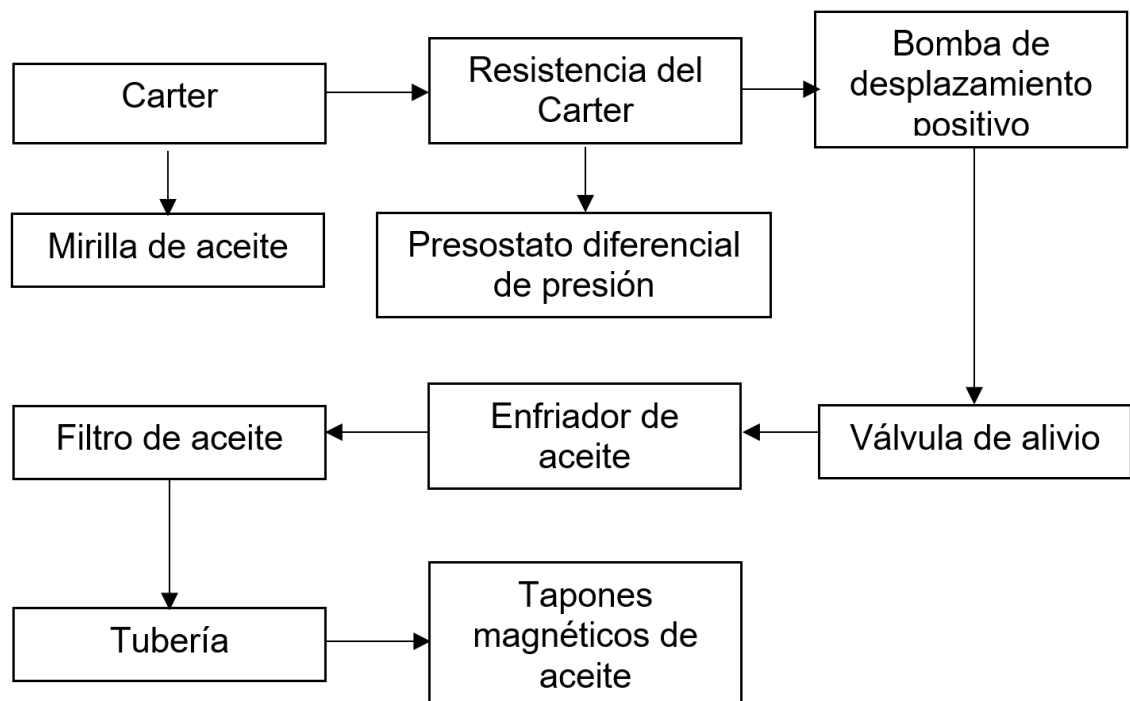
4.2.1.3 Subsistema de lubricación: El subsistema de lubricación, tiene como función principal lubricar las piezas mecánicas que están en contacto permanente una con otra provocando la fricción, para evitar el desgaste de las mismas.

En el compresor el sistema de lubricación, está compuesto por una bomba que aspira el aceite, pasando antes por un filtro de aceite y lo impulsa al extremo del cigüeñal por un orificio que conecta a los cojinetes y biela, estos suben por otro

orificio en las bielas para así lubricar las paredes del cilindro y evitar un desgaste. Es importante resaltar que parte del aceite sale por la línea de descarga, el cual conecta con el separador de aceite para así retornar al cárter del compresor. En el cárter hay una resistencia el cual se encarga de calentar el aceite para que la lubricación sea mejor, de igual manera en la entrada del compresor hay un presostato de diferencial de presión, el cual se encarga de interrumpir la alimentación eléctrica del compresor cuando la diferencia de presión entre la salida de la bomba de aceite y el cárter es demasiado baja.

El siguiente diagrama (Diagrama 7) muestra el flujo de funcionamiento del subsistema de lubricación en el compresor.

Diagrama 7. Flujo de funcionamiento del subsistema de lubricación.



Fuente. Elaboración propia.

4.2.1.4 Subsistema de refrigeración: El subsistema de refrigeración en el compresor, tiene como función principal refrigerar el motor eléctrico por medio del gas refrigerantes proveniente del evaporador. La succión del aire lo hace un ventilador conectado al motor eléctrico, el cual hace que este aire frío se dirija al motor pasando antes a través de una rejilla, ubicado en el extremo del condensador.

4.2.1.5 Subsistema estructural: El compresor este compuesto por una carcasa o cuerpo del compresor, el cual tiene como finalidad proteger los subsistemas internos del mismo y tubería interna para el flujo del refrigerante.

4.2.2 Evaporador: Su función principal es la transferencia de calor continua y eficiente desde el medio que se desea enfriar al refrigerante, para conservar los productos a la temperatura ideal dentro de sus diferentes disposiciones.

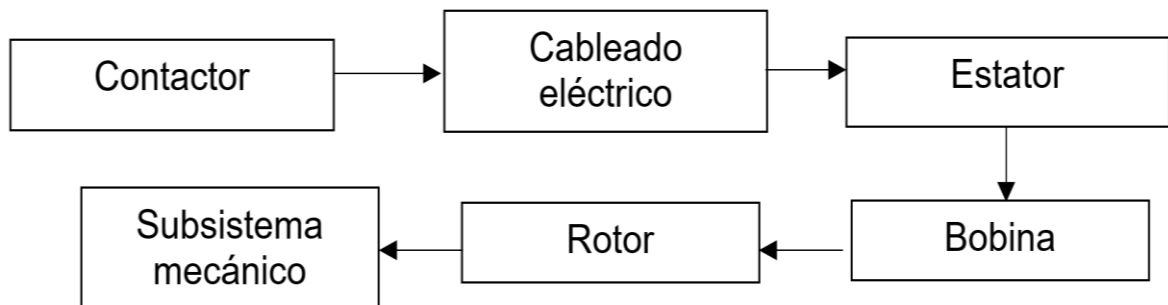
Los subsistemas que comprenden el evaporador son:

4.2.2.1 Subsistema eléctrico: En el evaporador el subsistema eléctrico es el encargado de suministrar la energía y potencia eléctrica suficiente para hacer funcionar adecuadamente el subsistema mecánico, en especial, en hacer girar el o los ventiladores de este, según sea la carga térmica.

Este subsistema está compuesto por un motor de corriente directa de tres velocidades (alta, media y baja), conectado a un contactor controlado por el sistema de control, el cual controla el encendido y apagado de este, y además su velocidad. El motor eléctrico este compuesto por el estator, la bobina y el rotor el cual funciona igual que el del subsistema eléctrico del compresor.

El siguiente diagrama (Diagrama 8) muestra el flujo de funcionamiento del subsistema eléctrico en el evaporador.

Diagrama 8. Flujo de funcionamiento del subsistema eléctrico.



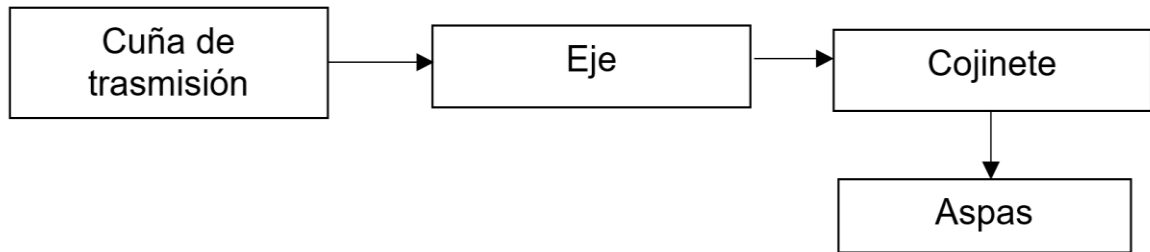
Fuente. Elaboración propia.

4.2.2.2 Subsistema mecánico: La función principal del subsistema mecánico en el evaporador, es transmitir la potencia generada por el subsistema eléctrico para realizar el movimiento giratorio en las aspas del ventilador, con el fin de hacer fluir el aire en el serpentín de tubos para extraer o retirar el calor del medio, para lograr la evaporación del fluido refrigerante y el enfriamiento del medio.

El subsistema mecánico en el evaporador lo compone un eje con un cojinete de bolas en su superficie, el cual es impulsado por el motor eléctrico, de igual forma en el eje están instaladas las aspas, las cuales mueven o impulsan el aire hacia el serpentín.

El siguiente diagrama (Diagrama 9) muestra el flujo del funcionamiento del subsistema mecánico del evaporador.

Diagrama 9. Flujo de funcionamiento del subsistema mecánico.



Fuente. Elaboración propia.

4.2.2.3 Subsistema Hidráulico – Térmico: Este subsistema hidráulico – térmico en el evaporador, lo compone un serpentín de tubos con aletas, el cual cumple la función de realizar la transferencia o intercambio de calor, entre el refrigerante que se encuentra en el interior del serpentín y el aire del medio ambiente, en donde el refrigerante extrae el calor del medio, y de esta manera lo enfría. Además, en el interior del serpentín de tubos, es por donde el refrigerante fluye, donde se logra el efecto de evaporación del mismo por el recorrido que hace por medio del serpentín de tubos.

4.2.2.4 Subsistema estructural: El subsistema estructural del evaporador, está compuesto básicamente por las paredes del evaporador, los cuales cumplen la función de proteger el serpentín como el ventilador y también los cables de conexión. Además, estas paredes por su otro lado son en las que se depositan los productos que se quieren enfriar o refrigerar.

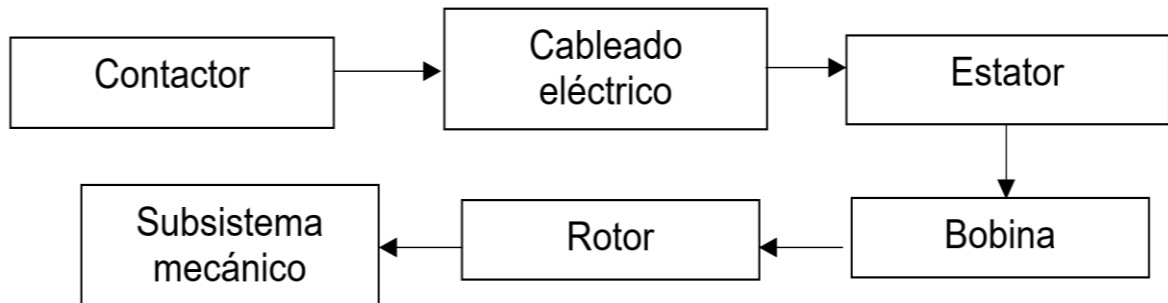
4.2.3 Condensador: Su función principal es remover el calor del refrigerante en estado gaseoso que sale del compresor para que se condense y pueda ser reutilizado.

Los subsistemas del condensador están comprendidos por:

4.2.3.1 Subsistema eléctrico: En el condensador el subsistema eléctrico, al igual que en el subsistema eléctrico del evaporador, es el encargado de suministrar la energía y potencia eléctrica suficiente para hacer girar el eje del subsistema mecánico y por ende a él o los ventiladores de este, según sea la carga térmica. Está compuesto por un motor monofásico de corriente directa que opera a tres velocidades (alta, media y baja), el cual su encendido es controlado por un contactor que es controlado por el sistema de control. El motor eléctrico está compuesto por un estator, sus bobinas y el rotor, además del cableado eléctrico.

El siguiente diagrama (Diagrama 10) muestra el flujo de funcionamiento del subsistema eléctrico del condensador.

Diagrama 10. Flujo de funcionamiento del subsistema eléctrico.

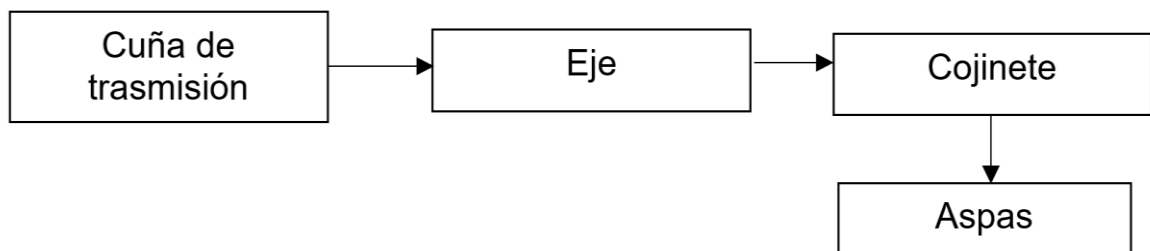


Fuente. Elaboración propia.

4.2.3.2 Subsistema mecánico: El subsistema mecánico en el condensador se encarga de transmitir el movimiento giratorio producido por el motor eléctrico del subsistema eléctrico, para direccionar el aire del ambiente hacia el serpentín. Este movimiento lo genera el motor eléctrico, el cual hace girar al eje mecánico y por ende las aspas que están instaladas en este; de esta forma las aspas absorben el aire por la parte de atrás, y por su parte delantera impulsan el aire hacia el serpentín asegurando una distribución uniforme; para evitar la fricción entre el motor y las aspas hay un cojinete de bolas.

En el siguiente diagrama (Diagrama 11) muestra el flujo de funcionamiento del subsistema mecánico en el condensador.

Diagrama 11. Flujo de funcionamiento del subsistema mecánico.



Fuente. Elaboración propia.

4.2.3.3 Subsistema Hidráulico – Térmico: Al igual que en el evaporador el subsistema hidráulico – térmico está compuesto por un serpentín con aletas, el cual cumple la función de realizar la transferencia o intercambio de calor, entre el refrigerante que se encuentra en el interior del serpentín y el aire del medio ambiente, pero en este caso el medio es el encargado de extraer el calor del

refrigerante, y de esta manera lo enfría hasta lograr condensarlo. El serpentín del condensador tiene una diferencia con el serpentín del evaporador, y es que el serpentín del condensador tiene un área mayor de contacto para la transferencia de calor y por ende un mayor intercambio de calor.

4.2.3.4 Subsistema estructural: El subsistema estructural del condensador está compuesto por cubierta del condensador y rejilla del ventilador, esto para proteger las conexiones internas y elementos del condensador, como también la corrosión.

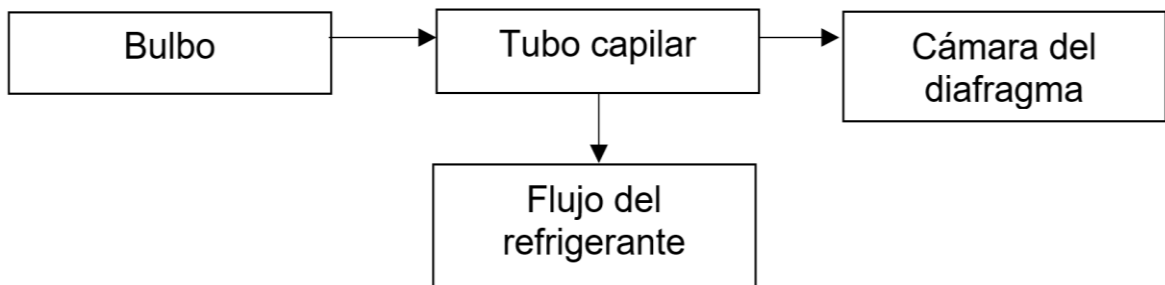
4.2.4 Válvula de expansión: Sus funciones principales son: regular el flujo del refrigerante líquido que se alimenta al evaporador, según sea la demanda, y crear una caída de presión lo suficiente para que el refrigerante que fluya se expanda, evaporando así una porción de este, de modo que se enfríe hasta la temperatura de evaporación.

Los subsistemas que comprende la válvula de expansión son:

4.2.4.1 Subsistema de control: La función principal del subsistema de control en la válvula de expansión es regular el flujo de entrada al evaporador dependiendo la el sobrecalentamiento generado por la demanda térmica requerida en el evaporador. En la válvula, el sistema de control comienza en el bulbo, el cual está colocado paralelamente a la tubería de salida del evaporador midiendo la temperatura de salida del refrigerante, dentro de este, contiene un líquido que se expande (en la mayoría de casos por no decir todos es el mismo refrigerante utilizado en el sistema de refrigeración) dependiendo la temperatura de salida del refrigerante del evaporador, ejerciendo presión sobre en la cámara del diafragma, que está conectada con el bulbo por medio de un tubo capilar. La presión acumulada en la cámara del diafragma, mueve un diafragma que transmite esa presión mediante el subsistema mecánico para así controlar y/o regular el flujo de refrigerante.

En el siguiente diagrama (Diagrama 12) muestra el flujo de funcionamiento del subsistema de control en la válvula de expansión.

Diagrama 12. Flujo de funcionamiento subsistema de control.



Fuente. Elaboración propia.

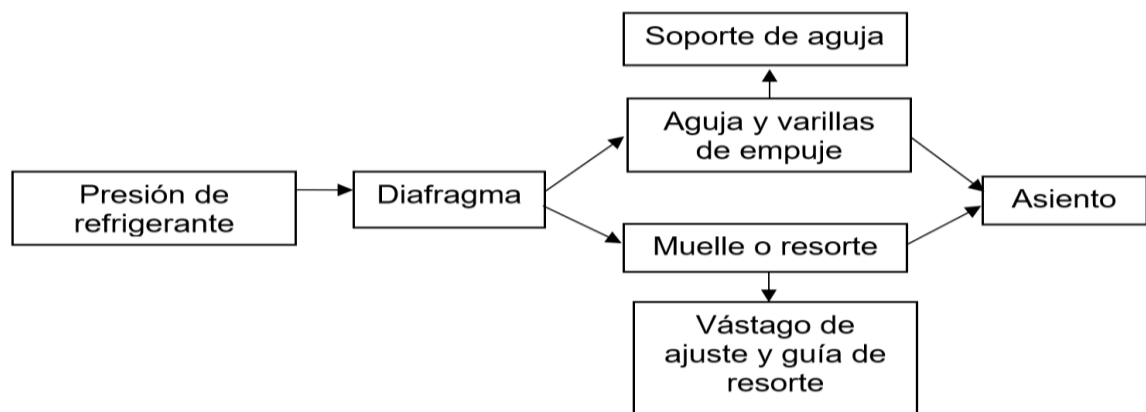
4.2.4.2 Subsistema hidráulico y estructural: El subsistema estructural e hidráulico además de proteger los elementos internos de la válvula de expansión, conduce por medio de una tubería interna desde la entrada hasta la salida de la válvula el refrigerante, esto se logra ya que la geometría del cuerpo de la válvula permite esta función.

En el cuerpo de la válvula, existe un filtro en la tubería de entrada del refrigerante, el refrigerante fluye por dentro de la válvula hasta lograr que este se expanda y posteriormente salga por la tubería de salida de la válvula.

4.2.4.3 Subsistema mecánico: La función principal del subsistema mecánico en la válvula de expansión es transmitir la fuerza ejercida por la presión en la cámara del diafragma para así poder regular y controlar el flujo de refrigerante y expandirlo. La presión ejercida en la cámara del diafragma es transmitida al diafragma, el cual está conectado a una aguja y a unas varillas de empuje, la cuales realizan un movimiento lineal ya sea ascendente o descendente dependiendo la posición de la válvula, para separarse del asiento, y así dejar pasar el refrigerante. Para regular el flujo según demanda existe un muelle o resorte el cual es el encargado de cerrar el paso del refrigerante, de esta manera, la fuerza ejercida por la presión en la cámara del diafragma para mover la aguja y abrir el paso de refrigerante, y la fuerza de cierre del muelle, dependiendo sus magnitudes es la apertura de paso del flujo de refrigerante y de esta manera se regula el flujo del refrigerante. Cuando se necesita ajustar la fuerza de cierre del muelle o resorte, se utiliza un vástago de ajuste, además, para mantener alineado y en su lugar este muelle se utiliza una guía de resorte. regula el flujo del refrigerante. Para que la aguja no se desvíe esta cuenta con su propio soporte.

En el siguiente diagrama (Diagrama 13) muestra el flujo de funcionamiento del subsistema mecánico en la válvula de expansión.

Diagrama 13. Flujo de funcionamiento subsistema mecánico.



Fuente. Elaboración propia.

4.2.5 Sistemas de control E2: El sistema de control se encarga de suministrar un control completo de variables como temperatura, presión, humedad y nivel del sistema de refrigeración incluyendo sus accesorios y componentes, como lo son a los compresores, condensadores, evaporadores y la válvula de expansión. Es por esto que al sistema de control se le denomina como el “cerebro” donde realiza todas las computaciones necesarias, para luego enviar los comandos a los dispositivos de salida que controlan el sistema⁵⁹.

4.2.5.1 Subsistemas de control, eléctrico y estructural: Como se describió anteriormente, el sistema de control se encarga de controlar y verificar las condiciones del sistema de refrigeración, garantizando una mayor eficiencia a cada uno de los componentes.

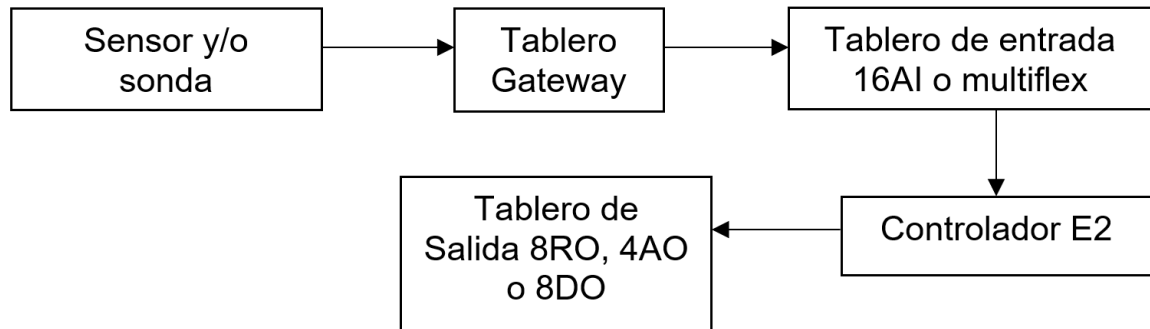
Inicialmente el sistema de control E2, está compuesto por un el controlador E2 el cual es el cerebro del sistema ya que allí llega toda la información correspondiente a las condiciones de las variables del sistema. Este controlador tiene unos componentes internos para el procesamiento de la información y toma de decisiones los cuales son el tablero principal, el cual se comunica con el tablero de interfaz del procesador (PIB) y el otro componente es el teclado del controlador. La información llevada al controlador es adquirida y medida por sensores y sondas que son las manos y los ojos del sistema, esta información es conducida por cableado red que antes de llegar al controlador E2, llega primero a un tablero Gateway el cual procesa la información adquirida del sensor y luego, es llevada al tablero de entrada 16AI o multiflex, siendo el eslabón entre el E2 y el tablero Gateway, el cual transfiere las lecturas al E2 para que este tome una decisión, y por medio de un tablero de salida 8RO, 4AO o 8DO, envíe la señal a los componentes o accesorios tomada por el controlador E2.

Otro elemento del sistema de control son los LED, hay LED en el tablero principal, en el PIB y en el teclado, estos utilizados principalmente para determinar el estado de funcionamiento del controlador, los cuales para su determinación los LED manejan tres colores, rojo, amarillo y verde, cada uno indicando una acción. Por último, está el modem el cual hace que funcione el sistema de control remotamente.

El siguiente diagrama (Diagrama 14) muestra el flujo de funcionamiento del sistema control E2.

⁵⁹ Emerson Climate Technology. Manual de Instalación y Operación del Controlador de Refrigeración E2 RX, Controlador de HVAC E2 BX, y Controlador de Negocios de Alimentos E2 CX. Publicado el 21 de abril de 2010.

Diagrama 14. Flujo de funcionamiento del sistema de control E2.



Fuente. Elaboración propia.

4.2.6 Tubería: La tubería tiene la función de conducir el refrigerante a través de todo el equipo; por esto es un componente de gran importancia dentro del sistema. Además, que abarca otras funciones que son claves para el buen funcionamiento del sistema, las cuales son: la precaución de suministrar el flujo necesario y adecuado para el sistema, evitar una alta caída de presión, evitar la entrada de refrigerante líquido al compresor y la última es que el lubricante retorne al Carter del compresor⁶⁰; para cumplir satisfactoriamente todas las funciones que desempeña la tubería se debe tener y contar con una buena selección y diseño de la tubería en su diámetro, longitud, geometría y accesorios.

Los subsistemas de la tubería son prácticamente el subsistema estructural que es la misma tubería y los posibles soportes que la sostengan, y está el subsistema que engloba dos energías la térmica y la hidráulica, este cuenta con la misma tubería de cobre por donde fluye el refrigerante y las válvulas de servicio que son funcionales para separar o aislar un componente cuando requiere intervención, estas válvulas están a las entrada y salida de cada componente.

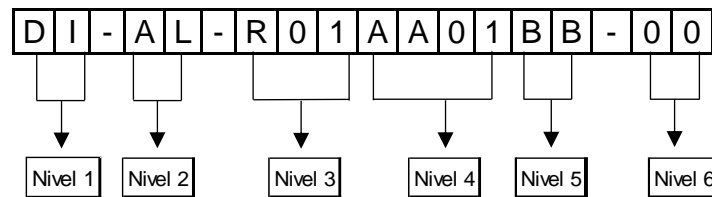
4.3 CODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

La codificación se llevó a cabo para todo el sistema de refrigeración manejado por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., la cual consistió en la división del sistema en seis (6) niveles. El primero hace referencia exclusivamente para identificar que el equipo es instalado o mantenido por la empresa DIAC, para la identificación de este primer nivel se utilizarán dos dígitos estos son "DI", el segundo nivel hace referencia al tipo de cliente que en este caso son los almacenes de cadena, los cuales para identificarlos se utilizarán dos dígitos los cuales son "AL", los otros cuatro niveles restantes hacen referencia al sistema de refrigeración, a los componentes de este, sus subsistemas y por último los elementos, como se muestra en los cuadros 21,

⁶⁰ PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa, 2002. p 41. 9789681839697

22, 23 y 24, el tercer nivel es el sistema de refrigeración, el cual se identificará con la letra “R”, pero si hay más de un sistema de refrigeración de compresión de vapor en el almacén de cadena se utilizará dos dígitos numérico adicionales para su identificación comenzando desde “01” para este caso como se trata de un solo sistema de refrigeración se utilizará las siguientes tres dígitos “R01” para su identificación; y la codificación del nivel 4 que son los componentes, del nivel cinco que son los subsistemas y del nivel 6 que son los elementos se mostrará en los cuadros 25, 26 y 27. La estructura de la codificación para identificar todo lo que compete al sistema de refrigeración es la siguiente figura (figura 29):

Figura 29. Estructura de la codificación.



Fuente. Elaboración propia.

En el nivel 4 se utilizarán cuatro dígitos dos alfabéticos principalmente, y dos adicionales que son los dígitos numéricos, esto es cuando al igual que en el caso del nivel tres hay más de un componente en el sistema de refrigeración o hay varios sistemas de refrigeración en el almacén de cadena y por ende varios componentes. Los dígitos numéricos comenzarán desde “01”, como en este caso se trata de un solo sistema de refrigeración donde contiene un compresor, un condensador, un evaporador, una válvula de expansión, un sistema de tubería y un sistema de control E2, se utilizará la codificación mostrada en el cuadro 25. El nivel 6 es para darle más claridad y un orden a los elementos, de ser necesario es posible agregar las casillas necesarias para su debida codificación y autenticidad, de esta manera, de darle codificación por números, además de dar información a que elemento hace referencia, se da un conteo de los elementos presentes en el sistema de refrigeración.

Cuadro 25. Codificación componentes del sistema de refrigeración.

Código	Componente
CM01	Compresor
CO01	Condensador
EV01	Evaporador
VA01	Válvula de expansión
TB01	Tubería
SC01	Sistema de control E2

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 26. Codificación de los subsistemas de los componentes.

Código	Subsistema
ME	Mecánico
EL	Eléctrico
LU	Lubricación
RE	Refrigeración
ES	Estructural
HT	Hidráulico- térmico
CO	Control

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 27. Codificación de los elementos de los subsistemas.

Código	Elemento
1	Cigüeñal (Eje, manivela y contrapesos)
2	Cojinetes
3	Biela
4	Bulón
5	Pistón
6	Anillos
7	Cilindro
8	Culata
9	Platos de válvulas
10	Caja de conexiones eléctrica
11	Bobina
12	Estator
13	Rotor
14	Interruptor termostático
15	Conexiones y cableado
16	Bomba de aceite de desplazamiento positivo
17	Válvula de alivio
18	Filtro de aceite
19	Resistencia del Carter
20	Carter
21	Tubería de lubricación
22	Mirilla de aceite
23	Presostato de presión diferencial
24	Carcasa del compresor

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 28. Continuación codificación de los elementos de los subsistemas.

Código	Elemento
25	Motor monofásico
26	Eje conector al ventilador
27	Cojinete de bolas
28	Aspas ventilador axial
29	Cubierta del condensador
30	Serpentín de tubos con aletas
31	Paredes de evaporador
32	Bulbo
33	Tubo capilar
34	cámara del diafragma
35	Diafragma
36	Varillas de empuje
37	Aguja y su soporte
38	vástago de ajuste y su empaque
39	Muelle o resorte
40	Guía del resorte
41	Asiento
42	Cuerpo válvula y filtro de entrada
43	Tubería de Cobre
44	Válvulas manuales de servicio
45	Controlador E2
46	Tableros I/O
47	Módem
48	Cableado de red
49	Variador de frecuencia (VDF)
50	Sensores y sondas

Fuente. Elaboración propia.

Como ejemplo práctico, se va a determinar la codificación de un componente, un subsistema de este y un elemento de este último, para dar más claridad a la codificación planteada. El componente elegido es el compresor, el subsistema mecánico de este y el cigüeñal como elemento. Su codificación se muestra a continuación:

Componente, compresor: DI-AL-R01CM01

Subsistema mecánico del compresor: DI-AL-R01CM01ME

Elemento cigüeñal del subsistema mecánico del compresor: DI-AL-R01CM01ME01

4.4 FUNCIONES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DE LOS COMPONENTES

En la sección anterior se ha explicado las funciones y funcionamiento de los subsistemas de cada componente, esto en otras palabras, se describió el funcionamiento de forma detallada de cada componente, con la finalidad de que en esta sección se logre detallar y clasificar las funciones que cumple cada componente. Esta clasificación se realiza en funciones primarias y secundarias, para cada uno de los componentes, respetando el orden jerárquico establecido en el análisis de criticidad.

Para esto es importante comprender el significado de función primaria y función secundaria. Según la norma SAE 1012 define como función primaria “La razón por la que cualquier organización adquiere algún activo o sistema es para cumplir con una función o funciones específicas”⁶¹ y como función secundaria “ es cuando se espera que el activo desarrolle otras funciones aparte de las primarias, estas son las funciones secundarias, que normalmente son menos obvias que las funciones primarias, pero la pérdida de una función secundaria también puede tener serias consecuencias, en ocasiones más serias que la pérdida de la función primaria”⁶². Teniendo en cuenta la definición de funciones primarias y secundarias, se pasa a mostrar en los siguientes cuadros 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 35 la clasificación de las funciones de cada componente.

Cuadro 29. Funciones del compresor.

COMPRESOR		
Funciones	Primaria	Secundaria
Comprimir el gas refrigerante proveniente del evaporador.	X	
Aumentar la presión del gas refrigerante saliente del evaporador hasta la presión de saturación de este correspondiente a la temperatura de condensación.	X	
Proporcionar la energía necesaria (presión de descarga) para que el gas refrigerante R-22 o R-507 circule por la tubería y el equipo.		X
Generar un diferencial de presión, para la expansión súbita del refrigerante en el dispositivo de control de flujo.		X
Lubricar los elementos en permanente contacto que están dentro del sistema de refrigeración con la mezcla refrigerante- aceite, como lo son la aguja y el asiento y otros elementos mecánicos en las válvulas de expansión.		X

Fuente: Elaboración propia

⁶¹ SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard, 2002, p 9

⁶² Ibid. P 9.

Cuadro 30. Continuidad funciones del compresor.

COMPRESOR		
Funciones	Primaria	Secundaria
Aumentar la temperatura del gas refrigerante proveniente del evaporador, hasta la temperatura de condensación del refrigerante, ya sea R507 o R22.	X	
Succionar el gas refrigerante saliente del evaporador.		X

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 31. Funciones del evaporador.

EVAPORADOR		
Funciones	Primaria	Secundaria
Transferir el calor de forma continua y eficiente desde el medio hacia el refrigerante.	X	
Enfriar el medio o fluido circundante (aire) hasta la temperatura de evaporación del refrigerante, ya sea R507 o R22.	X	
Refrigerar el producto hasta su temperatura de conservación.	X	
Circular el refrigerante por todo el serpentín de tubos para lograr extraer toda la carga térmica del producto.	X	
Hacer circular el aire por el exterior de la tubería según demanda de carga térmica del producto	X	
Aumentar la temperatura del gas refrigerante (R-22 o R-507), para evaporarlo y que al salir de este componente salga como vapor saturado o sobrecalentado.	X	
Descargar el gas refrigerante saturado o sobrecalentado hacia el compresor.		X

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 32. Funciones del condensador.

CONDENSADOR		
Funciones	Primaria	Secundaria
Transferir el calor de forma continua y eficiente desde el refrigerante hacia el medio.	X	
Remover el calor del gas refrigerante que sale del compresor	X	
Condensar el refrigerante (R507 o R22) a su estado líquido.	X	
Hacer circular el aire por el exterior de la tubería según demanda de carga térmica del refrigerante	X	
Disminuir la temperatura del gas refrigerante (R-22 o R-507), hasta su temperatura de condensación.	X	
Circular el refrigerante por todo el serpentín de tubos para lograr extraer todo su calor.	X	
Descargar el refrigerante como liquido saturado o subenfriado hacia la válvula de expansión.		X

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 33. Funciones de la válvula de expansión.

VÁLVULA DE EXPANSIÓN		
Funciones	Primaria	Secundaria
Regular el flujo del refrigerante (R-22 o R-507), para alimentar al evaporador, según la carga térmica.	X	
Crear una caída de presión, desde el lado de alta al lado de baja del sistema, para dar como resultado la expansión del refrigerante que fluye.	X	
Controlar el sobrecalentamiento del refrigerante saliente del evaporador	X	
Disminuir la temperatura del refrigerante liquido (R-22 o R-507), por debajo de la temperatura del producto que se desea enfriar para poder refrigerarlo.	X	
Asegurar que se utilice toda la superficie de transferencia de calor del evaporador, para la evaporación del mismo, teniendo en cuenta la variabilidad de las condiciones debido al cambio de cargas térmicas.		X

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 34. Funciones de la tubería.

TUBERÍA		
Funciones	Primaria	Secundaria
Conducir el refrigerante a través de todo el equipo.	X	
Suministrar del flujo necesario y adecuado para el sistema.		X
Evitar una alta caída de presión.		X
Evitar la entrada de refrigerante líquido al compresor.		X
Proveer el retorno al cárter del aceite lubricante		X
Proporcionar el soporte adecuado entre componentes y accesorios en todo el sistema de refrigeración.		X

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 35. Funciones del sistema de control E2.

SISTEMA DE CONTROL E2		
Funciones	Primaria	Secundaria
Suministrar un control completo de variables como temperatura, presión, humedad y nivel del sistema de refrigeración.	X	
Controlar y verificar las condiciones del sistema de refrigeración.	X	
Transmitir la información adecuada del funcionamiento de los componentes, por medio de la lectura de los sensores.	X	
Monitorear las variables y condiciones de funcionamiento del sistema de refrigeración.	X	
Controlar y verificar el voltaje y amperaje de la corriente eléctrica que llega al motor eléctrico del compresor y motoventiladores del evaporador y condensador.	X	
Darle accionamiento a cada uno de los elementos móviles de los componentes del sistema	X	
Ajustar la velocidad de cada uno de los elementos móviles, de acuerdo a la carga térmica.	X	
Transmitir la información de entrada proporcionada por el operario a todos los componentes del sistema.	X	

Fuente: Elaboración propia

4.5 FALLOS FUNCIONALES Y TÉCNICOS

Teniendo claro las funciones de los componentes y sus subsistemas del sistema de refrigeración manejado e instalado por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., el paso a seguir es proceder a determinar los fallos que afectan a los componentes y por ende a sus subsistemas, estos fallos se clasifican en fallos funcionales y fallos técnicos. Para empezar a clasificar los fallos de un activo en fallos funcionales y técnicos, es necesario entender de qué se trata tanto los fallos funcionales como los técnicos. Para esto, primero es preciso aclarar los términos de falla y función, y la relación que tienen entre sí, para así poder entender adecuadamente los fallos funcionales y técnicos de un activo y así mismo determinarlos. Una falla se define como la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieran que haga, esto quiere decir que cuando un activo es incapaz de hacer lo que desea el usuario, se considera un activo que ha fallado.

Por otra parte, todo aquello que deba realizar o hacer el activo se denomina función, por esto los activos pueden tener más de una función, como se evidencio anteriormente los activos tienen funciones tanto primarias como secundarias. De esta manera se define una “falla o fallo funcional como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable por el usuario”⁶³. En otras palabras, un fallo funcional es aquel fallo que impide al activo a cumplir su función y para su determinación, es necesario determinar las funciones que este cumple y definir el fallo como la “antifunción”, como el no cumplimiento de la función⁶⁴. Y los fallos técnicos, son los fallos que no le impiden al activo a cumplir o realizar la función, pero hacen que el activo trabaje u opere de forma incorrecta y anormal, lo que significa, que pueden generar una degradación acelerada del activo y poder llegar a convertirse en fallos funcionales.

Existen varias fuentes de información para determinar los fallos de los activos, estas son: el histórico de averías del activo, personal de mantenimiento o producción y documentación del activo como manuales de fabricantes⁶⁵.

Debido a que el sistema de refrigeración por compresión de vapor es un ciclo cerrado y teniendo en cuenta que, si cualquier componente crítico de este llegase a fallar dejando de cumplir su función o funciones, el sistema entraría o sufriría un paro total en su funcionamiento. Por lo tanto, y teniendo en cuenta que para que los componentes funcionen adecuadamente, los subsistemas de estos también deben cumplir su función y funcionar satisfactoriamente; el análisis y clasificación de las

⁶³ MOUBRAY, John. Reliability-centered maintenance. New York: Industrial Press. 1997. Cap 3. p. 50.

⁶⁴ GARCIA GARRIDO, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 20 de abril de 2020]. p. 39. 9788479785772

⁶⁵ Ibid, p 40.

fallas del sistema de refrigeración se realizará basándose y enfocándose en los fallos que pueden afectar la función y el funcionamiento de cada componente. De esta manera, en los siguientes cuadros se muestra la clasificación de los fallos de cada componente en fallos funcionales y técnicos.

Cuadro 36. Fallos del compresor.

COMPRESOR		
Fallos	Funcional	Técnico
Compresión del refrigerante inadecuada.	X	
Lubricación insuficiente en las partes móviles.	X	
Mal funcionamiento de la transmisión de potencia.	X	
Compresor no arranca.	X	
Vibración y ruido elevado		X
Refrigeración insuficiente en el motor eléctrico		X

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 37. Fallos del evaporador.

EVAPORADOR		
Fallos	Funcional	Técnico
Transferencia de calor discontinua e ineficaz desde el medio hacia el refrigerante	X	
Ventiladores no operan adecuadamente		X
Estado inadecuado del refrigerante de salida	X	
Deterioro del serpentín de tubos		X
Ventilador no funciona	X	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 38. Fallos del condensador.

CONDENSADOR		
Fallos	Funcional	Técnico
Transferencia de calor discontinua e ineficaz desde el refrigerante hacia el medio	X	
Ventiladores no operan adecuadamente		X
Estado inadecuado de refrigerante de salida	X	
Deterioro del serpentín de tubos		X
Ventilador no funciona	X	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 39. Fallos de la válvula de expansión.

VÁLVULA DE EXPANSIÓN		
Fallos	Funcional	Técnico
Regulación incorrecta del flujo de refrigerante	X	
Control inadecuado del sobrecalentamiento del flujo de refrigerante	X	
Expansión incorrecta del refrigerante	X	
Circulación inadecuada del flujo refrigerante	X	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 40. Fallos de la tubería.

TUBERÍA		
Fallos	Funcional	Técnico
El refrigerante no se conduce adecuadamente	X	
Flujo insuficiente en el sistema	X	
Caída de presión excesiva		X
Retorno de refrigerante líquido al compresor	X	
Deterioro excesivo de la tubería		X
Retorno insuficiente de aceite al compresor		X

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 41. Fallos del sistema de control.

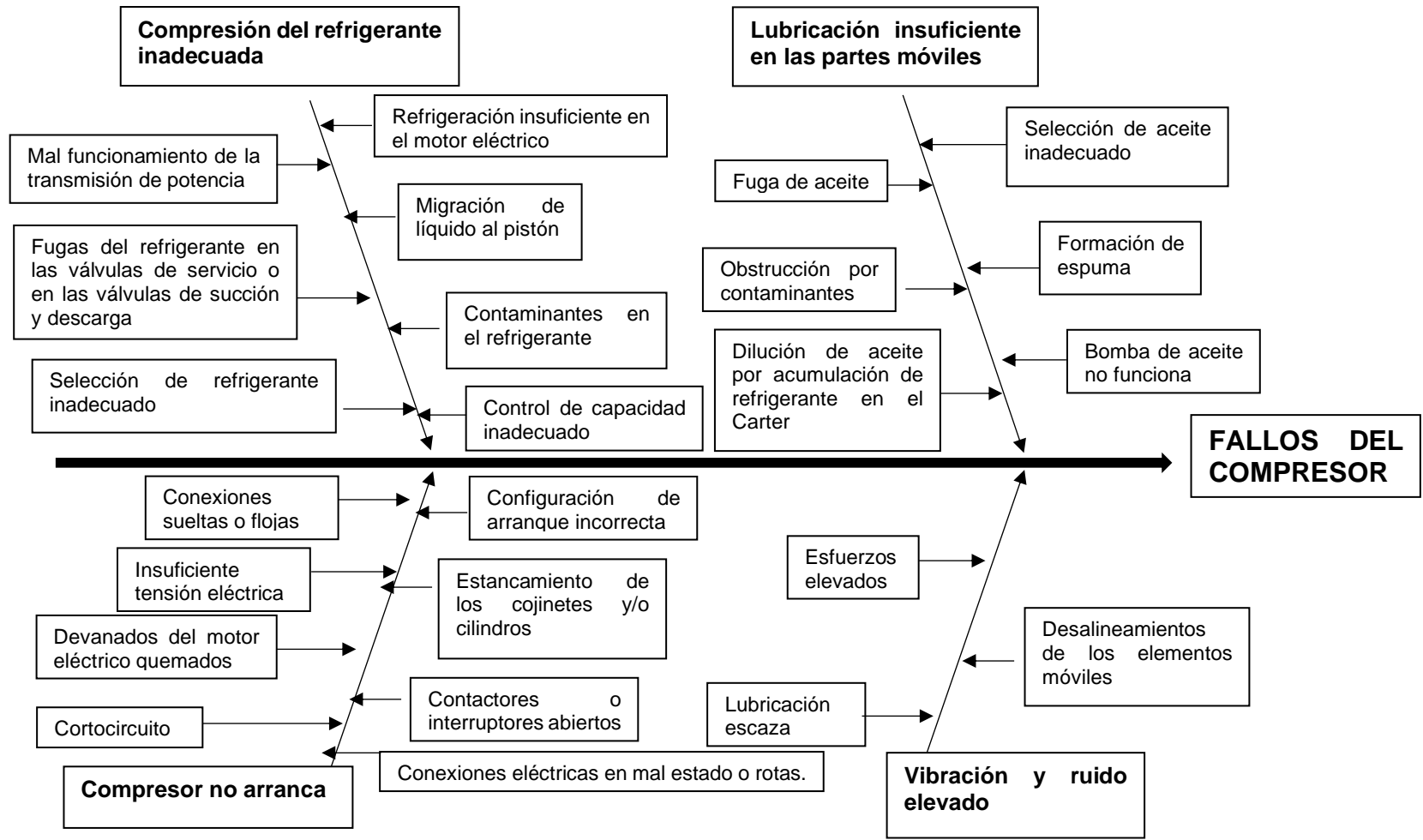
SISTEMA DE CONTROL E2		
Fallos	Funcionales	Técnico
Control inadecuado de las variables y condiciones del sistema	X	
No hay accionamiento de los elementos móviles de los componentes	X	
Tableros I/O y controlador E2 sin energía	X	
Funcionamiento erróneo de los sensores de medición (valores incorrectos)	X	
Comunicación errónea entre tablero I/O, sensores y controlador E2	X	

Fuente: Elaboración propia.

4.6 MODOS DE FALLA

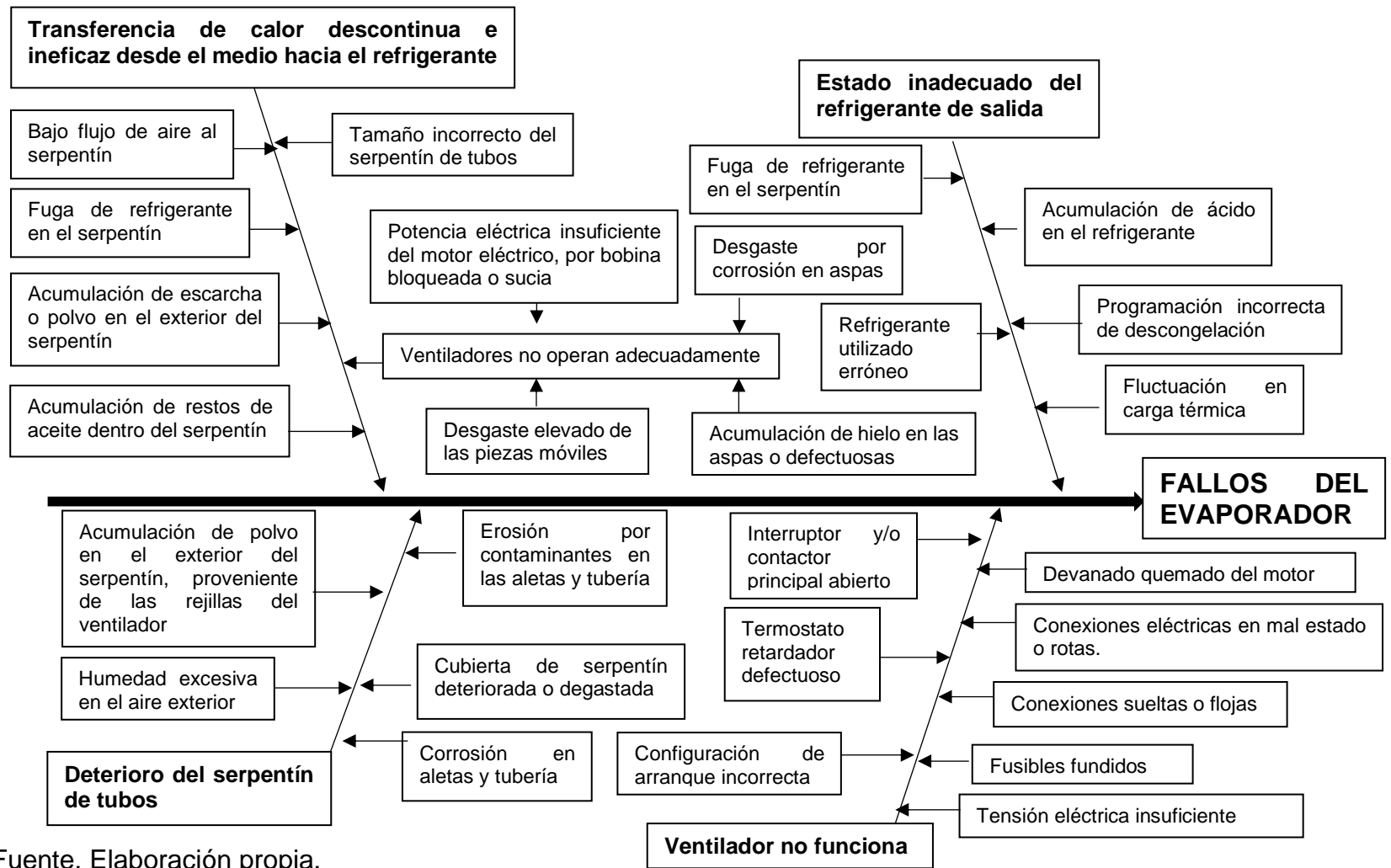
El paso a seguir luego de determinar y conocer tanto los fallos funcionales como los fallos técnicos de los componentes del sistema de refrigeración, se sigue con la determinación de las causas que hacen que ocurran estos fallos en los componentes; estas causas son los modos de falla. Para identificar estas causas o modos de falla, se realizará el diagrama de espina de pescado o Ishikawa, los cuales se desarrollarán por componente, donde sus ramificaciones o espinas principales van cada una de sus fallas tanto funcionales como técnicas, y en cada espina menor van los modos de falla o causas de cada falla funcional y técnica. Los diagramas de espina de pescado donde muestran las causas de los fallos funcionales y técnicos de cada componente del sistema de refrigeración por compresión de vapor manejado e instalado por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. se muestran en las figuras 30, 31, 32, 33, 34 y 35.

Figura 30. Diagrama Ishikawa del compresor.



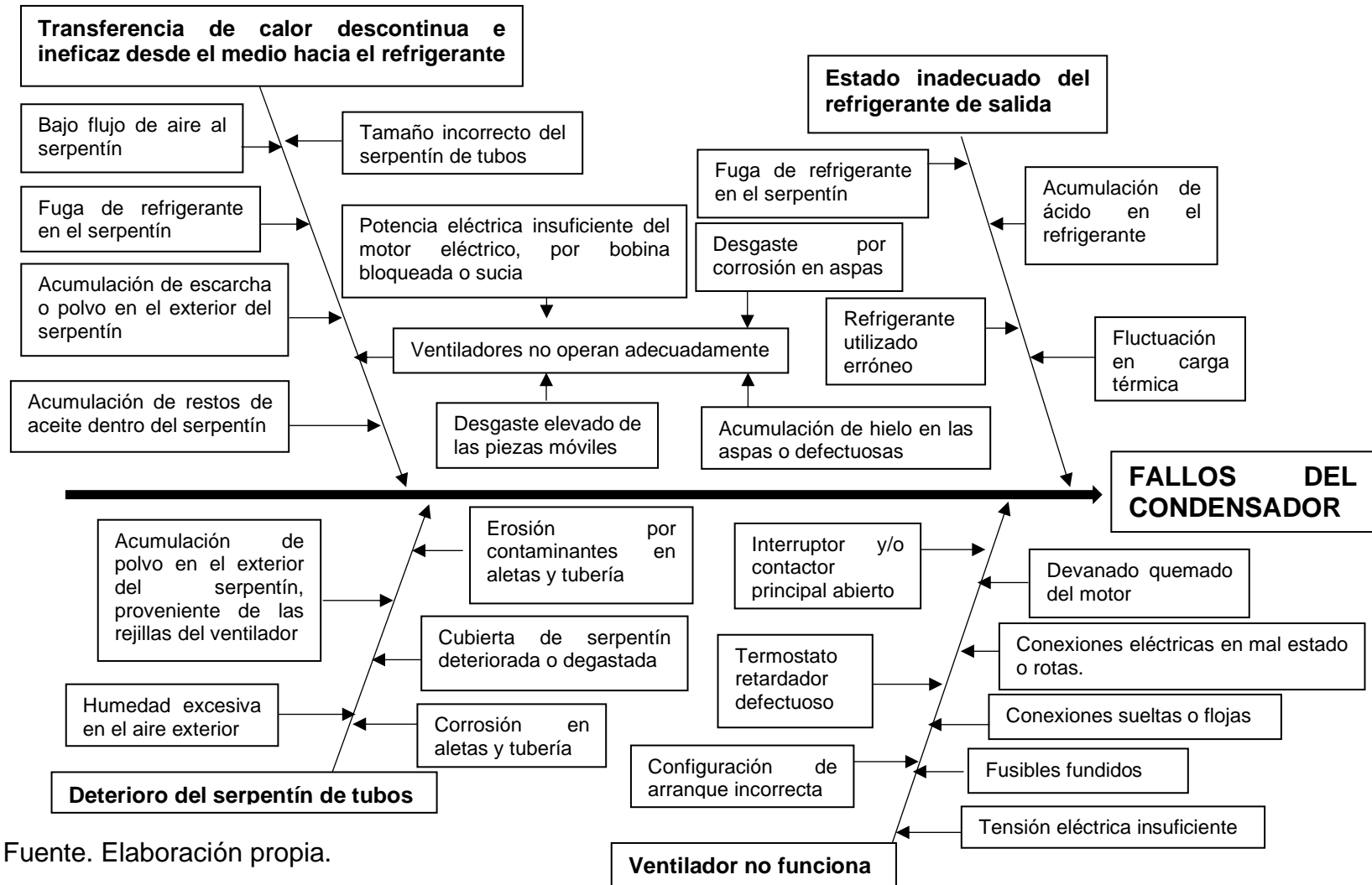
Fuente. Elaboración propia.

Figura 31. Diagrama Ishikawa del evaporador.



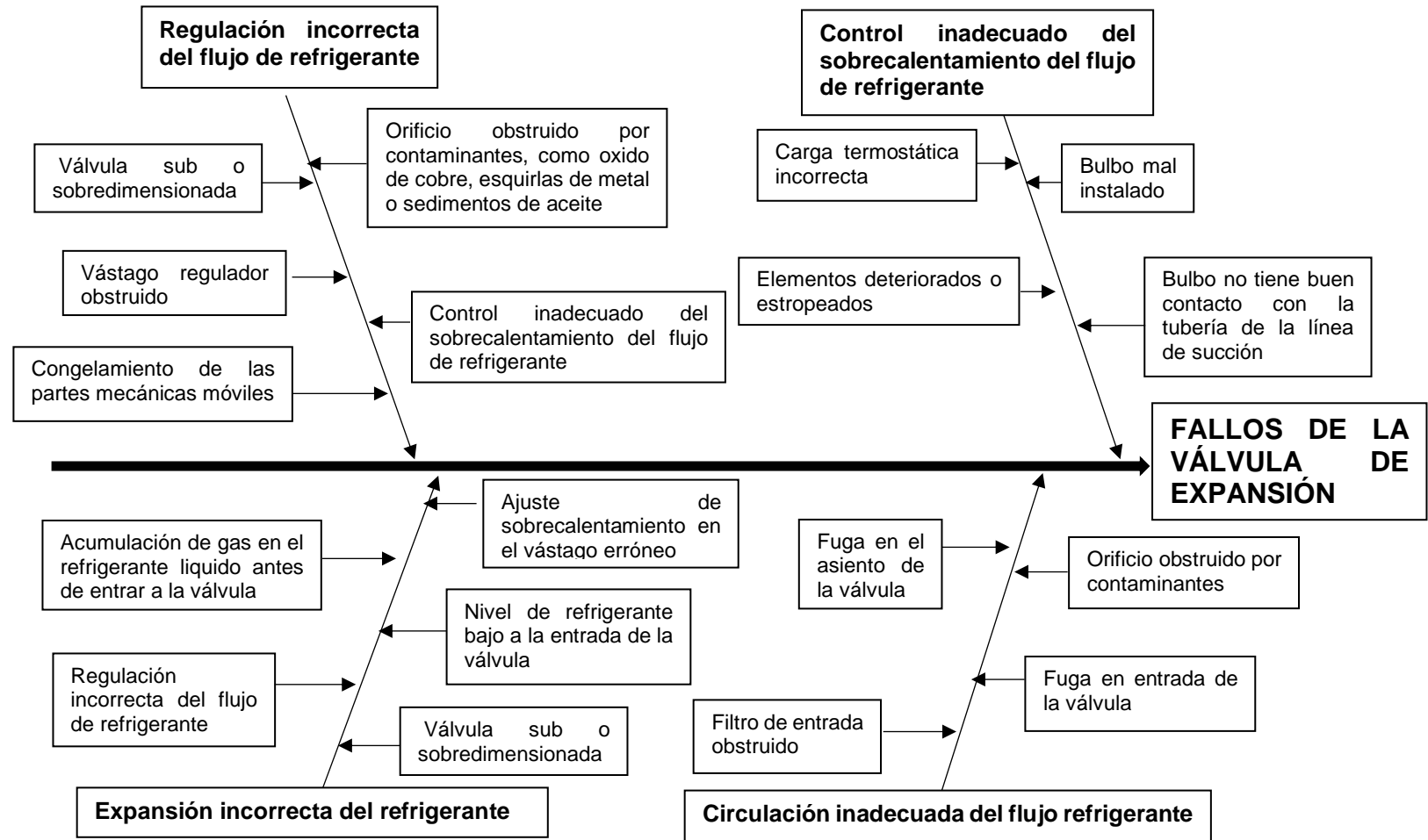
Fuente. Elaboración propia.

Figura 32. Diagrama Ishikawa del condensador.



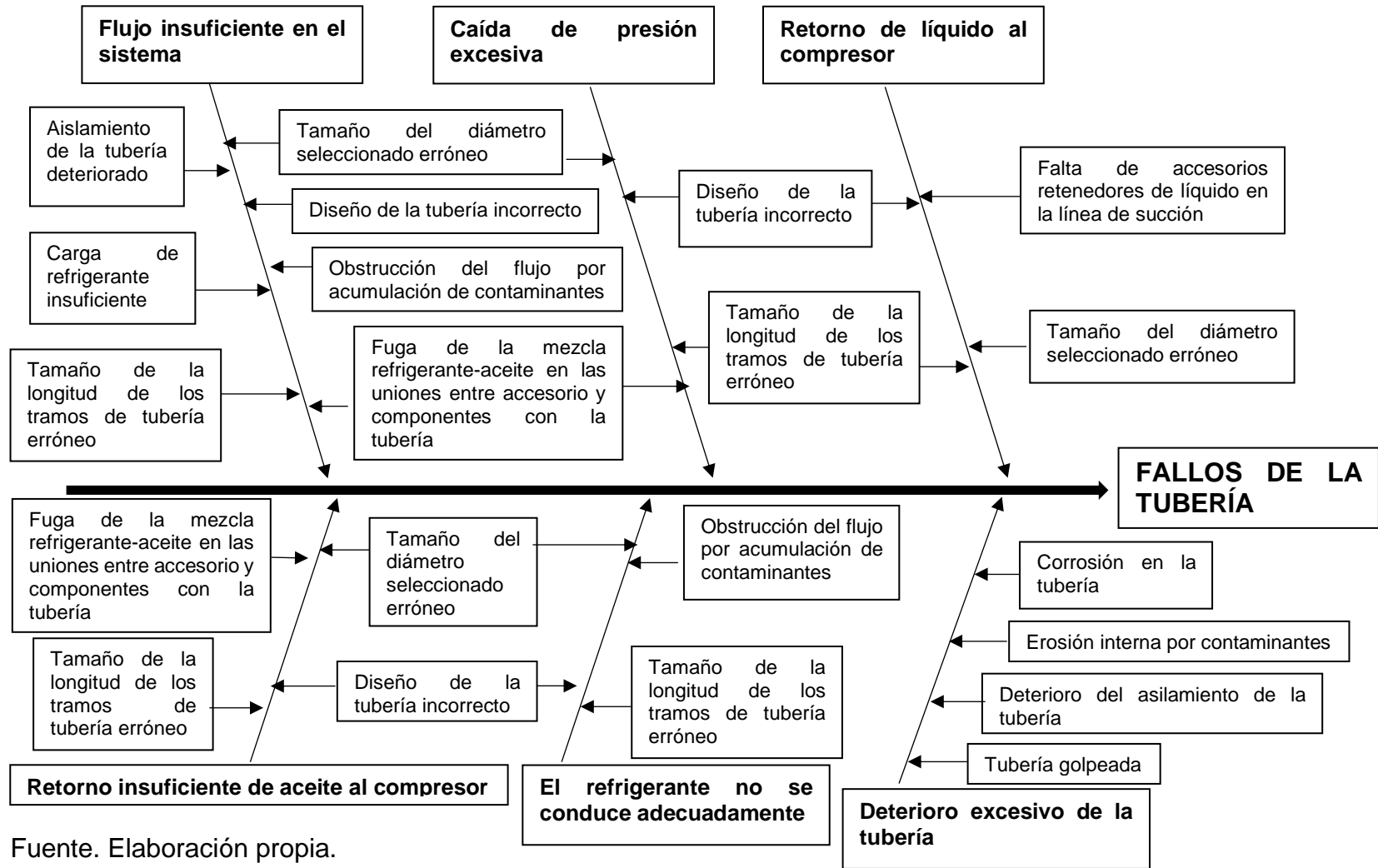
Fuente. Elaboración propia.

Figura 33. Diagrama Ishikawa de la válvula de expansión.



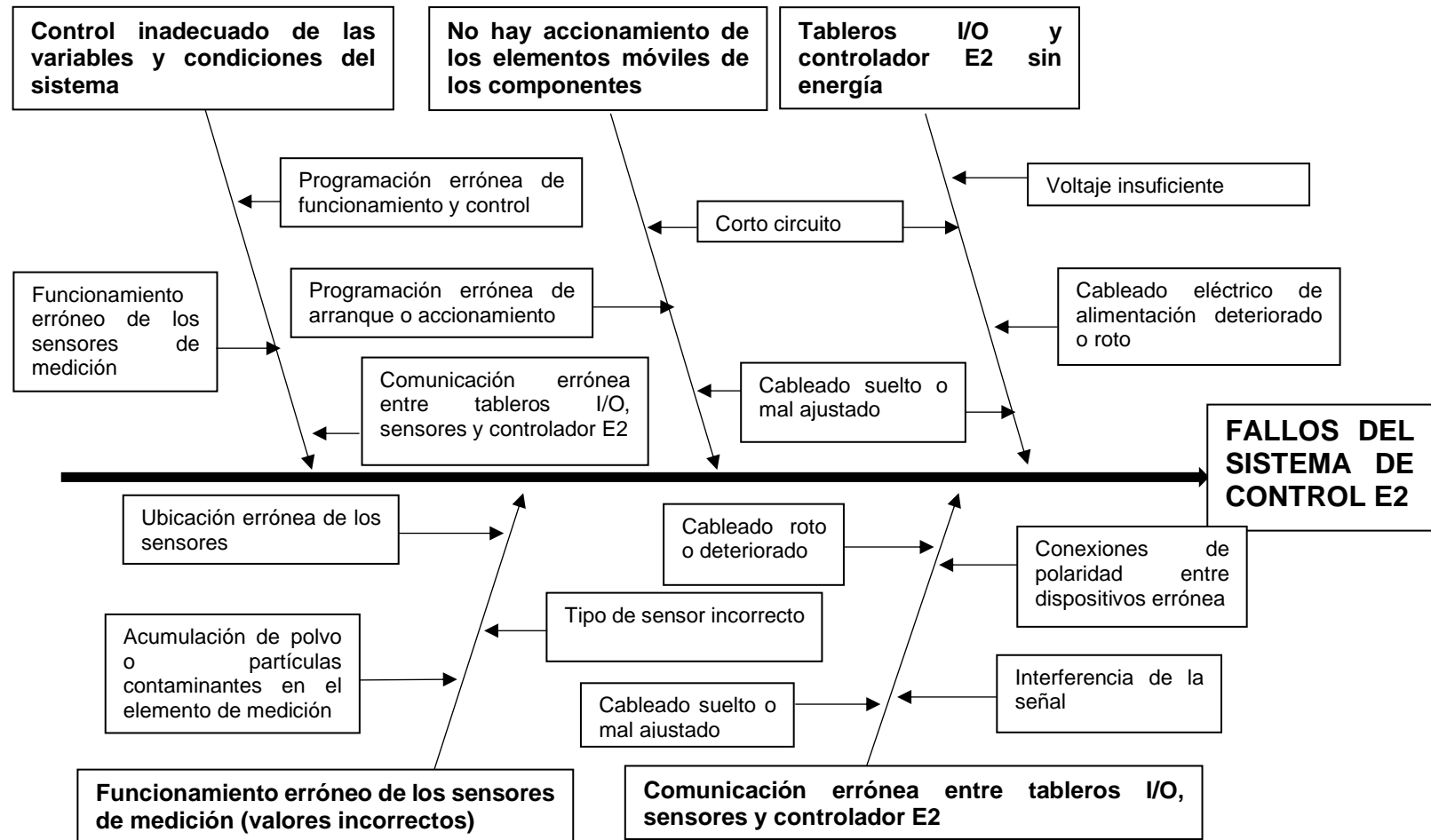
Fuente. Elaboración propia.

Figura 34. Diagrama Ishikawa de la tubería.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 35. Diagrama Ishikawa del sistema de control E2.



Fuente. Elaboración propia.

4.7 CONSECUENCIAS DE LOS MODOS DE FALLA Y SU CLASIFICACIÓN

El siguiente paso luego de determinar los modos de falla de cada falla funcional y técnica, es determinar las consecuencias o efectos que produce cada modo de falla y posteriormente clasificarlas según su importancia. Este paso es muy importante para determinar adecuadamente a que falla independientemente si es funcional o técnica, es necesaria una tarea preventiva. Para la clasificación de las consecuencias se realizará una matriz de evaluación la cual evaluará la afectación que tiene cada efecto y/o consecuencia, producida por la ocurrencia de cada modo de fallo y por ende cada falla funcional o técnica, en cuatro aspectos, los cuales son: Riesgo en la seguridad para las personas (trabajadores y clientes), consecuencias al medio ambiente, consecuencias operacionales o riesgo en la producción (calidad en la refrigeración del producto, costos operacionales, funcionamiento del sistema) y por ultimo consecuencias no-operacionales o costos directos en la reparación de la falla⁶⁶. Esta evaluación tendrá en cuenta tanto la afectación que se genera por cada componente en particular como la afectación que tiene en el sistema de refrigeración en general.

La calificación para evaluar cada consecuencia o efecto en estos cuatro aspectos es de muy grave, grave y leve; esta calificación se explicará en los cuadros 42, 43, 44 y 45, para cada aspecto.

Cuadro 42. Calificación consecuencias a la seguridad de las personas.

Calificación	
Muy grave	Incapacidades prolongadas por lesiones de gravedad, problemas crónicos, pérdida de extremidades o incluso muerte
Grave	Incapacidad de corto plazo o lesiones leves
Leve	Riesgo insignificante

Fuente. Elaboración propia, con base en GARCIA GARRIDO, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM. En: Ingeniería del mantenimiento: Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento. España. Renovetec, 2009. 181. 89788461656172

⁶⁶ MOUBRAY, John. Reliability-centered maintenance. New York: Industrial Press. 1997. Cap 5. p. 97.

Cuadro 43. Calificación consecuencias hacia el medio ambiente.

Calificación	
Muy grave	Violación de normas ambientales, daños irreversibles o con alto costo de reparación
Grave	Daños ambientales reversibles o de bajo costo de reparación
Leve	Daño insignificante en el medio ambiente

Fuente. Elaboración propia, con base en GARCIA GARRIDO, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM. En: Ingeniería del mantenimiento: Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento. España. Renovetec, 2009. 182. 89788461656172

Cuadro 44. Calificación consecuencias operacionales o en la producción.

Calificación	
Muy grave	Paro de producción por más de 48 horas
Grave	Paro de producción entre 24 y 48 horas
Leve	Paro de producción por menos de 24 horas

Fuente. Elaboración propia, con base en GARCIA GARRIDO, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM. En: Ingeniería del mantenimiento: Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento. España. Renovetec, 2009. 183. 89788461656172

Cuadro 45. Calificación consecuencias no-operacionales.

Calificación	
Muy grave	Costo de reparación mayor a 3.000.000
Grave	Costo de reparación entre 1.000.000 y 3.000.000
Leve	Costo de reparación menor de 1.000.000

Fuente. Elaboración propia, con base en GARCIA GARRIDO, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM. En: Ingeniería del mantenimiento: Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento. España. Renovetec, 2009. 183. 89788461656172

Cuadro 46. Matriz de evaluación del compresor.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
Compresor	Problemas respiratorios por Inhalación de gas refrigerante	Contaminación al medio ambiente por fuga de gas refrigerante	Compresor no funciona	Desgaste excesivo partes mecánicas móviles	Muy grave
	Quemadura por fuga de gas caliente	Incendios por cortocircuito	El sistema de refrigeración no funciona	Rotura de piezas mecánicas por golpe de liquido	
	Mal olor por perdida de producto	Explosión por sobrepresión	Rotura de piezas mecánicas por golpe de liquido	Compresor no funciona	
	Explosión por sobrepresión		Perdida de producto por falta de refrigeración	Quemadura del motor eléctrico	
			Quemadura del motor eléctrico		Grave
			No hay condensación adecuada en el condensador por condiciones incorrectas de temperatura y presión de salida del refrigerante	Desgaste de la bomba de aceite	
			Obstrucción de flujo del refrigerante a través del compresor por acumulación de material particulado	Descomposición del aceite lubricante por temperatura altas de descarga	

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 47. Continuación matriz de evaluación del compresor.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
Compresor			Descomposición del aceite lubricante por temperatura altas de descarga	Sobrecalentamiento del compresor	Grave
			Aumento consumo de energía		
		Incremento niveles de ruido			Leve

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 48. Matriz de evaluación del evaporador.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
Evaporador	Mal olor por pérdida de producto	Ingreso de suciedad a los productos alimenticios	Perdida de producto por falta de refrigeración	Retorno de líquido al compresor por refrigerante líquido en la salida del evaporador	Muy Grave
	Caída por acumulación de refrigerante en el piso por fuga	Contaminación al medio ambiente por fuga de gas refrigerante	No hay transferencia de calor por acumulación excesiva de polvo o escarcha	Acortamiento vida útil de compresor	

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 49. Continuación matriz de evaluación del evaporador.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
Evaporador	Problemas respiratorios por Inhalación de gas refrigerante	Incendios por corto-circuito	Retorno de líquido al compresor por refrigerante líquido en la salida del evaporador	No hay transferencia de calor por acumulación excesiva de polvo o escarcha	Muy Grave
			Acortamiento vida útil de compresor		
			Sobrecalentamiento excesivo a la salida del gas refrigerante		
			Motor del ventilador quemado	Desgaste excesivo del serpentín de tubos	Grave
			Descomposición del aceite lubricante por temperatura altas de descarga	Descomposición del aceite lubricante por temperatura altas de descarga	
			Ventilador no funciona	Ventilador no funciona	
			Desgaste excesivo del serpentín de tubos	Motor del ventilador quemado	
			Aumento consumo de energía en el compresor y ventilador		
		Temperatura del medio elevada por transferencia de calor ineficaz			

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 50. Matriz de evaluación del condensador.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
Condensador	Mal olor por pérdida de producto	Contaminación al medio ambiente por fuga de gas refrigerante	Perdida de producto por falta de refrigeración	Retorno de gas a la VET por refrigerante gaseoso en la salida del condensador	Muy Grave
	Caída por acumulación de refrigerante en el piso por fuga	Incendios por corto-circuito	No hay transferencia de calor por acumulación excesiva de polvo o escarcha	Acortamiento vida útil de compresor	
	Problemas respiratorios por Inhalación de gas refrigerante		Retorno de gas a la VET por refrigerante gaseoso en la salida del condensador	No hay transferencia de calor por acumulación excesiva de polvo o escarcha	
			Acortamiento vida útil de compresor		
			Sobrecalentamiento excesivo a la salida del gas refrigerante		
			Ventilador no funciona	Desgaste excesivo del serpentín de tubos	Grave
			Disminución del efecto de refrigeración por elevadas presiones de condensación	Motor del ventilador quemado	

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 51. Continuación matriz de evaluación del condensador.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
Condensador			No hay subenfriamiento suficiente del refrigerante por altas temperatura de salida	Ventilador no funciona	Grave
			Motor del ventilador quemado		
			Desgaste excesivo del serpentín de tubos		
			Aumento consumo de energía en el compresor		
			Descomposición del aceite lubricante por temperatura altas de descarga		
			Temperatura del medio elevada por transferencia de calor ineficaz		

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 52. Matriz de evaluación de la válvula de expansión.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
VET	Mal olor por pérdida de producto	Contaminación al medio ambiente por fuga de gas refrigerante	Perdida de producto por falta de refrigeración	Retorno de líquido al compresor	Muy Grave
	Caída por acumulación de refrigerante en el piso por fuga		No hay regulación en caso de cambio de carga térmica	Acortamiento vida útil de compresor	
	Problemas respiratorios por Inhalación de gas refrigerante		No hay movimiento de la aguja para regular el flujo		
			Acortamiento de la vida útil de compresor		
			Sobrecalentamiento alto		
			Retorno de líquido al compresor		
			Disminución del efecto de refrigeración		
			Expansión incorrecta del refrigerante		

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 53. Continuación matriz de evaluación de la válvula de expansión.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
VET			Descomposición del aceite lubricante por temperatura altas de descarga	Descomposición del aceite lubricante por temperatura altas de descarga	Grave
			Evaporador y VET escarchados	Evaporador y VET escarchados	
			Aumento consumo de energía en el compresor	Daño en la medición del subsistema de control	
			Sobrecalentamiento mal controlado		
			Insuficiente refrigerante al evaporador		
			Daño en la medición del subsistema de control		

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 54. Matriz de evaluación de la tubería.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
Tubería	Caída por acumulación de refrigerante en el piso por fuga	Contaminación al medio ambiente por fuga de gas refrigerante	Perdida de producto por falta de refrigeración	Retorno de líquido al compresor	Muy Grave
	Mal olor por pérdida de producto	Explosión por sobrepresión en la tubería	Retorno de líquido al compresor	Acortamiento vida útil de compresor	
	Explosión por sobrepresión en la tubería		Retorno de gas de vaporización en la línea de liquido	El sistema de refrigeración no funciona	
	Problemas respiratorios por Inhalación de gas refrigerante		Acortamiento vida útil de compresor	Fuga por deterioro de la tubería	
			El sistema de refrigeración no funciona		
			Fuga por deterioro de la tubería		
			Disminución del efecto de refrigeración por altas caídas de presión	Disminución del efecto de refrigeración por altas caídas de presión	Grave
			Desgaste excesivo de la tubería	Desgaste excesivo de la tubería	

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 55. Continuación matriz de evaluación de la tubería.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
Tubería			Alteración al funcionamiento del sistema por falta de aislamiento	Alteración al funcionamiento del sistema por falta de aislamiento	Grave
			Aumento consumo de energía		

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 56. Matriz de evaluación del sistema de control E2.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
Sistema E2			Perdida de producto por falta de refrigeración	Daño de componentes por la llegada de señales inadecuadas	Muy Grave
			No arranca el sistema de refrigeración	No arranca el sistema de refrigeración	
			No hay accionamiento de los elementos móviles de los componentes		
			Disminución del efecto de refrigeración		

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 57. Continuación matriz de evaluación del sistema de control E2.

	Consecuencias seguridad a las personas	Consecuencias medioambientales	Consecuencias en la producción	Consecuencias en costos de reparación	Calificación
Sistema E2			No hay control del funcionamiento del sistema de refrigeración		Muy Grave
			Lectura incorrecta de mediciones	Desgaste excesivo de los componentes	Grave
			Funcionamiento incorrecto de los componentes	Control inadecuado de las variables y condiciones del sistema	
			Daño de componentes por la llegada de señales inadecuadas		
			No hay comunicación entre componentes del sistema E2		
			Control inadecuado de las variables y condiciones del sistema		
			Aumento consumo de energía		

Fuente. Elaboración propia.

En el análisis de criticidad presentado en el capítulo 2 de este documento, se evidencio que el sistema de refrigeración cuenta con 6 componentes críticos, y que la falta de cualquiera de estos, el sistema de refrigeración entraría en un paro total o no funcionaría adecuadamente. Los resultados mostrados en las matrices de evaluación de los efectos producidos por los modos de fallo de los fallos de cada componente comprueban por qué estos componentes son críticos dentro del sistema de refrigeración; además, se llega a la misma conclusión de que el compresor y el evaporador son los componentes que tienen más afectación al sistema de refrigeración. De esta manera, teniendo en cuenta lo explicado anteriormente cada falla y/o modo de falla debe tener una tarea preventiva, ya que las consecuencias clasificadas como muy graves o graves que son todas, se deben prevenir, y las que resultaron leves se establecerán tareas que amortigüen la afectación del efecto del modo de falla y/o fallo.

4.8 TAREAS PREVENTIVAS

4.8.1 Tareas o procedimientos preventivos: El paso final para culminar el plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para el sistema de refrigeración por compresión de vapor, es realizar y establecer las tareas preventivas que logren evitar o amortiguar los efectos y/o consecuencias producidas por los modos de falla de los fallos presentados anteriormente. De esta manera, se tendrá en cuenta los diagramas de Ishikawa para conocer cuáles son las causas que hacen que ocurra la falla y así poder establecer tareas de mantenimiento preventivas adecuadas para cada fallo de cada componente; además, para la realización de las tareas preventivas para el sistema de refrigeración se tendrá en cuenta los resultados de los análisis de criticidad, los cuales establecieron que son 6 los componentes del sistema que pueden llegar a parar o detener el sistema de refrigeración, por lo tanto, son a los cuales se les va a realizar tareas de mantenimiento ya sean preventivas o no, con el fin de evitar o amortiguar el efecto de los modos de falla de cada falla, además, se estableció el orden con el cual se debe realizar las tareas preventivas como se mostró en el cuadro número 13, donde el primero a realizar la tareas preventivas es el compresor, seguido del evaporador, condensador, tubería, válvula de expansión y finalmente el sistema de control E2.

Para determinar si se previenen o no, los efectos que pueden producir las fallas y/o modos de falla, se tendrá en cuenta los resultados de las consecuencias producidas por estos, evidenciados en los cuadros de matrices de evaluación anteriormente mostrados, los cuales mostraron al igual que el análisis de criticidad que los 6 componentes críticos del sistema de refrigeración ocasionan un paro de producción de sistema en caso de fallo, de esta manera se deben evitar y/o prevenir estos fallos, y que además los componentes que abarcan mayores consecuencias en los otros aspectos especialmente en costos de reparación y seguridad son el evaporador y el compresor, que en el análisis de criticidad son los componentes más críticos por aspectos de costos de mantenimiento y seguridad. De esta manera se comprueba

que el análisis de criticidad se realizó adecuadamente. Además, de tener en cuenta el análisis de criticidad, los diagramas de Ishikawa y el análisis y evaluación de las consecuencias para establecer, realizar y desarrollar las tareas preventivas, se tendrá en cuenta la información adquirida en los manuales de cada componente.

Las tareas preventivas que se llevaran a cabo son: inspecciones visuales, verificaciones condicionales y sistemáticas, limpiezas condicionales y sistemáticas, ajustes condicionales y sistemáticos, validaciones o comprobaciones, grandes revisiones, reemplazos, revisiones, lubricación, realización de pruebas y especialmente mediciones de variables. Estas tareas se realizarán con diferentes frecuencias; por lo tanto, se clasificarán en tareas mensuales, bimensuales, trimestrales, semestrales y anuales, ya que es una industria en la cual las intervenciones deben ser pocas y eficientes; además, la persona encargada de realizar estas tareas debe tener el conocimiento y la preparación suficiente para poder llevar a cabo cada una de estas, ya que debe tener el conocimiento de los procedimientos para su realización, si no es así, debe dirigirse al manual de fabricante del componente, y si allí no encuentra el procedimiento a realizar, debe solicitar de asesoría técnica especializada.

El procedimiento preventivo a realizar para el sistema de refrigeración, se dividió en 6 procedimientos preventivos, ya que son 6 los componentes críticos a los cuales se realizará mantenimiento preventivo, de esta manera, en los siguientes cuadros se mostrarán las tareas de los procedimientos preventivos que se deben seguir, además, se mostrará la frecuencia con la que se deben realizar estas tareas, esta frecuencia se estableció con la ayuda del conocimiento técnico de personal de la empresa.

Cuadro 58. Procedimiento preventivo del compresor.

No.	Tareas preventivas compresor	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
1	Limpiar el polvo y suciedad externamente	X				
2	Verificar mediante inspección visual y corregir fugas de refrigerante y aceite en la entrada y salida del compresor	X				
3	Inspeccionar el estado del cableado de conexión y alimentación	X				
4	Verificar funcionamiento del compresor en automático		X			
5	Verificar y ajustar las conexiones de los sensores de medición	X				
6	Verificar el nivel de aceite en el Carter	X				
7	Medir voltaje y corriente en la bornera del compresor	X				
8	Medir voltaje y corriente del breaker	X				
9	Medir voltaje y corriente del contactor	X				
10	Realizar prueba de acidez al aceite			X		
11	Medir temperatura y presión de succión	X				
12	Medir temperatura y presión de descarga	X				

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 59. Continuación procedimiento preventivo del compresor.

No.	Tareas preventivas compresor	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
13	Medir temperatura del Carter	X				
14	Ajustar terminales de la bornera del compresor	X				
15	Ajustar terminales del breaker	X				
16	Ajustar terminales del contactor	X				
17	Limpiar, ajustar y lubricar los contactos de los elementos eléctricos			X		
18	Lijar contactos del contactor			X		
19	Verificar estado de aislamiento bobina	X				
20	Verificar estado de NO-NC del contactor y breaker	X				
21	Verificar estado de bobina del motor eléctrico	X				
22	Verificar el estado eléctrico del motor eléctrico				X	
23	Cambio de aceite del Carter					X
24	Verificar estado del desgaste del sistema mecánico					X

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 60. Procedimiento preventivo del evaporador.

No.	Tareas preventivas evaporador	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
1	Medir corriente y voltaje del motor, breaker y contactor	X				
2	Medir presión de la tubería de succión	X				
3	Medir temperatura de la tubería de succión	X				
4	Medir temperatura de salida del aire del evaporador	X				
5	Medir temperatura de entrada del aire al evaporador	X				
6	Limpiar o lavar serpentín	X				
7	Limpiar o lavar ventilador	X				
8	Limpiar motor del ventilador	X				
9	Limpiar portaventilador y rejilla	X				
10	Lubricar cojinetes, bujes y eje del motor	X				
11	Verificar y corregir emisión de refrigerante	X				
12	Verificar y corregir fuga de aceite	X				
13	Verificar los intervalos de descongelamiento del serpentín	X				
14	Verificar giro del motor	X				
15	Verificar estado del ventilador, cubierta y las aspas	X				
16	Verificar estado del serpentín y aletas	X				
17	Verificar y eliminar incrustaciones del serpentín				X	

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 61. Continuación procedimiento preventivo del evaporador.

No.	Tareas preventivas evaporador	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
18	Verificar funcionamiento del ventilador	X				
19	Verificar estado de la bobina del motor	X				
20	Verificar el estado de NO-NC del contactor y breaker	X				
21	Verificar y corregir el aislamiento de las bobinas	X				
22	Verificar y corregir la corrosión en el serpentín, aspas del ventilador, motor y portaventilador				X	
23	Verificar la operación del motor en automático		X			
24	Realizar intervalos de descongelación	X				
25	Limpiar el interior del serpentín con nitrógeno para eliminar impurezas					X
26	Lavar y desobstruir drenaje	X				
27	Peinar aletas del serpentín	X				
28	Eliminar ruido del motor	X				
29	Eliminar vibración de las aspas	X				
30	Limpiar, ajustar y lubricar los contactos de los elementos eléctricos			X		
31	Lijar contactos del contactor			X		
32	Ajustar tornillos del portaventilador y tapa	X				
33	Ajustar terminales eléctricos (contactor, breaker, motor, bornera)	X				
34	Inspeccionar el estado del cableado de conexión y alimentación	X				

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 62. Procedimiento preventivo del condensador.

No.	Tareas preventivas condensador	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
1	Medir corriente y voltaje del motor, breaker y contactor	X				
2	Medir temperatura de salida del aire del condensador	X				
3	Medir temperatura de entrada del aire al condensador	X				
4	Medir temperatura y presión de descarga	X				
5	Medir temperatura y presión de la línea de líquido	X				
6	Limpiar o lavar serpentín	X				
7	Limpiar o lavar ventilador	X				
8	Limpiar motor del ventilador	X				
9	Limpiar portaventilador y rejilla	X				
10	Lubricar cojinetes, bujes y eje del motor	X				
11	Verificar y corregir emisión de refrigerante	X				
12	Verificar y corregir fuga de aceite	X				
13	Verificar giro del motor	X				
14	Verificar estado del ventilador, cubierta y aspas	X				
15	Verificar estado del serpentín y aletas	X				
16	Verificar funcionamiento del ventilador	X				
17	Verificar estado de la bobina	X				

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 63. Continuación procedimiento preventivo del condensador.

No.	Tareas preventivas condensador	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
18	Verificar el estado de NO-NC del contactor y breaker	X				
19	Verificar y corregir el aislamiento de las bobinas	X				
20	Verificar y corregir la corrosión en el serpentín, aspas del ventilador, motor y portaventilador				X	
21	Verificar la operación del motor en automático		X			
22	Peinar aletas del serpentín	X				
23	Eliminar ruido del motor	X				
24	Eliminar vibración de las aspas	X				
25	Limpiar, ajustar y lubricar los contactos de los elementos eléctricos			X		
26	Lijar contactos del contactor			X		
27	Ajustar tornillos del portaventilador y tapa	X				
28	Ajustar terminales eléctricos (contactor, breaker, motor, bornera)	X				
29	Inspeccionar el estado del cableado de conexión y alimentación	X				
30	Verificar y eliminar incrustaciones del serpentín				X	
31	Limpiar el interior del serpentín con líquido para eliminar impurezas					X

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 64. Procedimiento preventivo de la válvula de expansión.

No.	Tareas preventivas VET	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
1	Verificar el estado del aislamiento del bulbo	X				
2	Ajustar la posición y contacto del bulbo en la tubería	X				
3	Verificar el funcionamiento del vástago regulador	X				
4	Medir temperatura y presión de la línea de líquido	X				
5	Inspeccionar visualmente y corregir fugas de refrigerante/aceite en la entrada y salida de la VET	X				
6	Verificar y corregir obstrucción en el interior de la VET por material particulado	X				
7	Limpiar externamente la VET de polvo y escarcha	X				
8	Verificar estado del tubo capilar y bulbo	X				
9	Verificar el cierre total de la VET	X				
10	Verificar y ajustar el sobrecalentamiento	X				
11	Verificar el subsistema mecánico libre de hielo	X				
12	Verificar y corregir fuga de la carga termostática en las conexiones del tubo capilar	X				
13	Medir temperatura y presión de succión	X				

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 65. Procedimiento preventivo de la tubería.

No.	Tareas preventivas Tubería	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
1	Verificar y corregir fugas en las juntas con los accesorios y componentes	X				
2	Eliminar ruidos y vibraciones	X				
3	Inspección visual del estado general de la tubería (golpes y pintura)	X				
4	Ajustar y sujetar soportes y fijadores	X				
5	Verificar y corregir condensación de agua por humedad	X				
6	Balanceo del sistema				X	
7	Reponer aislamiento de la tubería	X				
8	Verificar el estado del aislamiento de la tubería	X				
9	Verificar y corregir corrosión en la tubería			X		
10	Limpiar externamente la tubería de suciedad y escarcha	X				
11	Limpiar internamente la tubería con liquido removedor de impurezas					X
12	Verificar y corregir obstrucción por contaminantes	X				
13	Medir presiones en la entrada y salida de cada componente	X				

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 66. Procedimiento preventivo del sistema de control E2.

No.	Tareas preventivas sistema de control E2	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
1	Limpiar polvo y suciedad tablero y controlador y sensores	X				
2	Verificar funcionamiento del control de presión y temperatura de baja y alta, control de presión del aceite y nivel de aceite, VDF		X			
3	Verificar funcionamiento de tarjetas y software	X				
4	Verificar funcionamiento de la red de comunicación online	X				
5	Verificar funcionamiento alarmas de componentes, controlador y motores	X				
6	Verificar estado del cableado eléctrico	X				
7	Verificar programación de arranque de los motores eléctricos		X			
8	Medir corriente y voltaje de fase-fase, fase-tierra, tierra-neutra	X				
9	Verificar el estado de NO-NC del contactor y breaker	X				
10	Ajustar y calibrar elementos y sensores tales como: sondas de temperatura de entrada y salida del aire en el evaporador y condensador, sonda de temperatura de succión y descarga, trasmisores de presión de succión y descarga,		X			

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 67. Continuación procedimiento preventivo del sistema de control E2.

No.	Tareas preventivas sistema de control E2	MENSUAL	BIMENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
11	Ajustar terminales o bornes eléctricos de circuitos, breaker, contactores, fusibles, barrajes	X				
12	Ajustar parámetros del controlador	X				
13	Actualizar y marcar datos del tablero				X	
14	Lijar contactos del contactor			X		
15	Reparación/cambio de contactores, contactos de contactores, breaker, barrajes				X	
16	Medir voltaje y corriente entre tableros I/O con el controlador E2 y sensores	X				
17	Medir corriente y voltaje de alimentación	X				
18	Control de corrosión				X	

Fuente. Elaboración propia.

Para documentar las tareas preventivas anteriormente mencionadas para cada componente, se diseñaron formatos en los cuales se evidencia cada una de las tareas a realizar con su debida frecuencia, esto para llevar un control anual de realización de estas tareas. Estos formatos se muestran en el **anexo D**.

4.8.2 Procedimiento para fallas de los componentes: En esta sección se desarrollarán los procedimientos a seguir, para intervenir las fallas funcionales y técnicas, que se lleguen a presentar en los componentes del sistema de refrigeración sea de media o de baja temperatura. Estos procedimientos se diseñaron con el fin de dar solución a la falla a partir de sus modos de falla, siempre y cuando sean detectadas, ya que, si llegase a presentar algún otro tipo de falla distinto, lo más recomendable es dirigirse al fabricante o solicitar especialización técnica. Cabe mencionar que estos procedimientos al igual que las tareas preventivas deben ser desarrollados por personal técnico especializado que tenga el conocimiento y la preparación suficiente para llevar a cabo cada uno de estos procedimientos, si no cuenta con el conocimiento, debe solicitar de asesoría técnica especializada.

En los siguientes cuadros se muestra los procedimientos para la intervención a cada uno de las fallas de cada componente.

Cuadro 68. Procedimiento de intervención a fallas del compresor.

COMPRESOR	
Compresión del refrigerante inadecuada.	<p>Revisar si el refrigerante utilizado es el seleccionado para el sistema de refrigeración. Si es el seleccionado revise que no tenga impurezas, si se detecta el estado inadecuado del refrigerante cámbielo por uno nuevo. Revisar por medio del visor de la línea de líquido, el nivel adecuado de refrigerante en el sistema, si no es el adecuado agregue refrigerante.</p> <p>Verificar estado de piezas móviles y plato de válvulas, en caso de presentar desgaste o fugas, proceder a realizar la reparación del subsistema mecánico o cambio de piezas. Si la causa es por migración de refrigerante líquido instalar una válvula check en la línea de descarga, o un acumulador de líquido en la línea de succión, o ajustar la válvula de expansión a un sobrecalentamiento adecuado.</p>
Lubricación insuficiente en las partes móviles.	<p>Desmontar el compresor para intervención o para cambio.</p> <p>Revisar por medio de la mirilla de vidrio el nivel adecuado de aceite, si no es el correcto agregue, o verifique que en el serpentín del evaporador no esté estacando aceite congelado. De igual forma verificar que el aceite utilizado sea el correcto con relación al refrigerante utilizado. De lo contrario reemplace el aceite.</p> <p>Revisar la existencia de fugas en la línea de aceite o en la tubería interna de lubricación de piezas móviles, si es así realizar una prueba de fuga, para la identificación de la localización de fugas y pasar a corregirla.</p> <p>Verificar el funcionamiento correcto de la bomba de aceite, si no es así revisar el estado de la bomba de aceite o reemplazarla. Verificar el estado del aceite, esto para la identificación de una probable existencia de dilución de aceite o efecto de espuma en el compresor. Si es así verificar el correcto funcionamiento de la resistencia, si este presenta alguna anomalía reemplazarla o cambiar el aceite.</p>
Compresor no arranca.	<p>Revisar el estado del interruptor principal, si está abierto cerrarlo.</p> <p>Revisar que el amperaje o tensión eléctrica sea la suficiente para el arranque del motor. Si este no es el requerido verificar el estado de las conexiones eléctricas o la fuente de energía.</p> <p>Revisar el estado de los contactores, bobinas y fusibles, si se encuentran en mal estado cambiarlos y/o repararlos. Si no es así, revisar el voltaje y el estado de las conexiones eléctricas. Verificar que la programación de arranque del compresor en el sistema E2 sea el correcto, modifique la programación en caso de ser necesario. Revisar estado de piezas eléctricas del compresor, si presentan desgaste o alguna otra anomalía subsanar o reparar.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 69. Continuación procedimiento de intervención a fallas del compresor.

COMPRESOR	
Vibración y ruido elevado	<p>Verificar el nivel adecuado de aceite, si no es el adecuado, agregar hasta la cantidad adecuada, si persiste el error revisar la causa, y proceder con los procedimientos de falta de lubricación.</p> <p>Revisar el estado de las piezas móviles y correcta alineación, si presenta desalineación o desgaste en las piezas móviles por esfuerzos elevados ajustarlas o reemplazarlas.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 70. Procedimiento de intervención a fallas del evaporador.

EVAPORADOR	
Transferencia de calor discontinua e ineficaz desde el medio hacia el refrigerante	<p>Revisar la existencia de fugas, si es así, desmonte el serpentín y realice una prueba de fugas para localizar la fuga y corregirla aplicando un sellador adecuado o soldadura.</p> <p>Verificar el estado de limpieza del serpentín, si hay escarcha o suciedad, limpiar o ajustar la programación de deshielo, o si presenta acumulación de aceite en el interior de este, limpiar con liquido removedor de suciedad y aceite anticorrosivo.</p> <p>Revisar el estado y funcionamiento de los ventiladores, estado del motor eléctrico y bobinas del mismo, estado del eje y aspas, si presenta alguna anomalía limpie si es por suciedad o escarcha o si es por quemado de motor cámbielo o reemplazar bobinas en caso de que la falla sea en estas, si se presenta desgaste elevado en aspas, eje o cojinetes del ventilador repárelas o cámbielas. Verificar el flujo de aire que pasa por el serpentín, si este es muy bajo aumentar la velocidad de los ventiladores o verifique el sentido de giro de los ventiladores. Verifique que el tamaño del serpentín sea el adecuado para la necesidad, si es el incorrecto cámbielo. Verificar que la tensión eléctrica sea la suficiente según la necesidad del motor eléctrico, si no es la suficiente, verifique la fuente de alimentación o el estado del cableado.</p>
Estado inadecuado del refrigerante de salida	<p>Revisar si existe fuga en el serpentín, si es así, desmonte el serpentín y realice una prueba de fugas para localizar la fuga y corregirla aplicando un sellador adecuado o soldadura.</p> <p>Revisar si el refrigerante utilizado es el seleccionado para el sistema de refrigeración. Si es el seleccionado revise que no tenga impurezas, si se detecta acido en el refrigerante elimínelo mediante la utilización de filtros o cambie el refrigerante.</p> <p>Revisar la ubicación de la válvula y del bulbo, para la corrección de fluctuaciones y verifique que las válvulas tengan la capacidad adecuada con relación a la carga térmica.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 71. Continuación procedimiento de intervención a fallas del evaporador.

EVAPORADOR	
	<p>Verifique que la programación de deshielo del serpentín este ajustada a los intervalos de tiempo adecuados. Si no es así, verifique el funcionamiento del sistema de deshielo, modifique la programación o llame a la persona especializada de programación.</p>
Deterioro del serpentín de tubos	<p>Inspeccionar la superficie del serpentín, si este se encuentra con acumulación de suciedad, corrosión, escarcha o humedad, lavar el serpentín incluyendo rejillas y ventilador, no utilice detergentes alcalinos, que estos pueden provocar corrosión y causar averías en la contención del refrigerante.</p> <p>Verificar el estado de las aletas del serpentín si están sucias o deterioradas, si están sucias límpielas o si están desgastadas excesivamente cámbielas si es posible o cambie el serpentín.</p> <p>Verificar el estado del serpentín si este se encuentra en un estado deteriorado, reemplazarlo por uno nuevo.</p>
Ventilador no funciona	<p>Reemplazar los fusibles fundidos y revisar el estado del motor, si este se encuentra quemado, reemplazar los elementos afectados o todo el motor.</p> <p>Verificar que la programación de arranque y en general de los ventiladores sea el correcto desde el sistema E2. Si está mal, verifique el funcionamiento del sistema del ventilador, modifique la programación o llame a la persona especializada de programación.</p> <p>Ajustar el termostato retardador si este presenta alguna anomalía o esta defectuoso reemplácelo.</p> <p>Verificar el estado de NO-NC del interruptor y contactor principal, si están en el estado incorrecto, ciérrelos o ábralos según sea la necesidad.</p> <p>Verificar que la tensión eléctrica sea la necesaria para arrancar el motor eléctrico, si no es la suficiente verifique el cableado o la fuente de alimentación, si el cableado está en mal estado o roto cámbielo.</p>

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 72. Procedimiento de intervención a fallas del condensador.

CONDENSADOR	
Transferencia de calor discontinua e ineficaz desde el medio hacia el refrigerante	<p>Revisar la existencia de fugas en el serpentín, si es así, desmonte el serpentín y realice una prueba de fugas para localizar la fuga y corregirla aplicando un sellador adecuado o soldadura. Verificar el estado de limpieza del serpentín, si hay escarcha o suciedad, limpiar superficie con líquido adecuado, o si presenta acumulación de aceite en el interior de este, limpiar con líquido removedor de suciedad y aceite anticorrosivo.</p> <p>Revisar el estado y funcionamiento de los ventiladores, estado del motor eléctrico y bobinas del mismo, estado del eje y aspas, si presenta alguna anomalía limpie, si es por suciedad o escarcha o si es por quemado de motor cámbielo o reemplazar bobinas en caso de que la falla sea en estas. Si se presenta desgaste elevado en aspas, eje o cojinetes del ventilador repárelas o cámbielas.</p> <p>Verificar el flujo de aire que pasa por el serpentín, si este es muy bajo aumentar la velocidad de los ventiladores o verifique el sentido de giro de los ventiladores. Verifique que el tamaño del serpentín sea el adecuado para la necesidad, si es el incorrecto cámbielo.</p> <p>Verificar que la tensión eléctrica sea la suficiente según la necesidad del motor eléctrico, si no es la suficiente, verifique la fuente de alimentación o el estado del cableado.</p>
Estado inadecuado del refrigerante de salida	<p>Revisar si existe fuga en el serpentín, si es así, desmonte el serpentín y realice una prueba de fugas para localizar la fuga y corregirla aplicando un sellador adecuado o soldadura.</p> <p>Revisar si el refrigerante utilizado es el seleccionado para el sistema de refrigeración. Si es el seleccionado revise que no tenga impurezas, si se detecta ácido en el refrigerante elimínelo mediante la utilización de filtros, o cambie el refrigerante. Revisar las ubicaciones de la válvula y bulbo de esta, para la corrección de fluctuaciones de carga y verifique que la válvula tenga la capacidad adecuada con relación a la carga térmica. Verificar que el compresor este funcionando dentro de los límites de estándar de funcionamiento, para comprimir el refrigerante lo suficientemente según sea la necesidad (Dirigirse a procedimientos para falla del compresor).</p>
Deterioro del serpentín de tubos	<p>Inspeccionar la superficie del serpentín, si este se encuentra con acumulación de suciedad, corrosión o humedad, limpiar o lavar el serpentín incluyendo rejillas y ventilador, no utilice detergentes alcalinos, que estos pueden provocar corrosión y causar averías en la contención del refrigerante. Verificar el estado de las aletas del serpentín si están sucias o deterioradas, si están sucias límpielas y si están desgastadas excesivamente cámbielas si es posible o cambie el serpentín. Verificar el estado del serpentín si este se encuentra en un estado deteriorado, reemplazarlo por uno nuevo.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 73. Continuación procedimiento de intervención a fallas del condensador.

CONDENSADOR	
Ventilador no funciona	<p>Reemplazar los fusibles fundidos y revisar el estado del motor eléctrico, si este se encuentra quemado, reemplazar los elementos afectados o todo el motor.</p> <p>Verificar que la programación de arranque y en general de los ventiladores sea el correcto desde el sistema E2. Ajustar el termostato retardador si este presenta alguna anomalía y esta defectuoso reemplácelo.</p> <p>Verificar el estado de NO-NC del interruptor y contactor principal, si están en el estado incorrecto, ciérrelos o ábralos según sea la necesidad.</p> <p>Verificar que la tensión eléctrica sea la necesaria para arrancar el motor eléctrico, si no es la suficiente verifique el cableado o la fuente de alimentación, si el cableado esta en mal estado o roto cámbielo.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 74. Procedimiento de intervención a fallas de la válvula de expansión.

VALVULA DE EXPANSION	
Regulación incorrecta del flujo de refrigerante	<p>Verificar la dimensión correcta de la válvula, si esta se encuentra sub dimensionada o sobre dimensionada instale una válvula correctamente dimensionada.</p> <p>Revisar si existe alguna obstrucción en el interior de la válvula, si es así, desarme la válvula y elimine el material extraño que causa dicha obstrucción e instale un filtro-secador para brindar una efectiva filtración al refrigerante.</p> <p>Verificar el estado de limpieza del vástago si esta obstruido por suciedad, límpielo con un líquido adecuado.</p> <p>Verificar y ajustar el sobrecalentamiento, si este está muy alto, gire el vástago de ajuste en sentido contrario a las manecillas del reloj, y si se necesita aumentar, gire el vástago en el sentido de las manecillas del reloj.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 75. Continuación procedimiento de intervención a fallas de la válvula de expansión.

VALVULA DE EXPANSION	
Control inadecuado del sobrecalentamiento del flujo de refrigerante	<p>Verificar el control del sobrecalentamiento si este está muy alto, gire el vástago de ajuste en sentido contrario a las manecillas del reloj, y si se necesita aumentar, gire el vástago en el sentido de las manecillas del reloj. Revisar la instalación del bulbo, si este se encuentra mal instalado, instálelo correctamente teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante. Verificar que el bulbo tenga buen contacto con la tubería de succión.</p> <p>Verificar si la selección de la válvula de expansión es la adecuada con relación a la carga termostática. Remitirse al fabricante. Verificar que no haya fuga o migración de la carga termostática hacia el interior de la válvula, si la hay cambie la válvula. Verifique que no haya fuga en las conexiones del tubo capilar, si hay utilice líquido sellador para corregirla o si es posible aplique soldadura. Verificar el estado del tubo capilar y bulbo, si están deteriorados o estropeados en un grado elevado cambie la válvula.</p>
Expansión incorrecta del refrigerante	<p>Verificar la dimensión correcta de la válvula, si esta se encuentra sub dimensionada o sobre dimensionada instale una válvula correctamente dimensionada y calcule el subenfriamiento requerido, esto para evitar la formación de gas refrigerante en la línea de líquido, o verifique el diseño de tubería de líquido,</p> <p>Verificar el sobrecalentamiento del sistema, si está erróneo ajuste adecuadamente el vástago regulador hasta lograr el sobrecalentamiento adecuado.</p> <p>Verificar el nivel de refrigerante en el indicador de líquido, si está por debajo de lo requerido añada refrigerante, o verifique si hay un silbido en la VET, esto indicará un bajo nivel de refrigerante. Revisar el estado de los elementos móviles de la VET, si alguno se encuentra defectuoso o desgastado reemplazar las piezas si es posible o cambie la VET.</p>
Circulación inadecuada del flujo refrigerante	<p>Revisar si existe alguna obstrucción en el orificio asiento-aguja, si es así, desarme la válvula y elimine el material extraño que causa dicha obstrucción e instale un filtro-secador para brindar una efectiva filtración al refrigerante.</p> <p>Revisar si hay fugas, si es en la línea de líquido, verificar el estado de la tubería y que la conexión con la VET este correctamente sellada, si la fuga es en el asiento de la válvula, desármela, si el asiento esta desgastado, dañado o tiene un juego de partes internas, cambie las partes, si estas no están disponibles, cambie la válvula.</p> <p>Verifique si el filtro de entrada a la válvula no se encuentra obstruido, si es así límpielo.</p>

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 76. Procedimiento de intervención a fallas de la tubería.

TUBERÍA	
Flujo insuficiente en el sistema	Revisar el estado del aislante térmico en la tubería del sistema, si se encuentra deterioro en él, reemplazarlo. De igual forma revisar si existe fugas en las uniones entre la tubería y los accesorios y componentes, si es así, corregir la fuga por soldadura o líquido sellante. Verificar si existen impurezas en el interior de la tubería o en el refrigerante que obstruyan el paso de este, eliminar estas impurezas con líquido removedor de impurezas. Estas actividades deben realizarse en un ambiente de gas inerte, esto para prevenir la formación de óxidos en el interior de la tubería. Revisar la carga de refrigerante en el sistema, si esta es baja, se debe suministrar la carga de refrigerante en la línea de líquido con la ayuda de un manifold o juego de manómetros. Verificar si el diámetro y la longitud de la tubería en todos los tramos sean correctos, para verificar si hay caídas de presión excesivas. Si las hay, verifique el diseño de la tubería con el fabricante y modifique el diseño de la tubería.
Caída de presión excesiva	Verificar si la tubería esta correctamente dimensionada, si no es así reinstale la tubería con la dimensión correcta. Revisar si existe fugas en las uniones entre la tubería y los accesorios y componentes, si es así, corregir la fuga por soldadura o líquido sellante. Verificar si existen impurezas en el interior de la tubería o en el refrigerante que obstruyan el paso de este, eliminar estas impurezas con líquido removedor de impurezas. Estas actividades deben realizarse en un ambiente de gas inerte, esto para prevenir la formación de óxidos en el interior de la tubería
Retorno de líquido al compresor	Verificar si la tubería esta correctamente dimensionada, si no es así reinstale la tubería con la dimensión correcta. Revisar la temperatura de sobrecalentamiento, si este no es el indicado revise el componente en donde presenta falla, si se sigue presentando, instale en la línea de succión, acumuladores o trampas que retengan el líquido y no permita que llegue al compresor.
Retorno insuficiente de aceite al compresor	Verificar si la tubería esta correctamente dimensionada, si no es así reinstale la tubería con la dimensión correcta. Revisar si existe fugas en las uniones entre la tubería y los accesorios y componentes, si es así, corregir la fuga por soldadura o líquido sellante Comprobar que el nivel de aceite sea el correcto, si está por debajo realizar la carga de aceite y verificar que, en la línea de descarga, este conectado el separador. Verificar que la línea de aceite no este obstruida y este en ambientes de temperatura adecuada para la no cristalización.

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 77. Continuación procedimiento de intervención a fallas de la tubería.

TUBERIA	
Retorno insuficiente de aceite al compresor	Verificar si existen impurezas en el interior de la tubería o en el refrigerante que obstruyan el paso de este, eliminar estas impurezas con líquido removedor de impurezas. Revisar el estado del aislante térmico en la tubería del sistema, si se encuentra deterioro en él, reemplazarlo.
El refrigerante no se conduce adecuadamente	Verificar si la tubería esta correctamente dimensionada, si no es así reinstale la tubería con la dimensión correcta. Revisar si hay impurezas en el interior de la tubería o en el refrigerante, si es así eliminar estas impurezas. Estas actividades deben realizarse en un ambiente de gas inerte, esto para prevenir la formación de óxidos en el interior de la tubería. Revisar el estado del aislante térmico en la tubería del sistema, si se encuentra deterioro en él, reemplazarlo. Revisar si existe fugas en las uniones entre la tubería y los accesorios y componentes, si es así, corregir la fuga por soldadura o líquido sellante
Deterioro excesivo de la tubería	Revisar el estado del aislante térmico en la tubería del sistema, si se encuentra deterioro en él, reemplazarlo. Verificar si existen impurezas en el interior de la tubería o en el refrigerante que provoquen erosión en el interior de esta, si es así, eliminar estas impurezas con líquido removedor de impurezas. Estas actividades deben realizarse en un ambiente de gas inerte, esto para prevenir la formación de óxidos en el interior de la tubería. Verificar el estado de la tubería, si llega a presentar alguna deformación repárela o reemplácela. Verificar si existe corrosión en la tubería, si la hay elimínela, si es muy elevada reemplace la tubería..

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 78. Procedimiento de intervención a fallas del sistema E2.

SISTEMA E2	
Control inadecuado de las variables y condiciones del sistema	Verificar que el E2 este programado con el correcto funcionamiento de encendido y apagado del compresor como también el de los ventiladores. Si no es así siga los pasos recomendados por el fabricante para su solución. Verificar que el software de control esté funcionando y programado correctamente para el sistema de refrigeración, si no es así, modifique la programación o llame al personal encargado de programación. Verificar que los tipos de sensores sean los correctos, si se encuentra alguno incorrecto reemplazarlo por el adecuado. Revisar el funcionamiento de estos, si no funcionan correctamente, corregir posible fallo o reemplazarlos. Revisar las conexiones entre los tableros red I/O, sensores y controlador E2, verificando la correcta polaridad de la conexión y si se encuentran rotos o flojos, corrija si encuentra alguna de estas anomalías. Verificar que la señal online no tenga interferencia, si hay interferencia verifique cual es el problema o cambie el modem.
No hay accionamiento de los elementos móviles de los componentes	Verificar que el E2 este programado con el correcto funcionamiento de encendido y apagado del compresor como también el de los ventiladores. Si no es así siga los pasos recomendado por el fabricante, para su solución. Revisar que las conexiones estén ajustadas y bien conectadas, si no es así corregir y revisar que no se este presentado algún corto circuito, si se presenta, identifique en donde y corrija. Revisar el estado de las conexiones eléctricas, reemplazar las conexiones en mal estado o rotas. Revisar los voltajes sean lo suficiente para el sistema, utilice un multímetro para esta verificación.
Tableros I/O y controlador E2 sin energía	Revisar que las conexiones estén ajustadas y bien conectadas, si no es así corregir y revisar que no se haya presentado algún corto circuito, si se presenta, identifique en donde y corrija. Reemplazar las conexiones y cables en mal estado. Revisar los voltajes sean lo suficiente para el sistema, utilice un multímetro para esta verificación.
Funcionamiento erróneo de los sensores de medición (valores incorrectos)	Verificar que los tipos de sensores sean los correctos, de igual manera que estén en la ubicación indicada por los fabricantes, si se encuentra algunos sensores incorrectos reemplazarlos por el adecuado o reubicarlos en el lugar indicado, realizar una prueba para verificar que su funcionamiento es el correcto, sin no es así, repárelos o cámbielos. Revisar el estado de los elementos de medición, si se encuentran con acumulación de polvo u otros contaminantes, eliminar con líquidos especializados para dichos elementos.

Fuente. Elaboración propia.

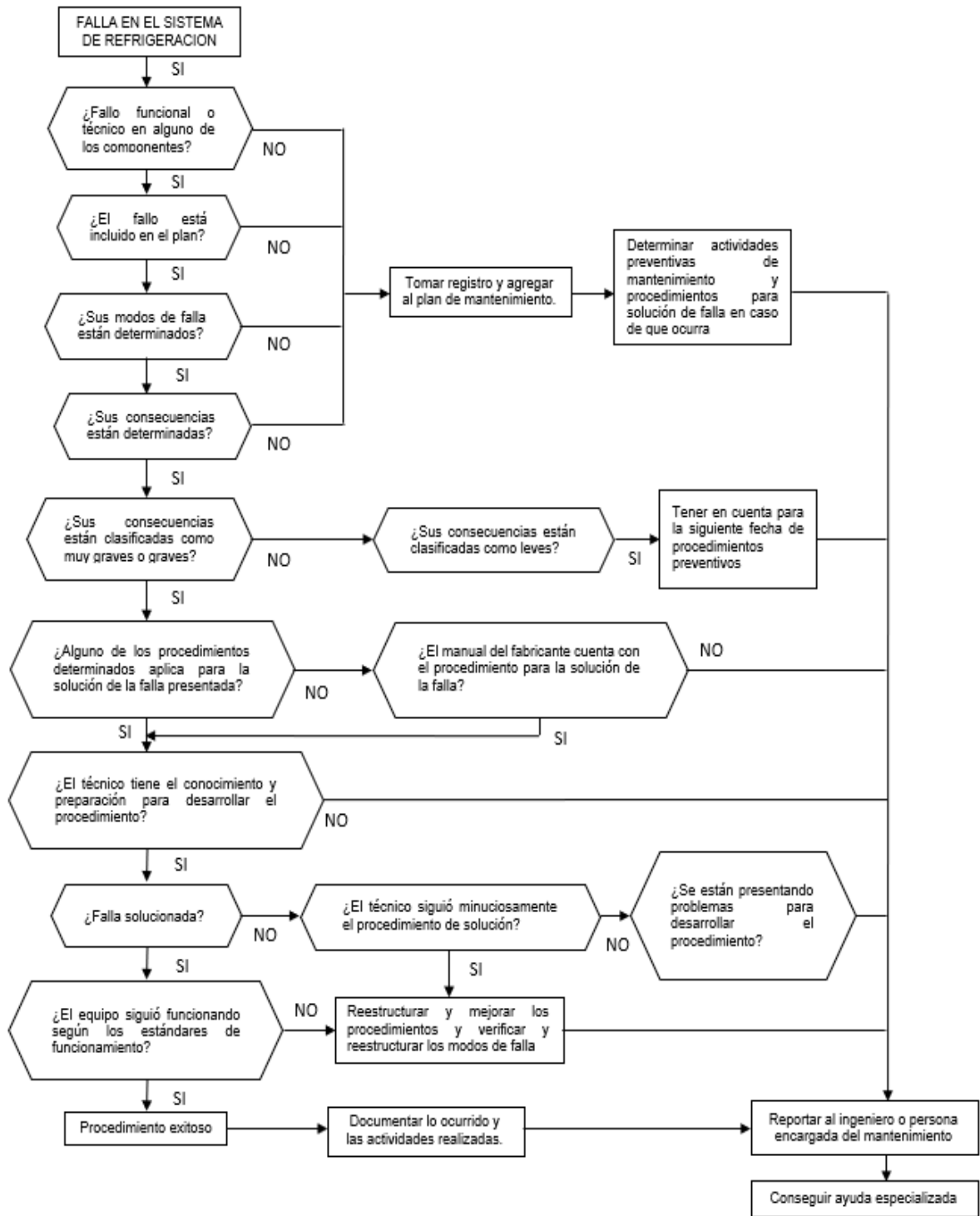
Cuadro 79. Continuación procedimiento de intervención a fallas del sistema E2.

SISTEMA E2	
Comunicación errónea entre tableros I/O, sensores y controlador E2	<p>Revisar que las conexiones estén ajustadas y bien conectadas, es decir en las polaridades correctas. Reemplazar las conexiones en mal estado. Revisar los voltajes sean lo suficiente, utilice un multímetro para esta verificación.</p> <p>Verificar que el controlador junto con el sensor y los tableros I/O estén correctamente conectados, revisando que el controlador reciba la información correcta, corregir si no es así.</p> <p>Verificar que no hay interferencia online entre componentes, si es así verifique el error, o cambie el modem.</p>

Fuente. Elaboración propia.

4.8.3 Diagrama de decisión

Figura 36. Diagrama de decisión.



Fuente. Elaboración propia.

4.8.4 Gestión de repuestos: En la empresa la gestión de repuestos es nula, como se evidencio en el capítulo 2, se pierde gran tiempo en la búsqueda de estos para darle solución a la falla presentada, ya que no cuentan con un stock de repuestos importantes ni mucho menos imprescindibles a la mano. Además, que la disponibilidad de las empresas se ve muy afectada por la gestión de repuestos, por la misma razón de tiempo muertos anteriormente mencionada.

4.8.4.1 Clasificación de repuestos: Para poder identificar cuáles son los repuestos que necesita un equipo; se dividen las piezas, elementos y/o componentes según sus características de funcionamiento que tiene cada uno dentro del equipo en 6 categorías, las cuales son:

1. "Piezas sometidas a desgaste: Son aquellos elementos que unen piezas fijas y móviles, o aquellas partes en contacto con fluidos, como cojinetes, retenes, juntas. Son piezas sometidas a desgaste y a abrasión. En este grupo también podemos incluir juntas, retenes, rodetes y tuberías sujetas a fatiga, corrosión y cavitación.
2. Consumibles: Son aquellos elementos de duración inferior a un año (8.000 horas de uso) con una vida fácilmente predecible, de bajo coste, que generalmente se sustituyen sin esperar a que den síntomas de mal estado.
3. Elementos de regulación y mando mecánico: Son aquellos elementos cuya misión es controlar los procesos y el funcionamiento de la instalación: válvulas, muelles, cigüeñales, etc. Su fallo frecuente es por fatiga.
4. Piezas móviles: Son aquellas destinadas a transmitir movimiento. Son engranajes, ejes, correas, cadenas, reductores, etc. Su fallo habitual es por fatiga.
5. Componentes electrónicos (instrumentación): A pesar de su altísima fiabilidad, un problema en ellos suele suponer una parada del equipo. Su fallo habitual es por recalentamiento, cortocircuito o sobretensión, y generalmente se producen al someter al equipo a unas condiciones de trabajo diferentes para las que fueron diseñados.
6. Piezas estructurales: Son aquellas piezas que difícilmente falla, al estar trabajando en condiciones muy por debajo de sus capacidades. Son bastidores, soportes, basamentos, etc." ⁶⁷-

Además, los repuestos también se dividen según la necesidad de tener cada uno de estos en el stock de la empresa, esta clasificación se muestra a continuación:

1. "Repuesto A: Piezas que es necesario mantener en stock en planta.
2. Repuesto B: Piezas que es necesario tener localizadas, con proveedor, teléfono y plazo de entrega.

⁶⁷ GARCIA GARRIDO, Santiago. Gestión de repuestos. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 1 de mayo de 2020]. p. 120-121. 9788479785772

3. Repuesto C: Piezas que no es necesario prever, pues un fallo en ellas no afecta a la operatividad de la planta (como mucho supondrán ligeros inconvenientes) “⁶⁸”.

4.8.4.2 Selección de repuestos: Para determinar que repuestos son los que se debe tener en un stock efectivo y de bajo coste se debe tener en cuenta: la criticidad de los equipos, su consumo, coste de la pieza, coste en la perdida de producción es caso de un fallo y el plazo de aprovisionamiento. El stock debe estar conformado por los componentes o elementos de los equipos críticos, elementos o componentes que se consuman habitualmente (fallen frecuentemente) y sean de bajo costo, consumibles de cambio frecuentes como aceite y filtros, piezas que pertenezcan a los equipos críticos y que la adquisición no sea inmediata, aquellas piezas, componentes o elementos que hagan un paro de servicio extenso de un equipo importante y aquellas piezas que en caso de falla de una de estas, ocasione una perdida alta en la producción.

Por otra parte, las piezas, elementos o componentes que son críticos, pero costosos, no deben tenerse en cuenta en un stock, estas piezas, elementos o componentes deben tener un plan de mantenimiento preventivo eficaz⁶⁹. De esta manera, teniendo en cuenta todo lo anterior, el stock de repuestos con que debe contar la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. se muestra en los cuadros 80, 81 y 82. junto con la clasificación de estos. Este stock estará dirigido para todo el sistema de refrigeración, lo que quiere decir que se tendrá en cuenta tanto los componentes como los accesorios.

Cuadro 80. Gestión de repuestos sistema de refrigeración.

Componente	Repuesto	Categoría						Tipo de repuesto (A, B o C)
		1	2	3	4	5	6	
Compresor	Pistones							B
	Cigüeñal							B
	Biela							B
	Plato de válvulas							B
	Cojinetes de soporte del cigüeñal							B
	Cojinetes de las bielas							B
	Motor eléctrico							B
	Bomba de aceite							B
	Filtro de aceite							B

Fuente. Elaboración propia.

⁶⁸ Ibid. p 121.

⁶⁹ Ibid. p 121-123.

Cuadro 81. Continuación gestión de repuestos sistema de refrigeración.

Componente	Repuesto	Categoría						Tipo de repuesto (A, B o C)
		1	2	3	4	5	6	
Compresor	Bobinas motor del compresor					■		B
	Anillos de los pistones	■						B
	Aceite lubricante		■					A
	Tapones magnéticos de aceite						■	C
	válvula de alivio			■				C
	Resistencia de aceite					■		B
Evaporador y condensador	Aspas del ventilador				■			B
	Rejillas						■	C
	Motor del ventilador					■		B
	Cojinetes soporte del eje	■						B
	Serpentín de tubos	■						B
	Tornillería y carcasa						■	C
	bobinas del motor de ventilador					■		B
Válvula de expansión	Válvula de expansión			■				B
	Resorte			■				B
	Vástago regulador			■				B
Tubería	Tubería de cobre	■						B
	Aislante para tubería		■					A
	Bushing de tubería	■						B
	Niples de tubería	■						B
	Válvulas rotalock o de servicio	■						B
	Tapones de la válvula rotalock	■						B
	Soportes y tornillería						■	A
	Codos de tubería de cobre	■						B
Sistema de control E2	Alambre o cableado eléctrico		■					A
	Fusibles					■		A
	Contactores					■		A
	Breakers					■		A
	Sensores de nivel de aceite					■		B
	Sensores de presión de aceite					■		B
	Transductor de presión de alta y baja					■		B
	Sonda de inmersión de temperatura de alta y baja					■		B
	Sensores RH					■		B

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 82. Continuación gestión de repuestos sistema de refrigeración.

Componente	Repuesto	Categoría						Tipo de repuesto (A, B o C)
		1	2	3	4	5	6	
Sistema de control E2	Sensores medidores nivel de liquido							B
	Relés eléctricos y térmico							A
Sistema de refrigeración en general	filtros secadores							A
	Porta filtros							A
	Recibidores							B
	Acumuladores							B
	Mirillas indicadoras de nivel							B
	Indicadores de líquido y de humedad							B
	Refrigerante R-22 y R-507							A
	válvula solenoide							B
	válvula de globo							B
	filtros de material particulado							A
	válvulas de retención							B
Separador de aceite							B	

Fuente. Elaboración propia.

La gestión de repuestos para los sistemas de refrigeración instalados y manejados por la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S., da como resultado que dentro del stock deben estar aquellos elementos o piezas que están dentro de la clasificación como consumibles o elementos electrónicos, como lo son: el refrigerante, aceite y filtros, contactores, breakers, fusibles y cableado electrónico, ya que la mayoría de paros del sistema de refrigeración son ocasionados por la falta o falla de estos elementos, además, son elementos de bajo coste y los tiempos de intervención para la solución de la falla presentada por estos es corta, de esta manera, es muy conveniente tener a disposición inmediata estos repuestos. Por otra parte, los repuestos que se clasifican como repuesto tipo B o C, son repuestos que son necesarios en el caso de que el sistema de refrigeración necesite una intervención por la falla de alguno de sus componentes o accesorios, intervenciones que se previenen con este plan de mantenimiento basado en RCM, sin embargo, son repuestos que se deben tener muy presentes para solucionar la falla presentada lo más pronto posible, es por esto que se debe muy claro donde conseguirlos, el proveedor y el tiempo o plazo de adquisición de este.

Cabe resaltar que, para llevar a cabo los procedimientos preventivos anteriormente descritos, se utilizan herramientas de tornillería, de montaje y desmontaje, elementos de medida y productos consumibles para poder desarrollar estos

procedimientos. De esta manera, la empresa debe tenerlos en cuenta dentro de su stock. Algunos de estos elementos son: Juego de manómetros (manifold), multímetro digital, electrodos para soldadura, cepillos para aletas, llaves de tornillería, herramienta de montaje y desmontaje, líquidos de limpieza para los serpentines, detector de fugas, aislante, entre otros.

4.9 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

La gestión de la información dentro de la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., como se mencionó en el capítulo número dos, es nula, ya que la información de mantenimiento del sistema de refrigeración de compresión de vapor no está ni centralizada ni organizada, por lo que, a pesar de que se cuenta con algunos formatos para documentar la información, estos no están disponibles para su revisión ya que no se encuentran ni en carpetas físicas ni digitalmente. Esto da como resultado, que se no cuenta con información actualizada, precisa, exacta ni confiable de los equipos de refrigeración; lo que conlleva a reprocesos por falta de información, pérdidas de tiempo en consecución de información, procedimientos erróneos de los técnicos, aumento en tiempo del proceso de mantenimiento y pérdidas económicas para el cliente.

De esta manera, teniendo en cuenta lo anterior, se ha diseñado una herramienta informática la cual permite gestionar la información de mantenimiento del sistema de refrigeración de compresión de vapor instalado por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., esto con el fin de centralizar, organizar, documentar y obtener información de mantenimiento del sistema de refrigeración en tiempo real tanto en campo como en oficina.

4.9.1 Herramienta informática: La herramienta informática se diseñó con el uso de formularios de Google y formatos Google sites, los cuales son facilitados por la aplicación de Google "Drive". En esta herramienta informática se puede visualizar información actualizada y en tiempo real del sistema de refrigeración tal como: Ficha técnica de los componentes del sistema de refrigeración, plan de mantenimiento preventivo de los componentes del sistema de refrigeración, recomendaciones y primeros pasos para realizar el plan de mantenimiento preventivo para cada componente, modos de falla posibles de las fallas de cada componente y procedimientos a realizar en caso de que una un modo de falla o falla ocurra. Además, se puede generar, centralizar y visualizar en tiempo real información tal como: historial de fallas, historial de modos de falla, historial fotográfico, historial de intervenciones del mantenimiento preventivo e historial de modos de falla y procedimientos nuevos de cada componente del sistema de refrigeración. Cabe mencionar que esta herramienta informática tiene una capacidad inicial de 15 GB para almacenar la información referente al mantenimiento; esta información es: formatos de control de actividades y hoja de vida e imágenes de los estados inicial

y final de cada componente, ya que estos son los únicos archivos que consumen almacenamiento dentro del drive.

Cabe mencionar que la herramienta informática puede ser utilizada por varios usuarios al mismo tiempo, sin que haya interferencia, ya que su diseño lo permite. Sin embargo, como se debe hacer uso de datos móviles para su funcionamiento, puede que exista interferencia en la señal del dispositivo móvil que se utilizará para el uso de la herramienta informática, interferencia que es provocada por los componentes del sistema de refrigeración u otros dispositivos alrededor de este, es por esto que se debe utilizar el dispositivo móvil a una distancia en la que los componentes y los dispositivos cercanos no perturben la señal del dispositivo móvil.

4.9.1.1 Manejo de la herramienta informática: Para acceder a la herramienta informática ya sea en campo o en oficina, como primer paso se debe leer el código QR de inicio, el cual se muestra en la figura 37, ya sea con la cámara del dispositivo móvil o con una aplicación como “Quick Scan – QR Code Reader” o “QR Code Reader”. Este código QR estará puesto en campo en una parte muy visible y de fácil acceso del sistema de refrigeración o en la oficina en el escritorio o también un parte muy visible y de fácil acceso.

Figura 37. Código QR de inicio.



Fuente. Elaboración propia.

Una vez leído el código QR, este lo dirigirá a la página de acceso a la herramienta informática (figura 38), en donde debe ingresar el correo y contraseña suministrados por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. (datos que están enlazados con la herramienta informática) para poder continuar con el proceso de acceso, a menos que el administrador de la herramienta informática le de acceso directo a algún usuario (correo) sin necesidad de un correo y contraseña de acceso. De esta manera, se evita que cualquier persona pueda hacer uso de la herramienta informática, logrando así seguridad en su uso y en la información contenida en esta.

Figura 38. Página de acceso.

The image shows a login page for Google Drive. At the top center is the Google logo. Below it, the text reads "Iniciar sesión" (Log in) and "Ir a Google Drive" (Go to Google Drive). A text input field is present with the placeholder text "Correo electrónico o teléfono" (Email or phone). Below the input field is a link: "¿Has olvidado tu correo electrónico?" (Forgot your email?). Further down, there is a note: "¿No es tu ordenador? Usa ventanas de navegación privada para iniciar sesión. Más información" (Not your computer? Use private browsing windows to log in. More information). At the bottom left is a link "Crear cuenta" (Create account), and at the bottom right is a blue button labeled "Siguiente" (Next). At the very bottom of the page, there are links for "Español (España)" (Spanish (Spain)), "Ayuda" (Help), "Privacidad" (Privacy), and "Términos" (Terms).

Fuente. Elaboración propia.

Luego de acceder, aparecerá un formato titulado “Información de mantenimiento y plan preventivo del sistema de refrigeración por compresión de vapor” como se muestra en la figura 39.


Figura 39. Formato “información de mantenimiento y plan preventivo del sistema refrigeración por compresión de vapor”.

Visítanos en: <https://diac.com.co/>

DIAC DIAC INGENIERÍA S...

Información de mantenimiento y plan preventivo del sistema de refrigeración por compresión de vapor

SELECCIONE EL COMPONENTE:

		
COMPRESOR SEMIHERMETICO	EVAPORADOR	CONDENSADOR
Información técnica y mantenimiento	Información técnica y mantenimiento	Información técnica y mantenimiento
		
TUBERÍA	VET	SISTEMA E2
Información técnica y mantenimiento	Información técnica y mantenimiento	Información técnica y mantenimiento

Fuente. Elaboración propia.

Este formato contiene 6 (seis) imágenes, estas son cada uno de los componentes principales del sistema de refrigeración, debajo de cada una de estas imágenes, aparecerá un botón que dice “información técnica y mantenimiento” el cual dándole un click a este, aparecerá un nuevo formato que contiene la ficha técnica del componente elegido como se muestra en la figura 40.

Figura 40. Ficha técnica del componente.

Visitenos en: <https://diac.com.co/>

DIAC INGENIERIAS...

FICHA TÉCNICA

CÓDIGO: FT-CM01
 VERSIÓN: 001
 VIGENCIA: 31/12/2020

DATOS DEL EQUIPO

<p>EQUIPO: COMPRESOR</p> <p>MARCA: COPELAND</p> <p>TIPO: DESPLAZAMIENTO POSITIVO - RECIPROCANTE</p> <p>FLUIDO DE TRABAJO: R-22 o R-507</p> <p>SISTEMA DE TRABAJO: MEDIA Y BAJA TEMPERATURA</p>	<p>CÓDIGO: DI-AL-R01CM01</p> <p>AÑO: 2003</p> <p>DISPOSICIÓN: SEMIHERMETICO</p> <p>NÚMERO DE CILINDROS: 4-6 CILINDROS</p> <p>VOLTAJE: 220 VAC</p> <p>POTENCIA: 3-27 HP</p>
---	--

SERVICIO: COMPRIMIR EL GAS REFRIGERANTE SALIENTE DEL EVAPORADOR, PARA AUMENTAR LA PRESIÓN HASTA LA CUAL PUEDA SER CONDENSADO CON AIRE A TEMPERATURA AMBIENTE.

DESCRIPCIÓN: COMPRIME EL GAS MEDIANTE EL MOVIMIENTO AXIAL PRODUCIDO POR UN MECANISMO DE CIGUEÑAL- BIELA- MANIVELA, PISTÓN- CILINDRO. EL CUAL ES IMPULSADO POR UN MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO. UTILIZA UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN FORZADA PARA LUBRICAR SUS PIEZAS MÓVILES Y SU FUNCIONAMIENTO ES CONTROLADO MEDIANTE SENSORES ELECTRÓNICOS DE PRESIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD LO CUALES A SU VEZ SON CONTROLADOS POR EL SISTEMA DE CONTROL E2.

MANTENIMIENTO:

PROCEDIMIENTO PREVENTIVO

NIVEL DE CRITICIDAD: CRÍTICO X IMPORTANTE PRESCINDIBLE

<p>REPUESTOS:</p>	<p>CONSUMIBLES EN STOCK:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ACEITE LUBRICANTE ▪ FILTRO DE ACEITE ▪ REFRIGERANTE 	<p>EN CASO DE FALLO, QUE NO DEBEN ESTAR EN STOCK PERO SE DEBEN TENER CLARO EL TIEMPO DE ADQUISICIÓN :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ MOTOR ELÉCTRICO ▪ PISTONES ▪ CIGUEÑAL ▪ BIELA ▪ PLATO DE VÁLVULAS ▪ COJINETES DEL CIGUEÑAL Y BIELAS ▪ BOMBA DE ACEITE ▪ BOBINAS MOTOR ▪ ANILLOS DE LOS PISTONES ▪ TAPONES MAGNÉTICOS DE ACEITE ▪ VÁLVULA DE ALIVIO ▪ RESISTENCIA DE ACEITE
--------------------------	---	--

OBSERVACIONES:

Fuente. Elaboración propia.

Esta ficha técnica contiene información del componente tal como: Información y datos técnicos, mantenimiento, nivel de criticidad, repuestos necesarios en stock y observaciones. Para cada componente se realizó una ficha técnica, estas fichas

técnicas están en el **anexo C**. Para continuar con el uso de la herramienta informática, en la parte de mantenimiento de cada ficha técnica, hay un botón que dice “Procedimiento preventivo”, al darle click en este botón, aparecerá un nuevo formato denominado “plan de mantenimiento preventivo” como se muestra en la figura 41, este formato contiene el procedimiento preventivo que debe seguir paso a paso el técnico de refrigeración para cada componente del sistema de refrigeración de compresión de vapor.

Figura 41. Formato plan de mantenimiento preventivo.

Visitenos en: <https://diac.com.co/>

DIAC INGENIERÍA S...

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMPRESOR

PROCEDIMIENTO A SEGUIR:

1. ANTES DE EMPEZAR CON LOS PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO REALICE LOS PASOS DE LA SECCIÓN "PRIMEROS PASOS" QUE APARECEN EN ESTA PAGINA. LUEGO DE LEER LAS RECOMENDACIONES Y LOS PASOS A SEGUIR EN ESTE FORMATO, PASE AL "SEGUNDO PASO".

2. VERIFIQUE QUE TIPO DE MANTENIMIENTO VA A REALIZAR SEGÚN SU PERIODICIDAD: MENSUAL, BIMENSUAL, TRIMESTRAL, SEMESTRAL O ANUAL, DEPENDIENDO EL TIPO DE MANTENIMIENTO A REALIZAR DÉLE CLICK EN EL BOTÓN INDICADO EN LOS MOSTRADOS EN LA PARTE INFERIOR DE LA SECCIÓN "PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO" AQUÍ APARECERÁ UN FORMULARIO CON EL LISTADO DE TAREAS PREVENTIVAS QUE DEBE REALIZAR. ESTE FORMULARIO QUE DEBE SER DILIGENCIADO, UNA VEZ DILIGENCIADO DÉLE CLICK EN ENVIAR Y LUEGO DE DARLE EN ENVIAR, APARECERÁ UNA NUEVA VENTANA QUE DICE "Se ha registrado su respuesta, por favor ingrese al siguiente link, para continuar con el proceso de mantenimiento.". DÉLE CLICK EN ESE LINK PARA SEGUIR CON EL PROCESO "EL TERCER PASO".

3. UNA VEZ HAYA TERMINADO DE DILIGENCIAR EL FORMULARIO "PROCEDIMIENTO PREVENTIVO", PUEDE SEGUIR DOS CAMINOS:

A. SI REALIZO TODAS LAS TAREAS PREVENTIVAS SIN PRESENTAR ANOMALÍAS EN LAS MEDICIONES O INSPECCIONES, VERIFICACIONES Y TODAS LAS ACTIVIDADES SE LLEVARON A CABO SIN NINGÚN PROBLEMA, FINALICE Y PASE AL MANTENIMIENTO DEL SIGUIENTE COMPONENTE, DÁNDOLE CLICK EN EL BOTÓN QUE DICE "FINALIZAR MANTENIMIENTO COMPRESOR" QUE APARECE EN LA PARTE INFERIOR DE ESTA PAGINA, PERO PRIMERO HAGA EL REGISTRO FOTOGRÁFICO FINAL DE LO REALIZADO DÁNDOLE CLICK EN EL BOTÓN QUE DICE "REGISTRO FINAL", AÑADA LAS FOTOS Y LUEGO SI PASE AL MANTENIMIENTO DEL SIGUIENTE COMPONENTE.

B. SI REALIZO TODAS LAS TAREAS Y PRESENTO ALGUNA ANOMALÍA EN LAS MEDICIONES, INSPECCIONES, VERIFICACIONES O ACCIONES, DIRÍJASE AL FORMULARIO DENOMINADO FALLAS DÁNDOLE CLICK EN EL BOTÓN QUE DICE "FALLAS" QUE APARECE EN LA PARTE INFERIOR DE ESTA PAGINA Y COMPLETE EL FORMULARIO, UNA VEZ DILIGENCIADO DÉLE CLICK EN ENVIAR Y LUEGO DE DARLE EN ENVIAR, APARECERÁ UNA NUEVA VENTANA QUE DICE "Se ha registrado su respuesta, por favor ingrese al siguiente link, para continuar con el proceso de mantenimiento.". DÉLE CLICK EN ESE LINK PARA SEGUIR CON EL PROCESO "EL CUARTO PASO".

4. UNA VEZ HAYA TERMINADO DE DILIGENCIAR EL FORMULARIO "FALLAS", PUEDE SEGUIR DOS CAMINOS:

A. SI NO EVIDENCIA LA CAUSA O MODO DE FALLA POSIBLE QUE PUDO HABER CAUSADO LA ANOMALÍA, ESCRIBA EN OBSERVACIONES EL TIPO DE FALLA O CAUSA DE FALLA QUE PUEDE SER, LUEGO DÉLE CLICK EN ENVIAR Y LUEGO DE DARLE EN ENVIAR, APARECERÁ UNA NUEVA VENTANA QUE DICE "Se ha registrado su respuesta, por favor ingrese al siguiente link, para continuar con el proceso de mantenimiento.". DÉLE CLICK EN ESE LINK PARA SEGUIR CON EL PROCESO. LUEGO INGRESE AL FORMULARIO DENOMINADO "OTRO PROCEDIMIENTO" QUE APARECE EN LA PARTE INFERIOR DE ESTA PAGINA, Y ESCRIBA EL MODO DE FALLA QUE PUEDE SER Y EL PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA DARLE LA SOLUCIÓN AL MODO DE FALLA O FALLA PRESENTADA. SI ES MÁS DE UN MODO DE FALLA Y PROCEDIMIENTO NUEVO, ENVÍE CADA UNO POR APARTE, DÁNDOLE CLICK EN "ENVIAR OTRA RESPUESTA", FRASE QUE APARECE LUEGO DE ENVIAR LA PRIMERA RESPUESTA, ES DECIR, LUEGO DE REGISTRAR EL PRIMER MODO DE FALLA Y PROCEDIMIENTO, Y REPORTE AL ENCARGADO DEL MANTENIMIENTO, POSTERIORMENTE FINALICE Y PASE AL MANTENIMIENTO DEL SIGUIENTE COMPONENTE, DÁNDOLE CLICK EN EL BOTÓN QUE DICE "FINALIZAR MANTENIMIENTO COMPRESOR" QUE APARECE EN LA PARTE INFERIOR DE ESTA PAGINA, PERO PRIMERO HAGA EL REGISTRO FOTOGRÁFICO FINAL DE LO REALIZADO DÁNDOLE CLICK EN EL BOTÓN QUE DICE "REGISTRO FINAL", AÑADA LAS FOTOS Y LUEGO SI PASE AL MANTENIMIENTO DEL SIGUIENTE COMPONENTE.

B. SI EVIDENCIA LA POSIBLE CAUSA O CAUSAS DE LA ANOMALÍA PRESENTADA, DIRÍJASE AL FORMATO DENOMINADO "PROCEDIMIENTOS FALLA" DÁNDOLE CLICK EN EL BOTÓN QUE DICE "PROCEDIMIENTOS" QUE APARECE EN LA PARTE INFERIOR DE ESTA PAGINA. EN ESTE FORMATO APARECERÁ UN DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO EL CUAL INCLUYE LAS CAUSAS QUE USTED SELECCIONÓ ANTERIORMENTE, IDENTIFIQUE LA FALLA QUE INCLUYE LAS CAUSAS QUE USTED SELECCIONÓ Y LUEGO DIRÍJASE EN LA PARTE INFERIOR DE ESTE FORMATO E IDENTIFIQUE EL PROCEDIMIENTO A SEGUIR SEGÚN LA FALLA IDENTIFICADA PARA DARLE SOLUCIÓN A LA ANOMALÍA PRESENTADA, UNA VEZ IDENTIFICADO EL PROCEDIMIENTO O LOS PROCEDIMIENTOS, PROGRAME LA INTERVENCIÓN PARA DARLE CUMPLIMIENTO A LA SOLUCIÓN DEL FALLO Y LUEGO CONTÍNEE EL MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR DÁNDOLE CLICK EN EL BOTÓN QUE DICE "CONTINUAR MANTENIMIENTO COMPRESOR" Y PASAR AL "QUINTO PASO". SI SE DEBE REALIZAR OTRO PROCEDIMIENTO PARA DARLE SOLUCIÓN AL MODO DE FALLA IDENTIFICADO REGISTRE ESTE PROCEDIMIENTO NUEVO EN EL FORMULARIO DENOMINADO "OTRO PROCEDIMIENTO", DÁNDOLE CLICK EN EL BOTÓN QUE DICE "OTRO PROCEDIMIENTO" QUE APARECE EN LA PAGINA DENOMINADA "PROCEDIMIENTO FALLA" SI ES MÁS DE UN PROCEDIMIENTO NUEVO, ENVÍE CADA UNO POR APARTE, DÁNDOLE CLICK EN "ENVIAR OTRA RESPUESTA", FRASE QUE APARECE LUEGO DE ENVIAR LA PRIMERA RESPUESTA, ES DECIR, LUEGO DE REGISTRAR EL PRIMER PROCEDIMIENTO, POSTERIORMENTE, PROGRAME LA INTERVENCIÓN PARA DARLE CUMPLIMIENTO A LA SOLUCIÓN DEL FALLO Y LUEGO CONTÍNEE EL MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR DÁNDOLE CLICK EN EL BOTÓN QUE DICE "CONTINUAR MANTENIMIENTO COMPRESOR" Y PASAR AL "QUINTO PASO".

5. FINALMENTE ANTES DE FINALIZAR EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR, DÉLE CLICK EN EL BOTÓN QUE DICE "REGISTRO FINAL", EN EL CUAL APARECERÁ UN FORMULARIO DONDE USTED DEBE AGREGAR UN REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LO REALIZADO, LUEGO DE AGREGAR EL REGISTRO FOTOGRÁFICO, DÉLE CLICK EN ENVIAR Y LUEGO DE DARLE EN ENVIAR, APARECERÁ UNA NUEVA VENTANA QUE DICE "Se ha registrado su respuesta, por favor ingrese al siguiente link, para finalizar con el proceso de mantenimiento.". DÉLE CLICK EN ESE LINK PARA FINALIZAR CON EL PROCESO, Y EN LA PAGINA QUE APARECE DÉLE CLICK EN EL BOTÓN "FINALIZAR MANTENIMIENTO COMPRESOR" PARA ACABAR CON EL PROCESO DE MANTENIMIENTO.

PRIMEROS PASOS:

PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO:

FALLAS:

PROCEDIMIENTOS:

REGISTRO FOTOGRÁFICO FINAL:

FORMATOS:

MANTENIMIENTO AL SIGUIENTE COMPONENTE

Fuente. Elaboración propia.

Cabe mencionar que el texto del paso a paso se puede eliminar cuando el técnico reciba la capacitación para el uso de esta herramienta informática, esto para que la herramienta sea menos densa de texto. El procedimiento preventivo de mantenimiento contiene los siguientes pasos y/o información:

1. Primeros pasos: Como primer paso para realizar el plan de mantenimiento preventivo, el técnico debe empezar realizando unos primeros pasos, para acceder a estos primeros pasos se debe dirigir al botón “Primeros pasos”, al darle click en este, aparecerá un formato denominado “primeros pasos” como se muestra en la figura 42.

Figura 42. Formato “primeros pasos”.

Visitenos en: <https://diac.com.co/>

DIAC INGENIERÍAS...

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMPRESOR

PRIMEROS PASOS

1. VERIFIQUE QUE USTED CUENTE CON LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

- A. GAFAS DE PROTECCIÓN
- B. GUANTES DIELECTRICOS
- C. OVERALL ANTI-INCENDIOS
- D. BOTAS PUNTA DE ACERO
- E. CASCO PROTECTOR DE LA CABEZA
- F. TAPA BOCAS INDUSTRIAL
- G. PROTECTOR AUDITIVO



2. VERIFIQUE QUE CUENTA CON LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO.

- A. JUEGO DE MANÓMETROS (MONIFOLD)
- B. MULTIMETRO DIGITAL
- C. LÍQUIDOS DE LIMPIEZA
- D. EQUIPO DE SOLDADURA (ELECTRODOS COBRE Y SOPLETE DE FUEGO)
- E. CEPILLOS PARA ALETAS
- F. LLAVES PARA TORNILLERÍA Y PARA DESMONTAJE Y MONTAJE.
- G. TORNILLERÍA
- H. DETECTOR DE FUGAS
- I. AISLANTE PARA TUBERÍA



3. VERIFIQUE LAS CONDICIONES INICIALES DE EQUIPO (REGISTRO FOTOGRAFICO), PARA ELLO, DELE CLICK EN EL BOTÓN "REGISTRO FOTOGRAFICO" Y ANADA LAS FOTOS INICIALES. LUEGO DELE CLICK EN ENVIAR Y LUEGO DE DARLE EN ENVIAR, APARECERÁ UNA NUEVA VENTANA QUE DICE " Se ha registrado su respuesta, por favor ingrese al siguiente link, para continuar con el proceso de mantenimiento:" DELE CLICK EN ESE LINK PARA CONTINUAR CON EL PROCESO DE MANTENIMIENTO.

REGISTRO FOTOGRAFICO

4. APAGUE Y DES-ENERGICE EL EQUIPO, PARA REALIZAR TRANQUILAMENTE LA LIMPIEZA GENERAL DEL EQUIPO Y TAREAS PREVENTIVAS TALES COMO LAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SECCIÓN "ACCIONES" DEL FORMULARIO DE TAREA PREVENTIVA.

5. ENCIENDA EL EQUIPO, Y REALICE LAS ACTIVIDADES DE MEDICIONES E INSPECCIONES DE LA TAREAS PREVENTIVAS.

UNA VEZ LEÍDO LOS 5 PRIMEROS PASOS Y/ RECOMENDACIONES, DELE CLICK EN EL SIGUIENTE BOTÓN "CONTINUAR MANTENIMIENTO" PARA CONTINUAR CON EL PROCESO DE MANTENIMIENTO.

CONTINUAR MANTENIMIENTO

Fuente. Elaboración propia.

Este formato contiene recomendaciones para empezar a realizar el mantenimiento, como que elementos de protección personal y herramientas utilizar, también contiene los primeros pasos que debe realizar el técnico antes de empezar el mantenimiento, uno de estos es hacer el registro fotográfico inicial del componente que se realiza dándole click en el botón que dice “Registro fotográfico”, allí aparecerá un formulario como se muestra en la figura 43, que debe diligenciar en su totalidad y enviarlo.

Figura 43. Formulario “registro fotográfico inicial del componente”.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

El nombre y la foto asociados a tu cuenta de Google se registrarán cuando subas archivos y envíes este formulario. ¿No es tuya la dirección juanmendoza07.jdmp@gmail.com?
[Cambiar de cuenta](#)

***Obligatorio**

AÑADA LAS FOTOS DEL ESTADO INICIAL DEL EQUIPO DE REFRIGERACIÓN *

[Añadir archivo](#)

Indique el estado en el que encontró el equipo *

Bueno

Malo

Enviar Página 1 de 1

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

Fuente. Elaboración propia.

Luego de este paso a seguir realice los pasos 4 y 5 y posteriormente debe dirigirse al botón “Continuar mantenimiento”, para continuar con el mantenimiento del componente, este lo dirigirá nuevamente al formato de la figura 41. Cabe mencionar que para cada componente se realizó el formato de primeros pasos y el formulario de registro fotográfico inicial.

2. Tareas preventivas: Luego de realizar los primeros pasos, el técnico debe realizar las tareas preventivas según la periodicidad ya sea mensual, bimensual, trimestral, semestral o anual. Para saber que tareas debe realizar debe dirigirse a la sección “periodicidad de mantenimiento” del formato de la figura 41, allí encontrará entre 1 a 5 botones los cuales dicen “mensual, bimensual, trimestral, semestral o anual”, debe darle click en el botón según el mantenimiento que deba realizar según su periodicidad, al darle click en cualquiera de estos botones aparecerá un formulario denominado “Preventivo mensual, bimestral, trimestral, semestral o anual del (compresor, evaporador, condensador, VET, tubería o sistema de control E2)” con la tareas preventivas que debe realizar a cada componente, estas tareas se dividieron en tres secciones: mediciones, inspecciones o verificaciones y acciones como se muestra en las figuras 44 y 45. Cabe resaltar que estas tareas preventivas aparecen como preguntas, las cuales el técnico debe responder una por una para realizar el plan de mantenimiento preventivo por completo de cada componente.

Figura 44. Formulario “tareas preventivas”.

<p>Preventivo Mensual Compresor</p> <p>Las siguientes son las tareas preventivas que se realizarán al compresor, en una periodicidad mensual Responder de acuerdo a la tarea realizada, se recomienda cumplir a cavaldad con cada una de ellas.</p> <p>*Obligatorio</p> <p>Nombre y apellidos *</p> <p>Tu respuesta</p> <p>Fecha y hora de inicio *</p> <p>DD MM AAAA Hora / / 2020 :</p> <p>Siguiente Página 1 de 6</p> <p><small>Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google. Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. Notificar uso inadecuado - Términos del Servicio - Política de Privacidad</small></p> <p style="text-align: center;">Google Formularios</p>	<p>Preventivo Mensual Compresor</p> <p>*Obligatorio</p> <p>Mediciones</p> <p>1. Medir temperatura de la línea de succión *</p> <p>Tu respuesta</p> <p>Según el valor medido, la temperatura... *</p> <p><input type="radio"/> Esta dentro del rango <input type="radio"/> No esta dentro del rango</p> <p>2. Medir temperatura de la línea de descarga *</p> <p>Tu respuesta</p> <p>Según el valor medido, la temperatura... *</p> <p><input type="radio"/> Esta dentro del rango <input type="radio"/> No esta dentro del rango</p> <p>3. Medir temperatura del cárter *</p>
<p>Preventivo Mensual Compresor</p> <p>*Obligatorio</p> <p>Verificaciones</p> <p>1. Verificar mediante inspección visual y corregir fugas de refrigerante en la entrada y salida del compresor *</p> <p><input type="radio"/> Realizado <input type="radio"/> No realizado</p> <p>2. Inspeccionar el estado del cableado de conexión y alimentación *</p> <p><input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Malo</p> <p>3. Verificar el estado de las conexiones de los sensores de medición *</p> <p><input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Malo</p> <p>4. Verificar el nivel de aceite en el Cárter *</p> <p><input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Malo</p>	<p>Preventivo Mensual Compresor</p> <p>*Obligatorio</p> <p>Acciones</p> <p>1. Limpiar el polvo y suciedad externamente *</p> <p><input type="radio"/> Realizado <input type="radio"/> No realizado</p> <p>2. Ajustar terminales de la bornera del compresor *</p> <p><input type="radio"/> Realizado <input type="radio"/> No realizado</p> <p>3. Ajustar terminales del breaker *</p> <p><input type="radio"/> Realizado <input type="radio"/> No realizado</p> <p>4. Ajustar terminales del contactor *</p> <p><input type="radio"/> Realizado <input type="radio"/> No realizado</p>

Fuente. Elaboración propia.

Figura 45. Continuación formulario “tareas preventivas”.

Preventivo Mensual Compresor

Observaciones

Tu respuesta

Atrás Siguiete

Página 5 de 6

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

Preventivo Mensual Compresor

*Obligatorio

Fecha y hora fin

Fecha y hora fin *

DD MM AAAA Hora

/ / 2020 :

Atrás Enviar

Página 6 de 6

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

Fuente. Elaboración propia.

Cabe mencionar que para cada uno de los componentes se realizó los formularios de tareas preventivas mensuales, bimensuales, trimestrales, semestrales y anuales.

3. Fallas: Luego de realizar las tareas preventivas y si presento una anomalía en las mediciones o verificaciones, debe dirigirse al formulario “Fallas” (figuras 46 y 47), el cual aparecerá al darle click en el botón “Fallas” que está en la sección “Fallas” del formato de la figura 41. En este formulario aparecerá las posibles causas o modos de falla por las cuales se este presentando la anomalía o anomalías.

Figura 46. Formulario “modos de fallas”.

Modos de falla compresor

Según lo seleccionado en las tareas preventivas, seleccionar los posibles modos de falla que se pueden estar presentando.

Siguiete

Página 1 de 3

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

Fuente. Elaboración propia.

Figura 47. Continuación formulario “modos de fallas”.

Modos de falla compresor	Modos de falla compresor
Mediciones	Verificaciones
<p>Si usted en la ejecución de las tareas preventivas encontró que la variable medida esta fuera del rango que debería estar, por favor seleccione el/los modos de falla que pueden estar ocurriendo, si selecciona otro, escribirlo al finalizar la sección.</p>	<p>Si usted en la ejecución de las tareas preventivas encontró un mal estado en los elementos o un mal funcionamiento, por favor seleccione el/los modos de falla que pueden estar ocurriendo, si selecciona otro, escribirlo al finalizar la sección.</p>
<p>1. Temperatura y presión</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mal funcionamiento de la transmisión de potencia. <input type="checkbox"/> Fugas del refrigerante en las válvulas de servicio o en las válvulas de succión y descarga <input type="checkbox"/> Migración de líquido al pistón <input type="checkbox"/> Control de capacidad inadecuado <input type="checkbox"/> Selección de refrigerante inadecuado <input type="checkbox"/> Contaminantes en el refrigerante <input type="checkbox"/> Dilución de aceite por acumulación de refrigerante en el Cárter <input type="checkbox"/> Bomba de aceite no funciona <input type="checkbox"/> Obstrucción por contaminantes <input type="checkbox"/> Formación de espuma <input type="checkbox"/> Esfuerzos elevados <input type="checkbox"/> Polvo y suciedad excesivos <input type="checkbox"/> Otro: _____ 	<p>Modos de falla verificaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Fugas del refrigerante en las válvulas de servicio o en las válvulas de succión y descarga <input type="checkbox"/> Contaminantes en el refrigerante <input type="checkbox"/> Configuración de arranque incorrecta <input type="checkbox"/> Conexiones eléctricas sueltas o flojas <input type="checkbox"/> Lubricación escasa <input type="checkbox"/> Deterioro en las terminales eléctricas <input type="checkbox"/> Tensiones eléctricas elevadas o muy bajas <input type="checkbox"/> Corto circuito <input type="checkbox"/> Desalineamientos de los elementos móviles <input type="checkbox"/> Migración de líquido al pistón <input type="checkbox"/> Otro: _____
<p>2. Voltaje y corriente</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Conexiones sueltas o flojas <input type="checkbox"/> Insuficiente tensión eléctrica 	<p>Si selecciono otro, escriba el/los modos de falla que pueden estar presentando.</p> <p>Tu respuesta _____</p>

Fuente. Elaboración propia.

En este formulario debe seleccionar los modos de falla o causas que posiblemente se estén presentando y estén ocasionando la anomalía. Cabe mencionar que se hizo un formulario de modos de falla para cada componente.

Por otra parte, si se están presentando anomalías en las mediciones o verificaciones y el modo de falla no se encuentra en el formulario, se debe dirigir al formulario “Otros modos de falla y/o procedimientos” (Figura 48), el cual aparecerá al darle click en el botón “Otro procedimiento” que está en la sección “Fallas” del formato de la figura 41. En este formulario el técnico debe escribir que posible modo de falla nuevo se está presentando y cuál es el procedimiento para darle solución a la anomalía presentada (si es más de un modo de falla y procedimiento nuevo, envíe cada uno por aparte, dándole click en "enviar otra respuesta", frase que aparece luego de enviar la primera respuesta, es decir, luego de registrar el primer modo de falla y procedimiento). Cabe mencionar que se realizó un formulario de otros modos de falla y/o procedimientos para cada componente.

Figura 48. Formulario “otros modos de falla y/o procedimientos”

Otro/s modos de falla y/o procedimientos

Indique que otro procedimiento utilizo o realizo para darle la posible solución al modo de falla o falla identificada

*Obligatorio

1. Escriba el nuevo modo de falla o falla identificada *

Tu respuesta

2. Escriba el nuevo procedimiento que utilizo para darle solución al modo de falla o falla identificada *

Tu respuesta

Enviar

Página 1 de 1

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

Fuente. Elaboración propia.

4. Procedimientos: Luego de identificar el modo de falla o causa que este ocasionando la anomalía, el técnico debe dirigirse al formato “Procedimientos fallas” (Figura 49), el cual aparecerá al darle click en el botón “Procedimiento” que está en la sección “Procedimientos” del formato de la figura 41. En este formato aparecerá un diagrama espina de pescado el cual incluye las causas o modos de falla que el técnico seleccionó en el formulario “Modos de falla”, en este diagrama debe identificar la falla que incluye las causas que seleccionó y luego debe dirigirse a la parte inferior de ese formato y debe identificar el procedimiento a seguir según la falla identificada para darle solución a la anomalía presentada.

Figura 49. Formato “Procedimientos fallas”.

Visitenos en: <https://diac.com.co/>

DIAC DIAC INGENIERÍA S...

PROCEDIMIENTOS SEGÚN FALLA ENCONTRADA

1. IDENTIFIQUE LA FALLA QUE INCLUYE LAS CAUSAS QUE USTED SELECCIONÓ EN EL SIGUIENTE DIAGRAMA DE ESPINA DE PESCADO

2. IDENTIFIQUE Y SIGA EL PASO A PASO DE LOS PROCEDIMIENTOS SEGÚN LA FALLA IDENTIFICADA.

PROCEDIMIENTO "COMPRESIÓN DEL REFRIGERANTE INADECUADA":

1. REVISAR SI EL REFRIGERANTE UTILIZADO ES EL SELECCIONADO PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. SI ES EL SELECCIONADO REVISE QUE NO TENGA IMPUREZAS, SI SE DETECTA QUE EL ESTADO DEL REFRIGERANTE ES EL INADECUADO CAMBIÉLO POR UNO NUEVO.
2. REVISAR POR MEDIO DEL VISOR DE LA LÍNEA DE LÍQUIDO, QUE EL NIVEL DE REFRIGERANTE SEA EL ADECUADO. SI NO ES ASÍ, AGREGUE REFRIGERANTE.
3. VERIFICAR EL ESTADO DE LAS PIEZAS MÓVILES Y DEL PLATO DE VÁLVULAS. EN CASO DE PRESENTAR DESGASTE O FUGAS, PROCEDER A REALIZAR LA REPARACIÓN DEL SUBSISTEMA MECÁNICO O CAMBIARLAS PIEZAS.
4. SI LA CAUSA DE DESGASTE ES POR MIGRACIÓN DE REFRIGERANTE LÍQUIDO INSTALAR UNA VÁLVULA CHECK EN LA LÍNEA DE DESCARGA, O UN ACUMULADOR DE LÍQUIDO EN LA LÍNEA DE SUCCIÓN. SI YA LAS TIENE INSTALADAS VERIFIQUE SU FUNCIONAMIENTO, O FINALMENTE AJUSTE LA VET CON EL SOBRECARGAMIENTO ADECUADO.

PROCEDIMIENTO "LUBRICACIÓN INSUFICIENTE EN LAS PARTES MÓVILES":

1. REVISAR POR MEDIO DE LA MIRILLA DE VIDRIO EL NIVEL ADECUADO DEL ACEITE. SI NO ES EL CORRECTO AGREGUE O VERIFIQUE QUE EN EL SERPENTÍN DEL EVAPORADOR NO ESTE ESTANCADO ACEITE CONGELADO. DE IGUAL MANERA, VERIFIQUE QUE EL ACEITE UTILIZADO SEA EL CORRECTO CON RELACIÓN AL REFRIGERANTE UTILIZADO. DE LO CONTRARIO CAMBIE EL ACEITE.
2. REVISAR LA EXISTENCIA DE FUGAS EN LA LÍNEA DE ACEITE O EN LA TUBERÍA INTERNA DE LUBRICACIÓN DE PIEZAS MÓVILES. SI ES ASÍ, REALIZAR UNA PRUEBA DE FUGA, PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA FUGA Y PASARLA A CORREGIRLA.
3. VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE LA BOMBA DE ACEITE. SI NO ES EL ADECUADO REVISE EL ESTADO DE LA BOMBA O REEMPLÁCELA.
4. VERIFICAR EL ESTADO DEL ACEITE, ESTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE UNA PROBABLE EXISTENCIA DE DILUCIÓN DE ACEITE O EFECTO DE ESPUMA EN EL CÁRTER DEL COMPRESOR. SI ES ASÍ, VERIFIQUE EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA, SI ESTA PRESENTA ALGUNA ANOMALÍA REEMPLÁZARLA O CAMBIAR EL ACEITE.

PROCEDIMIENTO "COMPRESOR NO ARRANCA":

1. REVISAR EL ESTADO DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL, SI ESTA EN LA POSICIÓN ADECUADA, ABIERTO O CERRADO, SI ESTA EN LA POSICIÓN QUE NO ES CÁMBIELA.
2. REVISAR QUE EL AMPERAJE O TENSIÓN ELÉCTRICA SEA LA SUFICIENTE PARA EL ARRANQUE DEL MOTOR. SI NO ES LA REQUERIDA, VERIFICAR EL ESTADO DE LAS CONDICIONES ELÉCTRICAS O LA FUENTE DE ENERGÍA.
3. REVISAR EL ESTADO DE LOS CONTACTORES, BOBINAS Y FUSIBLES, SI SE ENCUENTRAN EN MAL ESTADO CAMBIARLOS Y/O REPARARLOS. SI NO ES ASÍ, REVISAR EL VOLTAJE Y EL ESTADO DE LAS CONDICIONES ELÉCTRICAS.
4. VERIFICAR QUE LA PROGRAMACIÓN DE ARRANQUE DEL COMPRESOR EN EL SISTEMA E2 SEA EL CORRECTO, MODIFIQUE LA PROGRAMACIÓN EN CASO DE SER NECESARIO.
5. REVISAR EL ESTADO DE LAS PIEZAS ELÉCTRICAS DEL COMPRESOR, SI PRESENTA DESGASTE O ALGUNA OTRA ANOMALÍA, SUBSANAR O REPARAR.

PROCEDIMIENTO "VIBRACIÓN Y RUIDO ELEVADO":

1. VERIFICAR EL NIVEL ADECUADO DEL ACEITE. SI NO ES EL ADECUADO, AGREGAR ACEITE HASTA LA CANTIDAD ADECUADA, SI PERSISTE EL ERROR REVISAR LAS CAUSAS Y PROCEDER CON LOS PROCEDIMIENTOS DE PALTA A LUBRICACIÓN.
2. VERIFICAR EL ESTADO DE LAS PIEZAS MÓVILES Y CORRECTA ALINEACIÓN, SI PRESENTA DESALINEACIÓN, AJUSTELA O DESGASTE POR ESFUERZOS ELEVADOS REEMPLACE LAS PIEZAS.

OTRO PROCEDIMIENTO UTILIZADO

MANTENIMIENTO AL SIGUIENTE COMPONENTE

Fuente. Elaboración propia.

Por otra parte, si se debe realizar otro procedimiento para darle solución al modo de falla identificado, debe registrar este procedimiento nuevo en el formulario denominado "otro procedimiento" (Figura 50), dándole click en el botón que dice "otro procedimiento" que está en la sección "Otro procedimiento utilizado" del formato de la figura 49. En este formulario el técnico debe escribir el nuevo procedimiento para darle solución al modo de falla presentado (si es más de un procedimiento nuevo, envíe cada uno por aparte, dándole click en "enviar otra respuesta", frase que aparece luego de enviar la primera respuesta, es decir, luego de registrar el primer procedimiento nuevo).

Figura 50. Formulario "Otros procedimientos".

Otro/s Procedimientos

Indique que otro procedimiento utilizo o realizo para darle la posible solución al modo de falla o falla identificada

*Obligatorio

1. Escriba el modo de falla o falla identificada *

Tu respuesta

2. Escriba el nuevo procedimiento que utilizo para darle solución al modo de falla o falla identificada *

Tu respuesta

Enviar

Página 1 de 1

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

Fuente. Elaboración propia.

Luego de registrar los nuevos procedimientos, debe dirigirse al botón "Continuar mantenimiento (compresor, evaporador, condensador, VET, tubería o E2)", para continuar con el mantenimiento del componente, este lo dirigirá nuevamente al formato de la figura 41. Cabe mencionar que se realizó un formato de "Procedimiento fallas" y un formulario de "Otros procedimientos" para cada componente.

5. Registro final: Para terminar con el proceso de plan de mantenimiento preventivo, el técnico debe dirigirse al formulario “Registro final” (Figura 51), el cual aparecerá al darle click en el botón “Registro final” que está en la sección “Registro fotográfico final” del formato de la figura 41. Este formulario se debe diligenciar en su totalidad y enviarlo.

Figura 51. Formulario “Otros procedimientos”.

REGISTRO FINAL

El nombre y la foto asociados a tu cuenta de Google se registrarán cuando subas archivos y envíes este formulario. ¿No es tuya la dirección juanmendoza07.jdmp@gmail.com?
[Cambiar de cuenta](#)

*Obligatorio

AÑADA EL REGISTRO FOTOGRÁFICO FINAL DEL COMPONENTE *

[Añadir archivo](#)

OBSERVACIONES

Tu respuesta

Enviar Página 1 de 1

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

Fuente. Elaboración propia.

Cabe mencionar que se realizó un formulario de “Registro final” para cada componente.

Por otra parte, cada componente tiene un código QR por aparte como se muestra en la figura 52, 53, 54, 55, 56 y 57, esto para tener un acceso directo a cada componente y facilitar cuando se necesita información directa de cada componente en especial. Estos códigos QR estarán tanto en campo como en oficina en una parte muy visible y de fácil acceso.

Figura 52. Código QR compresor.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 53. Código QR evaporador.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 54. Código QR condensador.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 55. Código QR VET.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 56. Código QR Tubería.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 57. Código QR sistema E2.



Fuente. Elaboración propia.

4.9.1.2 Información generada y centralizada: La información que se genera en tiempo real al diligenciar cada uno de los formularios es: historial de intervenciones del mantenimiento preventivo, historial de modos de falla y fallas, historial de modos de falla y procedimientos nuevos e historial fotográfico de cada componente del sistema de refrigeración. Esta información es actualizada y centralizada en tiempo real en bases de datos que son archivos en Excel y carpetas en el drive como lo son el caso de las imágenes del registro fotográfico. Estos archivos de Excel se muestran en las figuras 58, 59, 60, 61 y 62.

Figura 58. Base de datos historial de intervenciones del mantenimiento preventivo mensual, bimestral, trimestral, semestral y anual.

The image displays two screenshots of Microsoft Excel spreadsheets, one above the other, representing data entry forms for preventive maintenance. Both spreadsheets are titled 'Preventivo Mensual Compresor (respuestas)' and 'Preventivo Bimestral Compresor (respuestas)' respectively. The top spreadsheet is active, showing a grid with columns labeled A through L and rows 1 through 33. The header row (row 1) contains the following text: 'Marca temporal' in column A, 'Nombre y apellidos' in column B, 'Fecha y hora de inicio' in column C, and five identical measurement prompts in columns D through H: '1. Medir temperatura de l Según el valor medido, la 2. Medir temperatura de l Según el valor medido, la 3. Medir temperatura del Según el valor medido, la 4. Medir presión de la line Según el valor medido, la 5. Medir presión de la lin'. The rest of the grid is empty. The bottom spreadsheet is identical in structure and content to the top one.

Fuente. Elaboración propia.

Figura 59. Continuación base de datos historial de intervenciones del mantenimiento preventivo mensual, bimestral, trimestral, semestral y anual.

The figure displays three sequential screenshots of Google Forms spreadsheets, each representing a different frequency of preventive maintenance: Trimestral (Quarterly), Semestral (Bi-monthly), and Anual (Annual). Each spreadsheet is titled 'Preventivo [Frecuencia] Compresor (respuestas)' and contains a table with the following columns:

- Marca temporal** (Time mark)
- Nombre y apellidos** (Name and surnames)
- Fecha y hora de inicio** (Start date and time)
- 1. Medir temperatura de l Según el valor medido, la 2. Medir temperatura de l Según el valor medido, la 3. Medir temperatura del l Según el valor medido, la 4. Medir presión de la lin Según el valor medido, la 5. Medir presión de la lin** (Five measurement points for temperature and pressure)

The spreadsheets are empty, showing only the header row and a grid of 30 rows for data entry. The interface includes standard Google Forms navigation and editing tools.

Fuente. Elaboración propia.

Figura 60. Base de datos historial de modos de falla y fallas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Marca temporal	1	Temperatura y presión	2	Voltaje y corriente	Si selecciono otro, escribi Modos de falla verificado Si selecciono otro, escriba ellos modos de falla que pueden estar presentando						
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												

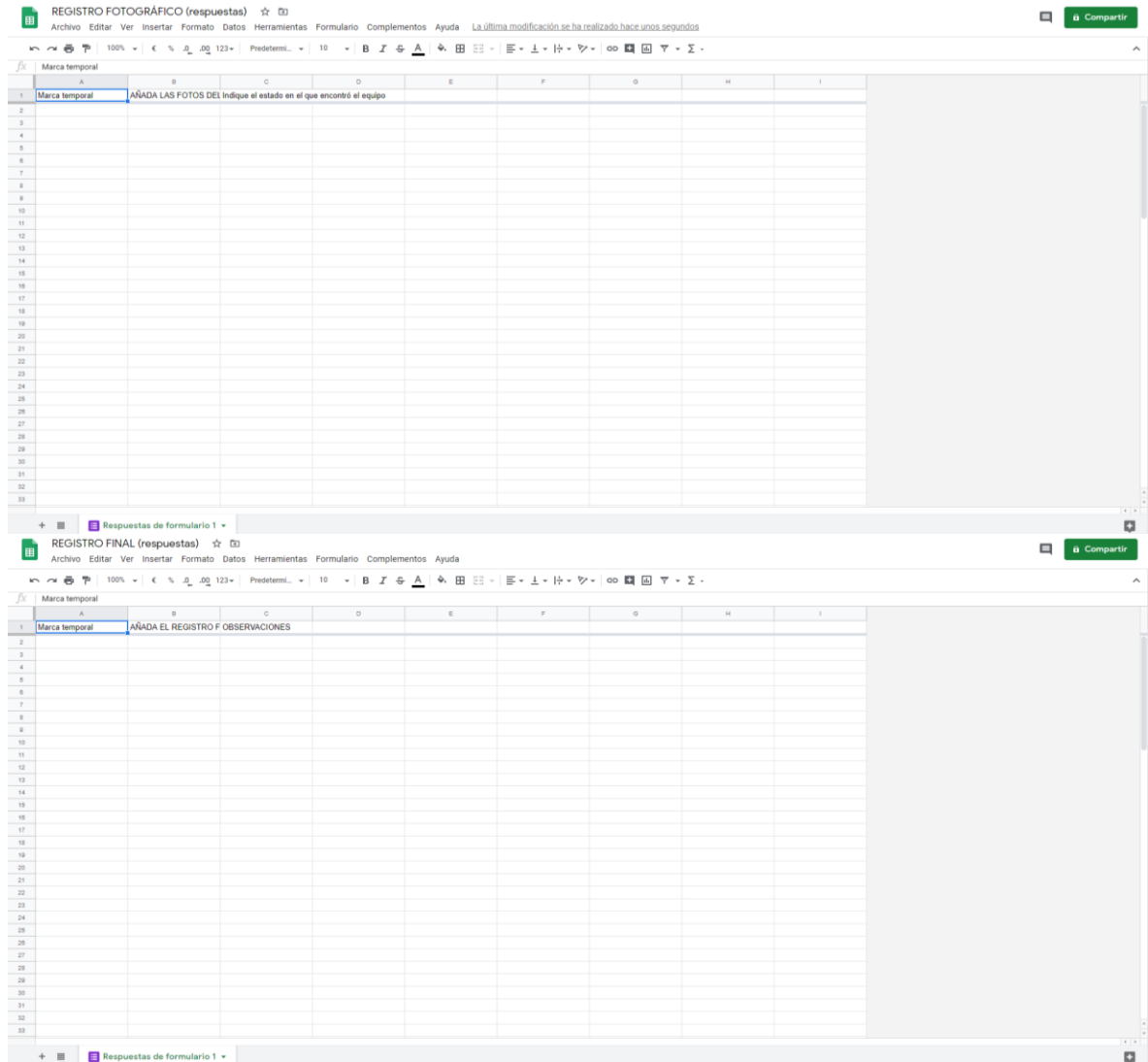
Fuente. Elaboración propia.

Figura 61. Base de datos historial de modos de falla y procedimientos nuevos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Marca temporal	1	Escribe el nuevo modo	2	Escribe el nuevo procedimiento que utilizo para darle solución al modo de falla o falla identificada				
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									

Fuente. Elaboración propia.

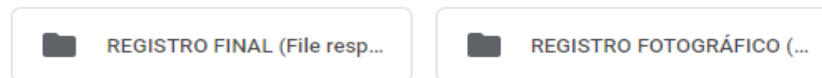
Figura 62. Base de datos historial fotográfico inicial y final.



Fuente. Elaboración propia.

Para el registro fotográfico las imágenes se van guardando en tiempo real en carpetas como se muestra en la figura 63, una para el registro fotográfico inicial y otra para el registro fotográfico final.

Figura 63. Carpetas registro fotográfico.



Fuente. Elaboración propia.

En estas bases de datos se registran las respuestas de los formularios de forma horizontal, y cada vez que se diligencia un nuevo formulario en su totalidad se va listando sus respuestas de forma vertical, de esta manera se va centralizando la información de mantenimiento del sistema de refrigeración de compresión de vapor en tiempo real y de forma organizada. Cabe mencionar que para cada componente se realizó una base de datos para el historial de intervenciones del mantenimiento preventivo, historial de modos de falla y fallas, historial de modos de falla y procedimientos nuevos, historial fotográfico y carpetas del registro fotográfico.

4.9.1.3 Formatos: Para documentar, centralizar y organizar de una forma formal y sencilla y para visualizar más fácilmente la información adquirida en las bases de datos, se diseñaron dos formatos para cada componente; uno de estos es el “control de actividades preventivas” como se muestra en la figura 64, el cual evidencia cada una de las tareas preventivas con su debida frecuencia. En este formato se plasmó todos los meses del año, con el fin de que se registren los valores de las variables medidas y la realización de las verificaciones y acciones mes a mes. Para las verificaciones y acciones cada mes se divide en las semanas presentes en cada uno de estos, esto con el fin de marcar con una “X” la semana del mes que se realizaron estas tareas preventivas. De esta manera, se tiene un control de realización de cada una de las tareas preventivas tanto mensualmente como anualmente.

El otro formato es la “Hoja de vida” como se muestra en la figura 65, en este se debe diligenciar la falla presentada, el modo de falla, el procedimiento a realizar, los repuestos utilizados, el tiempo y la fecha de intervención. De esta manera, se podrá llevar el historial de fallas y procedimientos de cada componente. Cabe mencionar que se realizó un formato de control de actividades preventivas y un formato de hoja de vida para cada componente como se muestra en los **anexos D y E**.


Estos formatos se pueden visualizar al darle click en los botones “Tareas preventivas” y/o “Hoja de vida”, que están en la sección “Formatos” del formato plan de mantenimiento preventivo (Figura 41) de la herramienta informática. Estos formatos, se deben descargar para poder editarlos y diligenciarlos, y si se necesita imprimirlos. La persona encargada de diligenciar estos formatos, debe ser la responsable de guardar estos formatos en las carpetas disponibles en el drive denominadas “Formatos diligenciados”, cada vez que se editan o se diligencian. Cabe mencionar que hay una carpeta para guardar estos formatos para cada componente.

Figura 64. Formato "Control de actividades".

		DIAC INGENIERIA S.A.S.				CÓDIGO:		CA CM01						
		CONTROL DE ACTIVIDADES				VERSIÓN:		001						
						VIGENCIA:		31/12/2020						
NOMBRE:						FECHA:								
CLIENTE:						UBICACIÓN:								
EQUIPO:		Sistema de refrigeración de compresión de vapor				SERVICIO:								
ESPECIFICACIONES														
COMPONENTE:		Compresor				CÓDIGO:		DI-AL-R01CM01						
MARCA:		Copeland				FLUIDO DE TRABAJO:		R-22 o R-507						
TIPO:		Desplazamiento positivo-recíprocante				SISTEMA DE TRABAJO:		Media y baja temperatura						
TAREAS PREVENTIVAS														
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	OBSERVACIONES
MEDICIONES														
Mensual	Medir temperatura de la línea de succión													
Mensual	Medir temperatura de la línea de descarga													
Mensual	Medir temperatura del cárter													
Mensual	Medir presión de la línea de succión													
Mensual	Medir presión de la línea de descarga													
Mensual	Medir voltaje en la bornera del compresor													
Mensual	Medir voltaje del breaker													
Mensual	Medir voltaje del contactor													
Mensual	Medir corriente en la bornera del compresor													
Mensual	Medir corriente del breaker													
Mensual	Medir corriente del contactor													
VERIFICACIONES														
Mensual	Verificar mediante inspección visual y corregir fugas de refrigerante en la entrada y salida del compresor													
Mensual	Inpeccionar el estado del cableado de conexión y alimentación													
Bimensual	Verificar funcionamiento del compresor en automático													
Mensual	Verificar estado de las conexiones de los sensores de medición													
Mensual	Verificar el nivel de aceite en el Cárter													
Mensual	Verificar estado de aislamiento de la bobina													
Mensual	Verificar estado de N/C-N/C del contactor y breaker													
Mensual	Verificar estado de bobina del motor eléctrico													
Semestral	Verificar el estado eléctrico del motor eléctrico													
Anual	Verificar estado del desgaste del sistema mecánico													
ACCIONES														
Mensual	Limpiar el polvo y suciedad externamente													
Trimestral	Limpiar, ajustar y lubricar los contactos de los elementos eléctricos													
Trimestral	Realizar prueba de acidez al aceite													
Mensual	Ajustar terminales de la bornera del compresor													
Mensual	Ajustar terminales del breaker													
Mensual	Ajustar terminales del contactor													
Trimestral	Lijar contactor del contactor													
Anual	Cambio de aceite del Cárter													
Mensual	Ajustar las conexiones de los sensores de medición													
OBSERVACIONES:														
FIRMAS														
_____					_____					_____				
REALIZACIÓN					REVISIÓN					APROBACIÓN				

Fuente. Elaboración propia.

Figura 65. Formato “Hoja de vida”.

	DIAC INGENIERIA S.A.S.		CÓDIGO:	HJ CM01			
	HOJA DE VIDA		VERSION:	001			
			VIGENCIA:	31/12/2020			
NOMBRE:		FECHA:					
CLIENTE:		UBICACIÓN:					
EQUIPO:	Sistema de refrigeración de compresión de vapor	SERVICIO:					
ESPECIFICACIONES							
COMPONENTE:	Compresor	CÓDIGO:	DI-AL-R01CM01				
MARCA:	Copeland	FLUIDO DE TRABAJO:	R-22 o R-507				
TIPO:	Desplazamiento positivo-reciprocante	SISTEMA DE TRABAJO:	Media y baja temperatura				
HISTORIAL DE FALLAS Y PROCEDIMIENTOS							
ITEM	FALLA	MODO DE FALLA	PROCEDIMIENTO	FECHA DE EJECUCIÓN	TIEMPO DE OPERACIÓN	REPUESTO UTILIZADO	OBSERVACIONES
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
OBSERVACIONES GENERALES:							
FIRMAS							
_____			_____			_____	
REALIZACIÓN			REVISIÓN			APROBACIÓN	

Fuente. Elaboración propia.

5. ANÁLISIS AMBIENTAL Y FINANCIERO

5.1 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

La industria de la refrigeración es una industria que tiene una gran incidencia en la afectación del medio ambiente, es por esto que está regulada y controlada con rigurosas normas y altas exigencias medioambientales para que pueda operar: por lo que, es importante analizar el impacto que tiene cada una de sus aplicaciones hacia el medio ambiente. En este caso, la aplicación es la refrigeración comercial aplicada a almacenes de cadena para la preparación y conservación de productos alimenticios, y como se mencionó en el capítulo 1 (uno) el método utilizado por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. para refrigerar o enfriar es el de compresión de vapor. De esta manera, se realizará el análisis de impacto ambiental para los sistemas de refrigeración por compresión de vapor. Este análisis de impacto ambiental se centrará en la operatividad y mantenimiento preventivo que se le aplicaría al sistema de refrigeración por compresión de vapor, teniendo en cuenta, la función y el funcionamiento del sistema, las tareas y/o actividades preventivas de mantenimiento y las posibles fallas que puede presentar el sistema de refrigeración. Además, se tendrá en cuenta el uso de la herramienta informática.

Para el estudio o análisis del impacto ambiental se utilizará una matriz de impacto ambiental, la cual muestra y evalúa cada uno de los impactos generados por el sistema de refrigeración sobre el ambiente, bien sean positivos o negativos.

5.1.1 Matriz de impacto ambiental: La matriz que se usará para evaluar los impactos ambientales generados por el sistema de refrigeración es la matriz CONESA, la cual evalúa cuantitativamente la importancia que tiene cada impacto ambiental en el caso de que ocurra; esto lo hace teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **“Tipo de impacto o signo:** Impacto positivo, es aquel admitido tanto por la comunidad técnica y científica como la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costos y beneficios genéricos y de los aspectos externo de la actuación contemplada. E impacto negativo, cuando su efecto se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivado de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una zona determinada.
- **Intensidad:** Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa.

- **Extensión:** Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (es el porcentaje de área respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto).
- **Momento:** Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado.
- **Persistencia:** Se refiere al tiempo que permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante medidas correctivas.
- **Reversibilidad:** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por la actividad o proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.
- **Recuperabilidad:** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado como consecuencia de la actividad o del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental).
- **Sinergia:** Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simple. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultáneamente.
- **Acumulación:** Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.
- **Efecto:** Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de su acción.
- **Periodicidad:** Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto⁷⁰.”

Cada uno de estos criterios y/o atributos se evaluará teniendo en cuenta la siguiente ponderación:

⁷⁰ VITORA FERNANDEZ CONESA, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed 2. Madrid, España. Editorial MUNDI-PRENSA. 1993. P 11.

Cuadro 83. Ponderación de los criterios de evaluación ambientales.

Criterio	Clasificación	Descripción	Ponderación
Tipo de impacto o signo	Beneficioso	Cuando es admitido tanto por la comunidad técnica y científica como la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costos y beneficios genéricos y de los aspectos externo de la actuación contemplada	+
	Perjudicial	Cuando su efecto se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivado de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una zona determinada.	-
Intensidad (IN)	Baja	Expresa una destrucción mínima del factor considerado	1
	Muy alta	Expresa una destrucción total del factor considerado en el caso en que se produzca el efecto. El efecto se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos. (Alta = 8 y medio = 4 están en el medio de estos dos)	12
Extensión (EX)	Puntual	La acción impactante produce un efecto muy localizado	1
	Parcial	Incidencia apreciable en el medio	2
	Extensa	El efecto se detecta en una gran parte del medio considerado	4
	Total	El efecto se manifiesta de manera generalizada en todo el entorno considerado	8
	Critico	Cuando el efecto se produce en un lugar critico	(+4)
Momento (MO)	Largo plazo	Superior a cinco años	1
	Mediano plazo	Entre un año y cinco años	2
	Corto plazo	Inferior a un año	4
	Inmediato	Tiempo transcurrido nulo	8
	Critico	Cuando el efecto se produce en un momento critico	(+4)

Fuente. Elaboración propia con base en VITORA FERNANDEZ CONESA, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed 2. Madrid, España. Editorial MUNDI-PRENSA. 1993. P 11 -13.

Cuadro 84. Continuación ponderación de los criterios de evaluación ambientales.

Criterio	Clasificación	Descripción	Ponderación
Persistencia (PE)	Fugaz	Duración del efecto menor a un año	1
	Temporal	Duración de efecto entre uno y tres años	2
	Pertinaz	Duración del efecto entre cuatro y diez años	4
	Permanente	Duración mayor a diez años	8
Reversibilidad (RV)	Reversible	La alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a corto, medio o largo plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.	1
	Irreversible	Supone la imposibilidad o dificultades extrema de retornar, por medio naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce	4
Sinergia (SI)	Sin sinergismo (simple)	-	1
	Sinérgico	-	4
Acumulación (AC)	Simple	Se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación ni en la de su sinergia	1
	Acumulativo	Efecto que al prologarse en el tiempo la acción del agente inductor incrementa progresivamente su gravedad al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto	4
Efecto (EF)	Indirecto	Incidencia inmediata respecto a la interdependencia o, en general a la relación de un factor con otro.	1
	Directo	Incidencia inmediata en algún factor ambiental	4

Fuente. Elaboración propia con base en VITORA FERNANDEZ CONESA, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed 2. Madrid, España. Editorial MUNDI-PRENSA. 1993. P 14 -18.

Cuadro 85. Continuación ponderación de los criterios de evaluación ambientales.

Criterio	Clasificación	Descripción	Ponderación
Periodicidad (PR)	Irregular o aperiódico o discontinuo	Efecto se manifiesta a través de alteraciones irregulares en su permanencia	1
	Periódico	Efecto se manifiesta con un modo de acción intermitente y continua en el tiempo	2
	Continuo	Efecto se manifiesta a través de alteraciones regulares en su permanencia	4
Recuperabilidad (MC)	Recuperable	La alteración puede eliminarse por la acción humana, estableciendo las oportunas medidas correctoras, y así mismo, aquel en que la alteración que supone puede ser reemplazable	1
	Mitigable o compensable	La alteración puede paliarse o mitigarse de una manera ostensible, mediante el establecimiento de medidas correctoras	4
	Irrecuperable	La alteración del medio o pérdida que supone es imposible de reparar, tanto por la acción natural como por la humanidad	8

Fuente. Elaboración propia con base en VITORA FERNANDEZ CONESA, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed 2. Madrid, España. Editorial MUNDI-PRENSA. 1993. P 18-19.

Teniendo en cuenta esta ponderación, se calcula la importancia de cada impacto con la siguiente ecuación:

Figura 66. Ecuación de cálculo.

$$IMPORTACIA = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Fuente. Elaboración propia con base en VITORA FERNANDEZ CONESA, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed 2. Madrid, España. Editorial MUNDI-PRENSA. 1993.

Para calificar el resultado de la importancia de cada impacto se tiene en cuenta la siguiente calificación:

Cuadro 86. Calificación de impacto.

Impacto	Ponderación	Color
Irrelevante o compatible con el ambiente	Inferior a 25	
Moderados	25-50	
Severos	50-75	
Críticos	superior a 75	

Fuente. Elaboración propia con base en VITORA FERNANDEZ CONESA, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed 2. Madrid, España. Editorial MUNDI-PRENSA.1993.

Teniendo en cuenta esta calificación, se define cada tipo de impacto de la siguiente manera:

- “Impacto irrelevante: Efecto que es compatible con el medio ambiente.
- Impacto moderado: Efecto cuya recuperación no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas y en el que el retorno al estado inicial del medio ambiente no requiere un largo espacio de tiempo.
- Impacto severo: Efecto en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas correctoras o protectoras y en el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa de un período de tiempo dilatado.
- Impacto crítico: Efecto cuya magnitud es superior a la aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas correctoras o protectoras⁷¹.”

⁷¹ VITORA FERNANDEZ CONESA, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed 2. Madrid, España. Editorial MUNDI-PRENSA. 1993. P 22.

Para establecer los aspectos e impactos ambientales que puede generar el sistema de refrigeración, se tendrá en cuenta: la operatividad que este realiza, la cual se enfoca en el funcionamiento y las posibles fallas frecuentes que este puede presentar, el mantenimiento preventivo aplicado, este se enfoca en las actividades de mantenimiento preventivo que se le realizaría a este y además, se tendrá en cuenta que impacto ambiental tiene el desarrollo y uso de la herramienta informática. De esta manera, teniendo en cuenta la definición de aspecto e impacto ambiental, se presenta cada aspecto e impacto y la relación entre estos, en el siguiente cuadro (cuadros 87 y 88):

- **Aspecto ambiental:** Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente.

- **Impacto ambiental:** Cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales⁷².

Cuadro 87. Relación aspecto-impacto ambiental.

Aspecto	Impacto
Generación de residuos peligrosos (aceite y refrigerante líquido usado)	Afectación a la fauna
	Afectación a la flora
	Cambio en las propiedades fisicoquímicas del suelo
	Cambio en las propiedades fisicoquímicas de cuerpos de agua
Fugas de gas refrigerante	Alteración de la composición química de la atmósfera
	Afectación a la salud humana
	Cambios en las características fisicoquímicas del aire
Generación de ruido	Afectación a la salud humana
	Afectación a la fauna
Consumo de agua	Cambio en la disponibilidad del recurso hídrico
	Afectación a la fauna
Consumo de energía eléctrica	Cambio en la disponibilidad del recurso
	Afectación a la fauna
	Afectación a cuerpos de agua
Uso de refrigerantes y líquidos químicos para limpieza	Afectación a la salud humana
	Alteración de la composición química de la atmósfera
	Afectación a la fauna
	Afectación a la flora
	Cambios en las características fisicoquímicas del aire

Fuente. Elaboración propia.

⁷² ICONTEC [Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación]. Sistema de gestión ambiental requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 14001. Bogotá D.C., Colombia. ICONTEC. 2015. P 17

Cuadro 88. Continuación relación aspecto-impacto ambiental.

Aspecto	Impacto
Incendio por chispa	Afectación a la fauna
	Afectación a la flora
	Cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo
	Alteración de la composición química de la atmosfera
	Cambios en las características fisicoquímicas del aire
	Afectación a la salud humana
Derrame de aceite y refrigerante liquido	Afectación a la fauna
	Afectación a la flora
	Cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo
	Cambio en las propiedades fisicoquímicas de cuerpos de agua
	Alteración en la composición química de la atmosfera
	Cambios en las características fisicoquímicas del aire
	Afectación a la salud humana

Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los impactos generados por cada aspecto, ahora se pasa a realizar el análisis y evaluación de cada uno de estos mediante el uso de la metodología CONESA. Para esto, se realizará una matriz de evaluación ambiental como se muestra en el cuadro 89, la cual evalúa cada impacto producido por cada aspecto.

Cuadro 89. Matriz de evaluación ambiental.

Relación aspecto-impacto ambiental				Evaluación de criterios										Incidencia del impacto		
Actividad	Aspecto	Impacto	Relación	Signo	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Importancia	Tipo de impacto
Mantenimiento y operación del sistema de refrigeración y uso de la herramienta informática	Generación de residuos peligrosos (aceite y refrigerante líquido usado)	Afectación a la fauna	Mal manejo de la disposición final de aceites y refrigerantes usados	-	8	1	4	1	1	1	4	1	1	1	40	MODERADO
		Afectación a la flora		-	8	1	4	1	1	1	4	4	1	1	43	MODERADO
		Cambio en las propiedades fisicoquímicas del suelo		-	8	1	8	1	1	1	4	4	1	1	47	MODERADO
		Cambio en las propiedades fisicoquímicas de cuerpo de agua		-	8	4	8	1	1	1	4	4	1	1	53	SEVERO
	Fugas de gas refrigerante	Alteración de la composición química de la atmosfera	Los gases refrigerantes son sustancias agotadoras de la capa de ozono y toxicas al ser humano	-	8	2	4	1	4	1	4	4	1	4	51	SEVERO
		Afectación a la salud humana		-	4	1	8	1	1	1	4	4	1	1	35	MODERADO
		Cambio en las características fisicoquímicas del aire		-	8	2	8	1	4	1	4	4	1	4	55	SEVERO
	Generación de ruido	Afectación a la fauna	Generación de ruido afecta condiciones de la comunidad humana y de la biodiversidad	-	1	1	8	1	1	1	4	4	1	1	26	MODERADO
		Afectación a la salud humana		-	1	1	8	1	1	1	4	4	1	1	26	MODERADO
	Consumo de agua	Cambio en la disponibilidad del recurso	Uso no adecuado del recurso, puede generar afectación en su disponibilidad y afectación en la biodiversidad	-	4	1	8	1	1	1	4	4	1	1	35	MODERADO
		Afectación a la fauna		-	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	16	IRRELEVANTE
	Consumo de energía eléctrica	Cambio en la disponibilidad del recurso	EL sistema de refrigeración funciona gracias a este recurso, sin embargo, un uso no adecuado del recurso, puede generar afectación en su disponibilidad y afectación en la biodiversidad por su fuente de producción (hidroeléctricas)	-	4	1	8	1	1	1	4	4	1	1	35	MODERADO
		Afectación a la fauna		-	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	19	IRRELEVANTE
		Afectación a cuerpos de agua		-	1	1	8	1	1	1	4	1	1	1	23	IRRELEVANTE
	Uso de refrigerantes y líquidos químicos para limpieza	Afectación a la salud humana	Los gases refrigerantes y líquidos químicos de limpieza son sustancias agotadoras de la capa de ozono, toxicas y perjudiciales para el ser humano y para la biodiversidad.	-	4	1	8	1	1	1	4	4	2	1	36	MODERADO
		Alteración de la composición química de la atmosfera		-	8	2	4	1	4	1	4	4	2	4	52	SEVERO
		Afectación a la fauna		-	4	1	2	1	1	1	4	1	2	1	27	MODERADO
		Afectación a la flora		-	4	1	2	1	1	1	4	1	2	1	27	MODERADO
		Cambio en las características fisicoquímicas del aire		-	8	2	8	1	4	1	4	4	2	4	56	SEVERO
	Incendio por chispa	Afectación a la fauna	Producción de CO2 y otros gases que perjudican la calidad del aire, eliminación de la flora, afectación del suelo y quemaduras al ser humano e infraestructura.	-	12	2	8	1	1	1	4	4	1	4	64	SEVERO
		Afectación a la flora		-	12	2	8	1	1	1	4	4	1	4	64	SEVERO
		Cambio en las propiedades fisicoquímicas del suelo		-	12	2	8	1	1	1	4	4	1	4	64	SEVERO
		Alteración de la composición química de la atmosfera		-	12	4	8	1	1	1	4	4	1	4	68	SEVERO
		Cambio en las características fisicoquímicas del aire		-	12	4	8	1	1	1	4	4	1	4	68	SEVERO
		Afectación a la salud humana		-	12	2	8	1	1	1	4	4	1	4	64	SEVERO
		Afectación a la flora		-	4	1	4	1	1	1	4	4	1	4	34	MODERADO
	Derrame de aceite y refrigerante líquido	Afectación a la fauna	Los gases refrigerantes y aceite de lubricación son sustancias agotadoras de la capa de ozono, toxicas y perjudiciales para el ser humano y la biodiversidad.	-	4	1	4	1	1	1	4	4	1	4	31	MODERADO
		Cambio en las propiedades fisicoquímicas del suelo		-	8	1	4	1	1	1	4	4	1	4	46	MODERADO
		Cambio en las propiedades fisicoquímicas del aire		-	4	1	4	1	1	1	4	1	1	4	31	MODERADO
		Cambio en las propiedades fisicoquímicas de cuerpos de agua		-	8	1	4	1	1	1	4	4	1	4	46	MODERADO
Alteración en la composición química de la atmosfera		-		4	1	4	1	1	1	4	1	1	4	31	MODERADO	
Afectación a la salud humana		-		8	1	4	1	1	1	4	4	1	4	46	MODERADO	

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la matriz de evaluación ambiental muestran que la operación y el mantenimiento preventivo que se le aplicaría al sistema de refrigeración, y el uso de la herramienta informática tienen un impacto moderado hacia el medio ambiente, lo que significa que no se necesitan medidas correctivas o protectoras para controlar y/o solucionar los daños producidos por los efectos de cada impacto ambiental. Sin embargo, en la matriz hay dos aspectos donde la mayoría de sus impactos están clasificados como severos, los cuales para su control y/o solución se necesitan de medidas correctoras y protectoras, y un tiempo considerado para que el medio ambiente se recupere. Estos aspectos son ocasionados por las posibles fallas que puede presentar el sistema de refrigeración sin un mantenimiento preventivo adecuado; estos son las fugas del gas refrigerante y los incendios por chispa. De esta manera, es preciso tener un plan de mantenimiento preventivo correcto para evitar y/o prevenir estos tipos de impactos hacia el medio ambiente ocasionados por las fallas del sistema de refrigeración.

5.2 ANÁLISIS DE COSTOS

En la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. la falta de la gestión de la información del mantenimiento de los sistemas de refrigeración por compresión de vapor también repercute a que no exista información financiera actualizada, confiable ni precisa referente al mantenimiento. De esta manera, en esta sección se realizará el análisis de los costos totales de desarrollo e implementación del plan de mantenimiento preventivo presente en este proyecto. Este análisis de costos consistirá en la determinación de los costos indirectos o costos de realización del proyecto y en la determinación de los costos directos del proyecto, dentro de estos costos están: los costos de realización de las tareas del plan de mantenimiento preventivo, los costos para el uso de la herramienta informática y los costos de implementación del plan de mantenimiento preventivo y de la herramienta informática.

5.2.1 Costos indirectos (inversión inicial): Los costos indirectos hacen referencia a los gastos que se tuvieron para desarrollar este proyecto. Entre estos gastos están: los costos o gastos de talento humano, estos se refieren al coste de los investigadores quienes realizaron el proyecto, y el coste de las capacitaciones tanto de las tutorías de los profesores ofrecidas por la Universidad de América como de los acompañamientos y/o tutorías prestadas por la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. que tuvieron los investigadores para el desarrollo y la realización del proyecto. Para la determinación de estos dos costes, se calculó el valor por hora tanto de los investigadores como de los capacitadores teniendo en cuenta el salario mínimo legal vigente del 2020 de \$ 877.802 COP y el escalafón y salario de los ingenieros según el manual de referencias de tarifas de ingeniería (ACIEM) como se muestra en el cuadro 90, y se multiplicó por la cantidad de horas gastadas e invertidas en capacitaciones y en la realización del proyecto, estos valores se muestran en el cuadro 91.

Otros costos son los de maquinaria y equipos, estos se refieren a los equipos tecnológicos o maquinaria mecánica o automática que fueron necesarios para realizar el proyecto; estos equipos son prácticamente los dos computadores que se utilizaron por los dos investigadores. Para determinar los costos de maquinaria y equipos, se calculó el costo energético que consume cada computador y se multiplicó por las horas que se utilizaron. El costo energético se calculó multiplicando el consumo promedio de potencia eléctrica de una laptop o portátil que es 65W = 0.065 kW por el valor promedio del kWh que es \$ 546,8625 COP/kWh según la empresa de energía durante el periodo de realización del proyecto, dando un resultado de \$ 35,5460625 COP/h; y este resultado finalmente se multiplico por la cantidad de horas de uso de cada computador las cuales fueron en un promedio de 30 horas semanales, estos valores se muestran en el cuadro 91. Otros costos que se determinaron fueron los fungibles utilizados durante el proyecto, en estos se incluyeron el internet consumido y los libros físicos utilizados; para la determinación de estos costos, se calculó el valor por hora para el internet consumido dando un resultado de \$ 49 COP/h; este valor se calculó teniendo en cuenta el valor mensual del servicio de internet según la empresa prestadora de este servicio que es en un promedio de \$ 35.000 COP, y para los libros físicos se determinó que estos libros deben ser comprados, donde cada uno tiene un costo promedio de \$ 100.000 COP, de igual manera, estos costos se muestran en el cuadro 91.

Por último, se tuvieron en cuenta los costos de transporte y alimentación durante las visitas a la empresa, para determinar el coste de transporte se multiplicó el coste del transporte del año 2020, el cual es \$ 2.500 COP por la cantidad de visitas y eso multiplicado por la cantidad de investigadores. De igual manera, se calculó los costos de alimentación, se multiplicó la cantidad de visitas por un promedio de costos de alimentación durante la visita de \$ 8.000 COP, y este se multiplicó por la cantidad de investigadores; estos valores se muestran en el cuadro 91.

Finalmente, teniendo en cuenta todos los costos anteriormente descritos y haciendo la suma entre estos, se calcula el subtotal de los costos indirectos del proyecto dando como resultado la suma de \$ 15´786.111,35 COP; y a este valor se le sumó los costos generados por los imprevistos que pudieron ocurrir durante la realización y desarrollo del proyecto, los cuales son el 6% del valor subtotal; para tener un resultado de costos totales indirectos de \$ 16´733.278,03 COP.

Cuadro 90. Salarios según escalafón ACIEM.

Persona	Escalafón ACIEM	Salario mensual	COP/h
Investigador o proyectista 1	8	\$ 3.511.208,00	\$ 14.630,03
Investigador o proyectista 2	8	\$ 3.511.208,00	\$ 14.630,03
Capacitadores	5	\$ 7.900.218,00	\$ 32.917,58

Fuente. Elaboración propia con base en ACIEM.

Cuadro 91. Costos indirectos del proyecto.

COSTOS INDIRECTOS			
ITEMS	VALOR COP/HORA	CANTIDAD/ HORAS	TOTAL (\$)
TALENTO HUMANO			
Investigador 1	\$ 14.630,03	480	\$ 7.022.416,00
Investigador 2	\$ 14.630,03	480	\$ 7.022.416,00
Capacitadores	\$ 32.917,58	35	\$ 1.152.115,13
Total Talento Humano			\$ 15.196.947,13
ITEMS	VALOR COP/HORA	CANTIDAD/ HORAS	TOTAL (\$)
MAQUINARIA Y EQUIPOS			
Computador 1	\$ 35,55	480	\$ 17.062,11
Computador 2	\$ 35,55	480	\$ 17.062,11
Total Maquinaria y Equipos			\$ 34.124,22
ITEMS	VALOR COP/HORA y COP/UNIDAD	CANTIDAD/ HORAS	TOTAL (\$)
FUNGIBLES			
Internet	\$ 49,00	960	\$ 47.040,00
Libros	\$ 100.000,00	3	\$ 300.000,00
Total Fungibles			\$ 347.040,00
ITEMS	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL (\$)
OTROS GASTOS			
Transporte	\$ 2.500,00	32	\$ 80.000,00
Alimentación	\$ 8.000,00	16	\$ 128.000,00
Total Otros Gatos			\$ 208.000,00
SUB-TOTAL			\$ 15.786.111,35
Imprevistos (6%)			\$ 947.166,68
TOTAL			\$ 16.733.278,03

Fuente. Elaboración propia.

5.2.2 Costos directos: Los costos directos del mantenimiento como se mencionó anteriormente hacen referencia a los costos de realización de las tareas del plan de mantenimiento preventivo, los costos para el uso de la herramienta informática y los costos de implementación del plan de mantenimiento preventivo y de la herramienta informática. Para analizar los costos directos se estableció un periodo de estudio de

1 (un) año. De esta manera, para determinar los costos de realización de las tareas preventivas, primeramente se dividió estas tareas preventivas en tres categorías que como se mencionó en el capítulo 4 (cuatro), son tareas de medición, verificación o inspección y acción; seguidamente, se calculó los costos de mano de obra del técnico especializado o con suficiente experiencia en refrigeración para ejecutar cada tarea preventiva, y los costos de insumos, repuestos, equipos de medición y elementos de protección personal que son necesarios para realizar cada tarea preventiva. Y por último, se determinó el número de intervenciones por año de cada categoría de las tareas preventivas, que según el plan de mantenimiento preventivo presentado en este proyecto son 12 intervenciones por año, y se determinó el tiempo que se gasta para realizar cada tarea preventiva. Finalmente teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, se determinó los costos de realización de las tareas preventivas por año, mediante la ecuación:

Figura 65. Ecuación costo de realización de tareas preventivas.

$$CTP = (I * (TI * CMO)) + CE$$

Fuente. Elaboración propia.

Donde:

CTP: Costos de realización de las tareas preventivas

I: Número de intervenciones por año

TI: Tiempo promedio de intervención (horas/mensual)

CMO: Valor mano de obra del técnico (valor/hora)

CE: Costos de equipos, insumos y repuestos (valor/mensual)

Para determinar el costo de mano de obra del técnico especializado o con suficiente experiencia en refrigeración, se calculó el valor por hora del técnico, para esto, se tuvo en cuenta que el técnico trabaja 48 horas semanales y que el salario mínimo mensual del técnico es el promedio entre el salario mensual establecido en la escala de mínimos de remuneración 2019 para los técnicos con experiencia superior a 3 años en el área de formación de \$1'248.000 COP⁷³, más un 6% para el cálculo del salario mensual del año 2020, da un salario mínimo mensual de \$ 1'322.880 COP y el salario mensual para el año 2020 establecido por la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. para los técnicos senior de \$ 1'500.000 COP; dando como resultado un salario mínimo mensual para el técnico especializado de \$ 1'411.440 COP. Teniendo en cuenta lo anterior descrito, el valor por hora de técnico da un valor de \$ 5.881 COP.

⁷³ Enlace profesional red de comunidades de graduados Antioquia. Escala mínimos de remuneración 2019. [Sitio WEB]. Medellín, Antioquia. La entidad. [18, junio, 2020]. Disponible en: <https://medellin.unal.edu.co/egresados/images/pdf/escala-salarial-2019.pdf>

Para determinar los tiempos de intervención de cada categoría de las tareas preventivas, se calculó un promedio del tiempo en minutos por mes que gasta el técnico en la realización de cada una de las categorías de las tareas preventivas en cada componente del sistema de refrigeración como se muestra en el cuadro 92. Cabe mencionar que estos tiempos se establecieron con la ayuda de la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S.

Cuadro 92. Tiempos de intervención de las tareas preventivas por componente.

Componente	Tarea	Tiempo (minutos)/mes
Compresor	Mediciones	60
	Verificaciones o inspecciones	200
	Acciones	100
Total		360
Evaporador	Mediciones	60
	Verificaciones o inspecciones	180
	Acciones	250
Total		490
Condensador	Mediciones	60
	Verificaciones o inspecciones	180
	Acciones	250
Total		490
Tubería	Mediciones	30
	Verificaciones o inspecciones	150
	Acciones	120
Total		300
VET	Mediciones	30
	Verificaciones o inspecciones	90
	Acciones	60
Total		180
Sistema E2	Mediciones	90
	Verificaciones o inspecciones	150
	Acciones	240
Total		480

Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta, los datos del cuadro 92, se realizó la suma entre los tiempos de cada categoría y se calculó los tiempos en horas para cada categoría, dando como resultado los valores mostrados en el cuadro 93.

Cuadro 93. Tiempos de las categorías de las tareas preventivas.

Tareas	Tiempo (minutos)/mes	Tiempo (horas)/mes
MEDICIONES	330	5,5
VERIFICACIONES	950	15,83333333
ACCIONES	1020	17

Fuente. Elaboración propia.

Por otra parte, para determinar los costos de los materiales, insumos, repuestos y/o equipos que son necesarios para realizar las tareas preventivas, primeramente, se estableció los insumos, repuestos, equipos de medición y elementos de protección personal que son necesarios para llevar a cabo cada tarea preventiva, como se muestra en los cuadros 94 y 95.

Cuadro 94. Elementos utilizados para realizar las tareas preventivas.

Tipo	Elementos
Insumos	Aceite lubricante sintético poliéster EMKARATE
	Refrigerante R-22
	Refrigerante R-507
	Limpiador y desinfectante para serpentín, tubería y componentes (alcalino y no corrosivo) CondenCide
	Paño limpiador de microfibra
	Líquido de limpieza interior para tubería y serpentín (refrigerante HFCF 141b)
Equipos de medición y herramientas	Manifold digital modelos Testo 550
	Pinzas amperimétrica modelo Testo 770-2
	Detector de fugas de refrigerantes Testo 316-3
	Termómetro por infrarrojo Testo 830-T1
	Kit de herramientas de montaje y desmontaje
	Equipo para soldadura (cilindro map-pro y oxígeno, soplete y Electrodo ErCuSi-A)
	Cepillo para aletas
	Cinta métrica 15M acero
Repuestos	Aislante térmico para tubería (Cinta de revestimiento 3mm x 50 mm x 15m mezcla de caucho nitrilobutadieno)

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 95. Continuación elementos utilizados para realizar las tareas preventivas.

Tipo	Elementos
Elementos de protección personal	Gafas de protección para la vista Top Gun
	Guantes para soldadura
	Guantes dieléctricos
	Overol Poplin
	Botas de seguridad dieléctricas
	Casco dieléctrico liviano tipo I Clase E-G
	Tapa bocas industrial N95
	Protector auditivo industrial

Fuente. Elaboración propia.

Posterior a esto, se calculó el valor por mes de cada uno de estos elementos, teniendo en cuenta el valor de las cantidades estimadas de cada uno de estos que son utilizadas en un año. Las cantidades estimadas de cada elemento, se establecieron con información adquirida de la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. y los valores estimados de estas cantidades se establecieron tanto con información adquirida de cotizaciones de empresas tales como: DIAC INGENIERIA S.A.S, Steelpro safety, Homecenter de Colombia, Testo S.A, Greenmill AC y Advanced Engineering.

Cabe mencionar que para el cálculo del valor por mes de los equipos y elementos se supuso que la vida útil de estos es de 1 año, con la excepción de los tapabocas que se cambia cada mes, y los electrodos que se utilizan aproximadamente dos por año siempre y cuando existan fugas de refrigerante. También cabe mencionar que algunos valores están en euros, por lo que se hizo la conversión para pesos colombiano teniendo en cuenta la tasa de cambio del 20 de junio del 2020 de \$4189,27 COP/Euro. De esta manera, teniendo en cuenta la información descrita anteriormente, en los cuadros 96 y 97 se muestran los valores y las cantidades utilizadas por año de cada elemento, y se muestra el resultado del costo promedio total mensual de insumos, repuestos, equipos de medición y elementos de protección personal que se deben utilizar para realizar todas las tareas preventivas, dando como resultado un valor de \$ 551.514,67 COP.

Cuadro 96. Costos mensuales de los elementos.

Tipo	Elementos	Cantidad/año	Unidad	Valor/año	Valor mensual
Insumos	Aceite lubricante sintético poliéster EMKARATE	1	Galón	\$ 262.000,00	\$ 21.833,33
	Refrigerante R-22	20	Libra	\$ 275.000,00	\$ 22.916,67
	Refrigerante R-507	20	Libra	\$ 362.500,00	\$ 30.208,33
	Limpiador y desinfectante para serpentín, tubería y componentes (alcalino y no corrosivo) CondenCide	5	Litro	\$ 203.849,88	\$ 16.987,49
	Paño limpiador de microfibra	12	Unidad	\$ 23.000,00	\$ 1.916,67
	Líquido de limpieza interior para tubería y serpentín (refrigerante HFCF 141b)	27	Libra	\$ 105.000,00	\$ 8.750,00
Equipos de medición y herramientas	Manifold digital modelos Testo 550	1	Unidad	\$ 1'591.671,24	\$ 132.639,27
	Pinzas amperimétrica modelo Testo 770-2	1	Unidad	\$ 856.663,82	\$ 71.388,65
	Detector de fugas de refrigerantes Testo 316-3	1	Unidad	\$ 1'292.599,26	\$ 107.716,60
	Termómetro por infrarrojo Testo 830-T1	1	Unidad	\$ 309.210,02	\$ 25.767,50
	Kit de herramientas de montaje y desmontaje	1	Unidad	\$ 121.000,00	\$ 10.083,33
	Equipo para soldadura (cilindro map-pro y oxígeno, soplete y Electrodo ErCuSi-A)	1	Unidad	\$ 400.000,00	\$ 33.333,33
	Cepillo para aletas	1	Unidad	\$ 68.871,60	\$ 5.739,30
	Cinta métrica 15M acero	1	Unidad	\$ 50.900,00	\$ 4.241,67
Repuestos	Aislante térmico para tubería (Cinta de revestimiento 3mm x 50 mm x 15m mezcla de caucho nitrilobutadieno)	2	Unidad	\$ 106.910,17	\$ 8.909,18

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 97. Continuación costos mensuales de los elementos.

Tipo	Elementos	Cantidad/año	Unidad	Valor/año	Valor mensual
Elementos de protección personal	Gafas de protección para la vista Top Gun	1	Unidad	\$ 23.000,00	\$ 1.916,67
	Guantes para soldadura	1	Unidad	\$ 46.000,00	\$ 3.833,33
	Guantes dieléctricos	1	Unidad	\$ 15.000,00	\$ 1.250,00
	Overol Poplin	1	Unidad	\$ 35.000,00	\$ 2.916,67
	Botas de seguridad dieléctricas	1	Unidad	\$ 42.000,00	\$ 3.500,00
	Casco dieléctrico liviano tipo I Clase E-G	1	Unidad	\$ 15.000,00	\$ 1.250,00
	Tapa bocas industrial N95	12	Unidad	\$ 336.000,00	\$ 28.000,00
	Protector auditivo industrial	1	Unidad	\$ 77.000,00	\$ 6.416,67
TOTAL costo mensual					\$ 551.514,67

Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, se calculó el costo de realización de cada categoría de las tareas preventivas por medio de la ecuación presente en la figura 65, dando un costo total de para realizar todas las tareas preventivas. Estos valores se muestran al detalle en el cuadro 98.

Cuadro 98. Costo total de para realizar todas las tareas preventivas.

Tipo de rutina	Equipos a intervenir	Intervenciones al año	Tiempo de intervención mensual (horas)	COP/hora operario	Total
Mediciones	Componentes del sistema de refrigeración (Compresor, Evaporador, Condensador, Tubería, VET y Sistema E2)	12	5,5	\$ 5.881	\$ 388.146
Verificaciones e inspecciones			16		\$ 1.129.152
Acciones			17		\$ 1.199.724
Insumos, equipos de medición, repuestos y EPP's					\$ 6.618.176
Total realización tareas preventivas por año					\$ 9.335.198

Fuente. Elaboración propia.

Por otra parte, para determinar los costos para el uso de la herramienta informática, se tuvo en cuenta, aspectos tales como: internet móvil, dispositivo móvil ya sea celular o tableta (suponiendo una vida útil de un año), memoria de almacenamiento del DRIVE en el caso que se llegue a llenar esta y material para la disposición en físico de los códigos QR. Teniendo en cuenta estos aspectos, se calculó el costo total por año para el uso de la herramienta informática, dando como resultado final un valor de \$ 1'412.000 COP, este valor se encuentra detallado en el cuadro 99.

Cuadro 99. Costos para el uso de la herramienta informática.

Ítem	Cantidad	Valor mensual	Valor/año
Internet para dispositivos móviles	3,5 GB	\$ 35.000,00	\$ 420.000,00
Memoria de almacenamiento 100GB	100 GB	\$ 6.000,00	\$ 72.000,00
		Valor unidad	Valor unidad
Dispositivo móvil de 10 pulgadas con datos móviles	1 unidad	\$ 800.000,00	\$ 800.000,00
Material código QR (cinta, tijeras papel, impresión)	1 cinta, 1 tijera, 6 impresiones y 3 hojas de papel Contac	\$ 10.000,00	\$ 120.000,00
TOTAL uso herramienta informática			\$ 1.412.000,00

Fuente. Elaboración propia.

Para determinar los gastos de implementación tanto del plan de mantenimiento preventivo como la herramienta informática, se tuvieron en cuenta los siguientes costos: el costo de las capacitaciones que deben realizar los investigadores o proyectista hacia el técnico especializado y el jefe coordinador del mantenimiento de la empresa, para explicar el plan de mantenimiento preventivo que se le realizaría al sistema de refrigeración por compresión de vapor y el uso de la herramienta informática y el costo relacionado con la mano de obra del jefe coordinador del mantenimiento, el cual sería el encargado de toda trazabilidad del proceso del mantenimiento entre la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. y el cliente (la coordinación en situ, el cronograma de trabajo del técnico, la supervisión de la realización de las tareas preventivas, en otras palabras, de la supervisión del trabajo del técnico, la centralización de la información en los formularios de control de actividades preventivas y hoja de vida, el manejo de la información presente en el DRIVE de la herramienta informática y la gestión de la herramienta informática) y el encargado de la confiabilidad del sistemas de refrigeración.

Para determinar los costos de las capacitaciones, se calculó el valor por hora de los investigadores que como se mostró en el cuadro 90, es de \$ 14.630.03 COP,

teniendo en cuenta, el salario de ACIEM para ingenieros recién egresados y el salario mínimo del año 2020; y este valor se multiplicó por la cantidad de horas gastadas en las capacitaciones que son 7 (siete) días laborables, dando un resultado de \$ 817.769 COP por investigador como se muestra en el cuadro 100. Y para determinar el costo del jefe encargado del mantenimiento, se calculó el valor por hora teniendo en cuenta el salario mínimo legal vigente del 2020 de \$ 877.802 COP y el escalafón y salario de los ingenieros según el manual de referencias de tarifas de ingeniería (ACIEM), donde para el jefe de mantenimiento se estableció el número 7 del escalafón de ACIEM, por lo que, la hora de trabajo del jefe de mantenimiento tiene un valor de \$ 18.287,5417 COP, posteriormente, este valor se multiplicó por el número de horas gastadas e invertidas para la realización de la tareas encargadas por el jefe de mantenimiento, dando como resultado un valor mensual de \$ 4'389.010 COP y finalmente este se multiplicó por 12 (doce) para calcular el valor por año, como se muestra en el cuadro 100.

Cuadro 100. Costo de implementación.

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN				
Item	COP/hora	Cantida d horas	COP/mensual	COP/anual
Capacitación investigador 1	\$ 14.630,03	56	-	\$ 819.281,68
Capacitación investigador 2	\$ 14.630,03	56	-	\$ 819.281,68
Jefe de mantenimiento (ESCALAFON 7 ACIEM)	\$ 18.287,54	240	\$ 4.389.010,01	\$ 52.668.120,10
TOTAL implementación por año				\$ 54.306.683,46

Fuente. Elaboración propia.

De esta manera, ya teniendo definidos los costos de realización de las tareas del plan de mantenimiento preventivo, los costos para el uso de la herramienta informática y los costos de implementación del plan de mantenimiento preventivo y de la herramienta informática, se calcula los costos directos por año, dando como resultado un valor de \$ 65'053.881,46 COP/año y \$ 5'421.156,79 COP/mes.

Finalmente, se calculó el costo total de implementación y desarrollo del plan de mantenimiento preventivo presente en este proyecto por año, mediante la suma de la inversión inicial o costos indirectos y los costos indirectos, dando un resultado de \$ 81'787.159,49 COP/año y por mes \$ 6'815.596,62 COP, como se muestra en el cuadro 101.

Cuadro 101. Costo total del desarrollo e implementación del plan de mantenimiento por año.

COSTO TOTAL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO POR AÑO	
Costos	Valor
Inversión inicial o costo indirectos	\$ 16.733.278,03
Costos directos	\$ 65.053.881,46
TOTAL	\$ 81.787.159,49

Fuente. Elaboración propia.

Este costo total de \$ 81.787.159,49 pesos es para el primer año de desarrollo del plan de mantenimiento, donde cabe resaltar que el 66.4% del costo total hace referencia al costo de implementación como se muestra en el cuadro 102 y en la figura 67.

Cuadro 102. Costos para el primer año de desarrollo del plan de mantenimiento.

Costos primer año		
Costos indirectos o inversión inicial	\$ 16.733.278,03	20.46%
Costos realización tareas preventivas	\$ 9.335.198,00	11.41%
Costos uso de la herramienta informática	\$ 1.412.000,00	1.73%
Costos de implementación	\$ 54.306.683,46	66.4%
Total primer año	\$ 81.787.159,49	
Total por mes primer año	\$ 6.815.596,62	

Fuente. Elaboración propia.

Figura 67. Porcentaje de costos para el primer año de desarrollo del plan de mantenimiento.



Fuente. Elaboración propia.

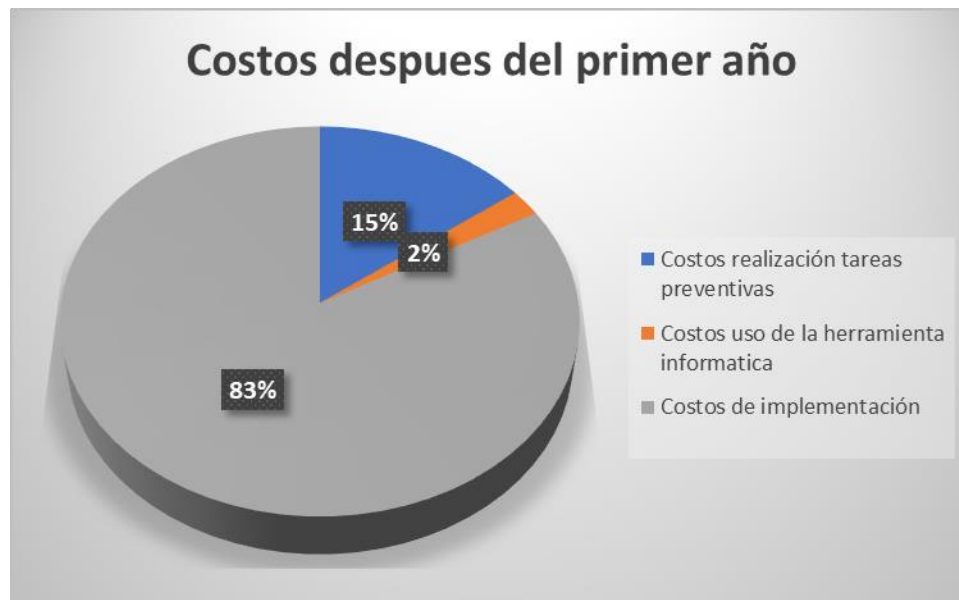
Luego del primer año, los costos de desarrollo del plan de mantenimiento se reducirían a \$ 63'415.318,10 pesos por año y \$ 5'284.609,84 pesos por mes, ya que ya no es necesario la inversión inicial y las capacitaciones dadas por los investigadores como se muestra en el cuadro 103. En este caso, al igual que el primer año, la mayoría de los costos van dirigidos a los costos de implementación que ya solo sería el costo que cobraría el ingeniero jefe de mantenimiento por su labor por año, que como se muestra en la figura 68, tienen un porcentaje de 83.05% del costo total.

Cuadro 103. Costos para después del primer año de desarrollo del plan de mantenimiento.

Costos después del primer año		
Costos realización tareas preventivas	\$ 9.335.198,00	14.72%
Costos uso de la herramienta informática	\$ 1.412.000,00	2.23%
Costos de implementación	\$ 52.668.120,10	83.05%
Total por año	\$ 63.415.318,10	
Total por mes	\$ 5.284.609,84	

Fuente. Elaboración propia.

Figura 68. Porcentaje de costos para después del primer año de desarrollo del plan de mantenimiento.



Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta, los datos de los costos tanto del primer año como después del primer año, se concluye que la mayor parte de los costos están dirigidos al costo

que cobraría el ingeniero jefe de mantenimiento por su labor y que apenas el 34% para el primer año y el 17% para después del primer año están dirigidos al costo por la realización de las tareas preventivas y por el uso de la herramienta informática; esto que significa, que si se podría reducir o eliminar el costo que cobrará el ingeniero jefe de mantenimiento, se puede optimizar y reducir los costos totales del desarrollo e implementación del plan de mantenimiento preventivo de forma significativa. Esta optimización de costos es muy factible, ya que la labor del ingeniero jefe de mantenimiento, puede ser realizada por un técnico con gran conocimiento y experiencia en mantenimiento preventivo basado en RCM y en refrigeración comercial e industrial, de esta manera, si se eliminaría el costo que cobraría el ingeniero jefe de mantenimiento, los costos totales del desarrollo e implementación del plan de mantenimiento preventivo se reducirían a \$ 29'119.039,39 pesos para el primer año como se muestra en el cuadro 104 y para después del primer año se reducirían a \$ 10'747.198 pesos por año como se muestra en el cuadro 105.

Cabe mencionar que esta optimización de costos, depende de la decisión que tome la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S. con respecto a que, si es necesario o no, la contratación del ingeniero jefe de mantenimiento.

Cuadro 104. Optimización de costos para la implementación y desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para el primer año.

Costos primer año	
Costos indirectos o inversión inicial	\$ 16.733.278,03
Costos realización tareas preventivas	\$ 9.335.198,00
Costos uso de la herramienta informática	\$ 1.412.000,00
Costos de implementación	\$ 1.638.563,36
Total por año	\$ 29.119.039,39
Total por mes	\$ 2.426.586,62

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 105. Optimización de costos para la implementación y desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para después del primer año.

Costos después del primer año	
Costos realización tareas preventivas	\$ 9.335.198,00
Costos uso de la herramienta informática	\$ 1.412.000,00
Total por año	\$ 10.747.198,00
Total por mes	\$ 895.599,83

Fuente. Elaboración propia

6. CONCLUSIONES

- La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. instala sistemas de refrigeración por compresión de vapor de media y baja temperatura en almacenes de cadena para la preparación y conservación de productos alimenticios.
- El proyecto está dirigido a un sistema de refrigeración independiente, es decir, que el sistema de refrigeración está compuesto por un compresor, un condensador, una válvula de expansión, un evaporador, un sistema de control E2 y su respectiva tubería y accesorios. Los componentes del sistema de refrigeración manejados por la empresa son: compresor recíprocante semihermético, condensador enfriado por aire por convección forzada, válvula de expansión termostática, evaporador de serpentín de expansión directa de ventilación forzada, sistema de control E2, tubería de cobre y accesorios tales como: filtros secadores y de aceite, separador de aceite, acumulador de succión, recibidor, válvula solenoide, indicadores de presión, temperatura y flujo, válvula de bola manuales y válvula de retención.
- Los componentes más importantes del sistema de refrigeración por compresión de vapor instalados por la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. de acuerdo al análisis de criticidad realizado, son los cinco componentes principales (compresor, evaporador, condensador, tubería y válvula de expansión) y también el accesorio (sistema de control E2), ya que si cualquier de estos componentes llegase a fallar dejando de cumplir su función o funciones, el sistema entraría o sufriría un paro total en su funcionamiento, esto por ser un ciclo cerrado.
- El mantenimiento aplicado a los sistemas de refrigeración instalados por la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. es netamente de tipo correctivo, ya que las actividades actualmente realizadas son inspecciones en búsqueda de falla (mediciones básicas, inspecciones visuales y lubricación en partes de desgaste), lo significa que se sabe la presencia de una falla solamente cuando el equipo falla, por lo tanto, el equipo se interviene cada vez que aparezca una falla; esto provoca, paradas no programadas al sistema de refrigeración, repercutiendo a grandes pérdidas monetarias para el cliente, por la pérdida de producto y aumento de costos de mantenimiento, y pérdidas monetarias para la empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. por pérdida de clientes por insatisfacción del servicio del mantenimiento.
- La empresa DIAC INGENIERIA S.A.S. no cuenta ni con una gestión de la información referente al mantenimiento ni con una gestión en los repuestos, repercutiendo a que haya reprocesos, procedimientos erróneos y aumento

del tiempo del mantenimiento por falta de información y/o un stock de repuestos.

- De acuerdo al análisis realizado, el tipo de mantenimiento preventivo que más se ajusta a las necesidades y/o requerimientos de mantenimiento de la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S., es el RCM (mantenimiento basado en confiabilidad), ya que sus principios, enfoque, fundamentos y metodología aplican directamente a las características de la empresa.
- El plan de mantenimiento preventivo se ha diseñado de acuerdo a la metodología planteada del RCM, la cual consistió en la realización de 8 (ocho) pasos, los cuales son: listado de componentes, subsistemas y elementos del sistema de refrigeración, subsistemas existentes de cada componente, codificación del sistema de refrigeración, determinar las funciones primarias y secundarias de los componentes, determinar los fallos funcionales y técnicos, determinar los modos de falla de cada componente, análisis de consecuencias de los modos de falla y determinar tareas preventivas de mantenimiento; desarrollando así un plan de mantenimiento que permita la prevención y control de ocurrencia de fallas y en el análisis del porqué pueden ocurrir dichas fallas con un enfoque en altos índices de confiabilidad y disponibilidad del sistema de refrigeración, en la prevención de tiempos muertos y en la disminución de los costos de mantenimiento.
- La herramienta informática se diseñó con el objetivo de gestionar, centralizar y organizar en tiempo real la información referente al mantenimiento del sistema de refrigeración por compresión de vapor y del plan de mantenimiento preventivo basado en RCM, previniendo y evitando así reprocesos por falta de información, pérdidas de tiempo en consecución de información, procedimientos erróneos de los técnicos, aumento en tiempo del proceso de mantenimiento y pérdidas económicas tanto para el cliente como para la empresa DIAC INGENIERÍA S.A.S..
- De acuerdo al análisis de impacto ambiental realizado, la realización de las tareas o actividades del mantenimiento preventivo basado en RCM y el uso de la herramienta informática tienen un impacto moderado hacia el medio ambiente, lo que significa que no se necesitan medidas correctivas o protectoras para controlar y/o solucionar los efectos producidos por los efectos de cada impacto ambiental. De esta manera, no hay ningún problema ambiental en implementar el plan de mantenimiento preventivo junto con el uso de la herramienta informática.
- De acuerdo al análisis de impacto ambiental realizado, las fugas de gas refrigerante tienen un impacto severo hacia el medio ambiente, ya que son sustancias que agotan y contaminan de una forma directa la capa de ozono,

es por esto que se necesita de un plan de mantenimiento adecuado para su prevención.

- De acuerdo a la evaluación financiera realizada el costo total de implementación y desarrollo del plan de mantenimiento preventivo por año es de \$ 81´787.159,49 COP y por mes \$ 6´815.596,62 COP, donde el 66,4% de este valor es el costo de implementación, el cual el 96.983% es el costo del ingeniero jefe de mantenimiento y el 3.017% las capacitaciones de los investigadores; y el 33.6% abarca los costos de realización de las tareas preventivas, el uso y desarrollo de la herramienta informática y la inversión inicial o realización del proyecto.

7. RECOMENDACIONES

- De acuerdo al análisis ambiental realizado, es preciso realizar e implementar de forma adecuada el plan de mantenimiento preventivo para evitar fallas posibles tales como fugas de gas refrigerante e incendios por chispa eléctrica, ya que estas tienen un impacto severo, lo que significa que se debe implementar medidas correctivas para dar solución al efecto o efectos producidos por estas, aumentando así los costos del desarrollo e implementación del plan de mantenimiento preventivo.
- De acuerdo al análisis de costos realizado, es importante tener en cuenta y evaluar la factibilidad que tiene la optimización de los costos totales del desarrollo e implementación del plan de mantenimiento preventivo, mediante la eliminación del costo que cobraría el ingeniero jefe de mantenimiento por su labor.
- Se recomienda evaluar y comparar los costos del desarrollo e implementación del plan de mantenimiento preventivo propuestos y calculados en este proyecto, con los costos que está generando el tipo de mantenimiento aplicado actualmente al sistema de refrigeración, para que, de esta forma, se pueda determinar la viabilidad financiera del proyecto
- Se recomienda optimizar la herramienta informática mediante adición de indicadores que puedan medir la confiabilidad y disponibilidad en tiempo real del sistema de refrigeración.
- Se recomienda optimizar el plan de mantenimiento mediante el uso de técnicas predictivas, para determinar y encontrar nuevas fallas y modos de falla que no estén planteadas en este proyecto, con el fin de complementar el plan de mantenimiento planteado en este proyecto.
- Se recomienda según el análisis de modos de falla de la tubería revisar detalladamente que los cálculos del diseño de esta sean correctos, puesto que la mayoría de las fallas son provocadas por un incorrecto calculo en su diseño.
- Se recomienda que el sistema de refrigeración por compresión de vapor utilice un sistema de control que permita recopilar información de las variables tales como temperatura y presión, para optimizar el tiempo de realización de las tareas preventivas.
- Se recomienda que para la toma de decisiones futuras referente al ciclo de vida útil de los componentes del sistema de refrigeración se analice los

valores de los indicadores de consumo de energía de estos, para determinar si es mejor mantener el componente en un óptimo funcionamiento o mejor adquirir uno nuevo.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO ROSALES, Juan Francisco. Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF). Editorial El Cid.

ACIEM. Manual de referencia de tarifas en ingeniería (contratación de servicios profesionales). [En línea]. Colombia, Revisado el 13 de junio del 2020. Disponible en: <https://aciem.org/manual-de-referencia/>

BLACK BOX. Manual de instalación, operación y mantenimiento, condensadores enfriados por aire.

CAMPBELL, John D. Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance management. S. I.: productivity press, 1995.

CAMPOS L, Francisco. Principios de mantenimiento. Fundación Universidad de América.

CENGEL, A. Yunus. Termodinámica. 7 ed. México, Mc Graw Hill, 2012, 1050 págs. ISBN 9786071507433

COLMAC COIL. Manual de instalación, operación y mantenimiento, evaporadores enfriados por aire.

DANFOSS. Manual de servicio e instalación, sistema de refrigeración.

DIAC INGENIERÍA S.A.S. Bogotá D.C., Colombia. 2019. Disponible en internet: <https://diac.com.co/nosotros/>

EMERSON CLIMATE TECHNOLOGY. Manual de Compresores Semiherméticos Copeland.

EMERSON CLIMATE TECHNOLOGY. Manual de instalación y operación del controlador de E2 RX, Controlador de HVAC E2 BX, y controlador de negocios de alimentos E2 CX r I. 2010.

ELECTRONICA VENETA. Manual General de Refrigeración. Rev 0 ed. TERMOTRONICA, 2002.

FLORES TEROVA, Luisa Angelica. TPM: Mantenimiento productivo total. Instituto Tecnológico de Apizaco

FULL SERVICE PARANÁ. Soluciones para sistemas de refrigeración. Argentina. La entidad. Disponible en: <https://fullserviceparana.blogspot.com/2014/07/soluciones-para-sistemas-de.html>

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. ISBN 9788479785772

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Ingeniería del mantenimiento: manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento. España: Renovotec. 2009. ISBN 89788461656172

ICONTEC, GTC 62. Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio, mantenimiento, terminología. 1999.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C.. El instituto, 2018 ISBN 9789588585673

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos de orientación para su uso. NTC-ISO 14001. Bogotá, Colombia: Icontec, 2015.

ISO 22000:2005, Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos. Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria.
MERELLO, Miguel. Manual de uso y mantenimiento. Madrid, mayo de 2006.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Colombia. La institución. 2014. p 17. ISBN: 978-958-8491-82-0

MORA, Luis Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. 2 Edición. Medellín: AMG, 2007.

MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad (reliability – centred maintenance) Edición en Español. John Moubray. Traducido por ELLMANN, SUEIRO Y ASOCIADOS, Buenos Aires, Argentina – Madrid, España. Edición en Español, 2004.

MOUBRAY, John. Reliability-centered maintenance. New York: Industrial Press. 1997. Cap 1.

PARRA LOPEZ. Carlos Rolando. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, Sevilla. 2005

PEYMAN, AFZALI. A new model for reliability-centered maintenance prioritisation of distribution feeders.

PIERÓ SPITERI, José V. Organización del mantenimiento preventivo. Zaragoza. Distresa. 1982.

PITA, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración, traducción Carlos Alberto García Ferrer ; revisión Jorge Luis Jiménez Padilla. México, Limusa S.A., 2008. 497 págs. ISBN 7989681839697.

R. F. Sacristán. 5S orden y limpieza en el puesto de trabajo. España, Madrid: FC Editorial. 2005.

SAE INTERNATIONAL, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. JA 1012. USA. La entidad, 2002.

SALAZAR, Bryan. Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF). Colombia. Salazar Bryan. Revisado el 01 de abril del 2020. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/leanmanufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallasamef/>

SACRISTÁN REY, FRANCISCO. Mantenimiento total de la producción, Proceso de implementación y desarrollo. España, 2001.

SMITH, Anthony, Reliability Centered Maintenance, McGraw Hill Inc., New York, 1992.

SPORLAN. Manual de instalación, servicio y ensamble, válvulas de expansión termostática.

TORRES, Leonardo Daniel. Mantenimiento su implementación y gestión. Segunda edición. Argentina: Universitas. 2005.













VITORA FERNANDEZ CONESA, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed 2. Madrid, España. Editorial MUNDI-PRENSA. 1993.

YAÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Ciclo sencillo de refrigeración por compresión. 1 ed. México. SEMARNAT, 2006.

YAÑEZ, Giraldo. Ciclo básico de refrigeración por compresión – ciclo Frigorífico. [sitio WEB]. México. Yañez, Giraldo, Revisado el 28 de febrero del 2020. Disponible en: www.gildardoyanez.com

ANEXOS

Anexo A. Reporte de visita.

AREA DE MANTENIMIENTO INFORME DE INSPECCIÓN						
Almacén Informe No.		1		Fecha de Inspección:		
No.	Situación Encontrada	Imagen	Acción a Tomar	Responsable	Fecha Propuesta	Estado
1	Cava No 5 de congelación no cuenta con riel, generando pérdida de frío, condensación en cortinas.		cotizar e instalar	Díaz		Abierta
2	Cava No 6 de congelación no cuenta con riel, generando pérdida de frío, condensación en cortinas.		cotizar e instalar	Díaz		Abierta
3	Se requiere la instalación de una base 20 cm para la multipuerta de averías, con el fin de realizar aseo para control de roedores.		cotizar desconexión y conexión de sistema de refrigeración para poder instalar base.	Díaz		Abierta
4	Realizar limpieza y desinfección a puertas de precavas de recibo de carnes en el momento se encuentran con hongo parte inferior.		Se programa la tarea a para ejecución.	Díaz	7/04/2018	Abierta
No.		Imagen				Estado
5	Rejillas de las neveras auto contenidas se encuentran con deterioro de pintura, esta solicitud es una oportunidad de mejora por secretaria de salud que esta pendiente.		Programar la recogida para cada una de las rejillas. Cotizar neveras auto contenidas nuevas.	Díaz		Abierta
6	Laterales superiores de las neveras chacuetería se encuentran con deterioro de pintura, esta solicitud es una oportunidad de mejora por secretaria de salud que esta pendiente.		programar recogida de parte para pintura.	Díaz		Abierta
7	Realizar el cambio de bandejas inferiores nevera auto servicio de pollo, y rejillas dobladas, en acero inoxidable. En el momento se encuentran deterioradas y oxidadas, oportunidad de mejora por secretaria salud.		Cotizar ejecutar	Díaz		Abierta
8	Arrreglo de vidrios superiores sueltos nevera atendido de carnes.		Programar y ejecutar	Díaz		Abierta
No.		Imagen				Estado
9	Pintura de rejillas frontales de nevera auto servicio de cerdo en el momento están oxidadas, oportunidad de mejora por secretaria salud.		Programar ejecutar pintura	Díaz		Abierta
10	Instalación de soportes , ventana en islas de congelados .		Programar ejecutar.	Díaz		Abierta
11	Desmanchar piso generado por filtración de agua de nevera atendido de carnes		Programar ejecutar	Díaz		Abierta
12	Realizar sellado de juntas de nevera atendido de carnes para eliminar filtración de agua.		Programar ejecutar	Díaz		Abierta

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIARÍA S.A.S.

Anexo B. Cotización.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CTD	VALOR	
			UNIT	TOTAL
1	CTZ SUMINISTRO E INSTALACIÓN COMPONENTES PUESTA EN MARCHA COMPRESOR 1			
ACC 028	ACCESORIOS REFRIGERACIÓN			
	COMPONENTES CONTROL			
	DEMAND COOLING 4D	1	\$ 3.580.000	\$ 3.580.000
	PRESOSTATO BAJA CON CAIPLAR	1	\$ 186.000	\$ 186.000
	PRESOSTATO ALTA CON CAIPLAR	1	\$ 272.000	\$ 272.000
	COMPONENTES MECÁNICOS			
	PORTA FILTRO 1-5/8"	1	\$ 440.000	\$ 440.000
	ACCESORIOS DE MONTAJE (COPA, TUBERÍA, CODOS, SOLDADIRA)	1	\$ 440.000	\$ 440.000
	MOTOR ENFRIADOR DE CABEZAL	1	\$ 1.760.000	\$ 1.760.000
	RESISTENCIA DEL CARTER	1	\$ 200.000	\$ 200.000
	CONTRATAPA BOMBA ACEITE	1	\$ 400.000	\$ 400.000
	SUBTOTAL			7.278.000
	IVA 19%			1.382.820
	TOTAL			8.660.820
CONDICIONES COMERCIALES: TIEMPO DE ENTREGA: A CONVENIR FORMA DE PAGO: A CONVENIR VALIDEZ DE LA OFERTA: 8 DIAS A PARTIR DEL RECIBO DE LA COTIZACIÓN.			CODIGO: ADM P06-F07 VERSION: 1 VIGENCIA: 20/11/14	

Fuente. Elaboración propia con base en DIAC INGENIARÍA S.A.S.

Anexo C. Ficha técnica de los componentes.

Visitenos en: <https://diac.com.co/>

DIAC INGENIERIA S...

FICHA TÉCNICA

CÓDIGO: FT C001
 VERSIÓN: 001
 VIGENCIA: 31/12/2020

DATOS DEL EQUIPO

<p>EQUIPO: CONDENSADOR</p> <p>MARCA: DANFOSS</p> <p>TIPO: SERPENTÍN DE EXPANSIÓN DIRECTA</p> <p>FLUIDO DE TRABAJO: R-22 o R-507</p> <p>SISTEMA DE TRABAJO: MEDIA Y BAJA TEMPERATURA</p>	<p>CÓDIGO: DI-AL-R01C001</p> <p>AÑO: 2012</p> <p>VENTILACIÓN: FORZADA</p> <p>NÚMERO DE VENTILADORES: 1-5 VENTILADORES</p> <p>VOLTAJE: 220 VAC</p>
---	---

SERVICIO: TRANSFERIR CALOR CONTINUAMENTE Y EFICIENTEMENTE DESDE EL REFRIGERANTE QUE SE DESEA ENFRIAR AL MEDIO (AIRE) , PARA CONDENSAR EL REFRIGERANTE HASTA QUE SALGA EN ESTADO LÍQUIDO CON SUFICIENTE SUBENFRIAMIENTO.

DESCRIPCIÓN: CONDENSAR EL REFRIGERANTE MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN SERPENTÍN DE TUBOS CON ALETAS DONDE SE TRANSFIERE EL CALOR DEL REFRIGERANTE QUE CIRCULA POR EL INTERIOR DE ESTE A EL MEDIO (AIRE) QUE FLUYE POR EXTERIOR. EL AIRE CIRCUNDANTE ES ABSORBIDO Y DIRIGIDO AL SERPENTÍN MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UNA DISPOSICIÓN DE VENTILADORES LOS CUALES SON CONTROLADOS A LA VEZ MEDIANTE EL SISTEMA DE CONTROL E2. ESTE CONTROLA SU VELOCIDAD, ENCENDIDO, TIEMPO DE ENCENDIDO Y CANTIDAD DE VENTILADORES FUNCIONANDO.

MANTENIMIENTO: PROCEDIMIENTO PREVENTIVO

NIVEL DE CRITICIDAD:	CRÍTICO <u> X </u>	IMPORTANTE <u> </u>	PRESCINDIBLE <u> </u>
----------------------	----------------------	--------------------------	----------------------------

<p>REPUESTOS:</p>	<p>CONSUMIBLES EN STOCK:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ACEITE LUBRICANTE ▪ REFRIGERANTE 	<p>EN CASO DE FALLO, QUE NO DEBEN ESTAR EN STOCK PERO SE DEBEN TENER CLARO EL TIEMPO DE ADQUISICIÓN :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ASPAS DEL VENTILADOR ▪ REJILLAS ▪ MOTOR VENTILADOR ▪ TORNILLERÍA ▪ CARCASA METÁLICA ▪ BOBINA DEL MOTOR ▪ COJINETES SOPORTE DEL EJE ▪ SERPENTÍN DE TUBOS CON ALETAS
--------------------------	---	--

OBSERVACIONES:

Fuente. Elaboración propia.



FICHA TÉCNICA

CÓDIGO: FTEV01
 VERSIÓN: 001
 VIGENCIA: 21/12/2020

DATOS DEL EQUIPO



EQUIPO: EVAPORADOR
 MARCA: LU-VE O ARNEG
 TIPO: SERPENTÍN DE EXPANSIÓN DIRECTA
 FLUIDO DE TRABAJO: R-22 o R-507
 SISTEMA DE TRABAJO: MEDIA Y BAJA TEMPERATURA

CÓDIGO: DI-AL-R01EV01
 AÑO: 2012
 VENTILACIÓN: FORZADA
 NÚMERO DE VENTILADORES: 1-5 VENTILADORES
 VOLTAJE: 220 VAC

SERVICIO: TRANSFERIR CALOR CONTINUAMENTE Y EFICIENTEMENTE DESDE EL MEDIO QUE SE DESEA ENFRIAR AL REFRIGERANTE, PARA CONSERVAR LOS PRODUCTOS A LA TEMPERATURA IDEAL DENTRO DE SUS DIFERENTES DISPOSICIONES TALES COMO: CAVAS, AUTOSERVICIOS, NEVERAS E ISLAS DE REFRIGERACIÓN.

DESCRIPCIÓN: ENFRÍA O REFRIGERA EL AIRE CIRCUNDANTE MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN SERPENTÍN DE TUBOS CON ALETAS DONDE SE TRANSFIERE EL CALOR DEL AIRE CIRCUNDANTE QUE CIRCULA POR EL EXTERIOR DE ESTE A EL REFRIGERANTE QUE FLUYE POR EL INTERIOR. EL AIRE CIRCUNDANTE ES ABSORBIDO Y DIRIGIDO HACIA EL SERPENTÍN MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UNA DISPOSICIÓN DE VENTILADORES LOS CUALES SON CONTROLADOS A LA VEZ MEDIANTE EL SISTEMA DE CONTROL E2. ESTE CONTROLA SU VELOCIDAD, ENCENDIDO, TIEMPO DE ENCENDIDO Y CANTIDAD DE VENTILADORES FUNCIONANDO.

DISPOSICIONES EXTERIORES: EXHIBIDORES Y CUARTOS FRÍOS



CAVAS O CUARTOS FRÍOS

CAPACIDAD: 2719.62 - 14714.99 B.U.T.H
 DIMENSIONES (M): 3.82*2.3 - 22.05*5.85*4
 TEMPERATURA DE TRABAJO: -4°C a 22°C



AUTOSERVICIOS

CAPACIDAD: 2301.45 - 4564.25 B.U.T.H
 TEMPERATURA DE TRABAJO: -4°C a -2°C



ISLAS DE REFRIGERACIÓN

CAPACIDAD: 2764.74 - 3357.89 B.U.T.H
 TEMPERATURA DE TRABAJO: -4°C a -21°C



AUTOCONTENIDOS (NEVERAS)

CAPACIDAD: 2751.22 - 5757.22 B.U.T.H
 TEMPERATURA DE TRABAJO: -4°C a -18°C

MANTENIMIENTO:

PROCEDIMIENTO PREVENTIVO

NIVEL DE CRITICIDAD: CRÍTICO X IMPORTANTE _____ PRESCINDIBLE _____

REPUESTOS:

CONSUMIBLES EN STOCK:

- ACEITE LUBRICANTE
- REFRIGERANTE

EN CASO DE FALLO, QUE NO DEBEN ESTAR EN STOCK PERO SE DEBEN TENER CLARO EL TIEMPO DE ADQUISICIÓN :

- ASPAS DEL VENTILADOR
- REJILLAS
- MOTOR VENTILADOR
- TORNILLERÍA
- CARCASA METÁLICA
- BOBINA DEL MOTOR
- COJINETES SOPORTE DEL EJE
- SERPENTÍN DE TUBOS CON ALETAS

OBSERVACIONES:

Fuente. Elaboración propia.



FICHA TÉCNICA

CÓDIGO: FTVA01
 VERSIÓN: 001
 VIGENCIA: 31/12/2020

DATOS DEL EQUIPO



EQUIPO: VÁLVULA DE EXPANSIÓN	CÓDIGO: DI-AL-R01VA01
MARCA: DANFOSS	IGUALADOR: INTERNO
TIPO: TERMOSTÁTICA	SISTEMA DE TRABAJO: MEDIA Y BAJA TEMPERATURA
FLUIDO DE TRABAJO: R-22 o R-507	

SERVICIO: REGULAR EL FLUJO DEL REFRIGERANTE LIQUIDO QUE SE ALIMENTA AL EVAPORADOR, SEGÚN SEA DEMANDA, Y CREAR UNA CAÍDA DE PRESIÓN PARA QUE EXPANDIR AL REFRIGERANTE Y BAJAR SU TEMPERATURA.

DESCRIPCIÓN: LA VET REGULA EL FLUJO MEDIANTE EL MOVIMIENTO AXIAL DE UN MECANISMO DE AGUJA-ASIENTO, AGUJA QUE ES MÓVIDA MEDIANTE UN DIAFRAGMA EL CUAL ES MÓVIDO A SU VEZ POR EL GAS COMPRIMIDO DEL SISTEMA DE CONTROL BULBO-TUBO CAPILAR EL CUAL CONTROLA EL SOBRECALENTAMIENTO. LA VET A SU VEZ PARA AJUSTAR SU REGULACIÓN SEGÚN CAMBIO DE CARGA TÉRMICA UTILIZA UN VÁSTAGO REGULADOR EL CUAL ES MANIOBRADO DE FORMA MANUAL.

MANTENIMIENTO:

PROCEDIMIENTO PREVENTIVO

NIVEL DE CRITICIDAD: CRÍTICO X IMPORTANTE PRESCINDIBLE

REPUESTOS:	CONSUMIBLES EN STOCK:	EN CASO DE FALLO, QUE NO DEBEN ESTAR EN STOCK PERO SE DEBEN TENER CLARO EL TIEMPO DE ADQUISICIÓN :
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ VÁLVULA DE EXPANSIÓN 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RESORTE ▪ VÁSTAGO REGULADOR

OBSERVACIONES:

Fuente. Elaboración propia.



FICHA TÉCNICA

CÓDIGO: FT TB01
VERSIÓN: 001
VIGENCIA: 31/12/2020

DATOS DEL EQUIPO



EQUIPO: TUBERÍA
MATERIAL: COBRE
FLUIDO DE TRABAJO: R-22 o R-507
SERVICIO: CONDUCIR EL REFRIGERANTE A TRAVÉS DE TODO EL EQUIPO.

CÓDIGO: DI-AL-R01TB01
SISTEMA DE TRABAJO: MEDIA Y BAJA TEMPERATURA

MANTENIMIENTO:

PROCEDIMIENTO PREVENTIVO

NIVEL DE CRITICIDAD: CRÍTICO IMPORTANTE PRESCINDIBLE

REPUESTOS:

CONSUMIBLES EN STOCK:

- AISLANTE PARA TUBERÍA
- SOPORTES
- TORNILLERÍA

EN CASO DE FALLO, QUE NO DEBEN ESTAR EN STOCK PERO SE DEBEN TENER CLARO EL TIEMPO DE ADQUISICIÓN :

- TUBERÍA DE COBRE
- BUSHING DE TUBERÍA
- NIPLES
- VÁLVULAS ROTALOCKS
- TAPONES DE VÁLVULA ROTALOCK
- CODOS DE TUBERÍA

OBSERVACIONES:

Fuente. Elaboración propia.



FICHA TÉCNICA

CÓDIGO: FT SC01
VERSIÓN: 001
VIGENCIA: 31/12/2020

DATOS DEL EQUIPO



EQUIPO: SISTEMA DE CONTROL E2	CÓDIGO: DI-AL-R01SC01
MARCA: EMERSON	RED: RED I/O R485
MODELO: RX-400	SISTEMA DE TRABAJO: MEDIA Y BAJA TEMPERATURA
FLUIDO DE TRABAJO: R-22 o R-507	VOLTAJE: 220 VAC
CAPACIDAD: 4 GRUPOS DE SUCCIÓN	

SERVICIO: CONTROLAR EL FUNCIONAMIENTO DE CADA COMPONENTE Y EL SISTEMA EN GENERAL MEDIANTE EL MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES TALES COMO TEMPERATURA, PRESIÓN, HUMEDAD, FLUJO Y TENSIÓN ELÉCTRICA.

DESCRIPCIÓN: EL SISTEMA DE CONTROL E2. UTILIZA EL CONTROLADOR E2 PARA VERIFICAR LOS DATOS DE LA VARIABLES MEDIDAS QUE SON TOMADOS POR SENSORES COMO SONDAS DE TEMPERATURA O TRANSDUCTORES DE PRESIÓN, Y PARA TOMAR LAS DECISIONES NECESARIAS PARA LOGRAR EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. EL SISTEMA DE CONTROL E2 UTILIZA TABLEROS DE ENTRADA Y SALIDA COMO EL 16AI, MULTIFLEX 8RO, 4AO, 8DO Y GATEWAY PARA COMUNICAR LOS SENSORES CON EL CONTROLADOR E2.

MANTENIMIENTO:

PROCEDIMIENTO PREVENTIVO

NIVEL DE CRITICIDAD: CRÍTICO IMPORTANTE PRESCINDIBLE

REPUESTOS:

CONSUMIBLES EN STOCK:

- ALAMBRE O CABLEADO ELÉCTRICO
- FUSIBLES
- CONTACTORES
- BREAKERS
- RELES ELECTRICOS Y TERMICOS

EN CASO DE FALLO, QUE NO DEBEN ESTAR EN STOCK PERO SE DEBEN TENER CLARO EL TIEMPO DE ADQUISICIÓN :

- SENSORES DE NIVEL DE ACEITE Y LIQUIDO
- SENSORES DE PRESIÓN DE ACEITE
- TRANSDUCTOR DE PRESIÓN
- SONDAS DE INMERSIÓN DE TEMPERATURA
- SENSORES RH


OBSERVACIONES:

Fuente. Elaboración propia.


Anexo D. Formato de control de actividades.

		DIAC INGENIERIA S.A.S.						CODIGO: CA EV01						
		CONTROL DE ACTIVIDADES						VERSION: 001						
								VIGENCIA: 31/12/2020						
NOMBRE:								FECHA:						
CLIENTE:		Sistema de refrigeración de compresión de vapor						UBICACION:						
EQUIPO:								SERVICIO:						
COMPONENTE:		Evaporador						CODIGO: DI-AL-P01EV01						
MARCA:		Luvo o Arneg						FLUIDO DE TRABAJO: R-22 o R-507						
TIPO:		Serpentín expansión directa						SISTEMA DE TRABAJO: Media y baja temperatura						
TAREAS PREVENTIVAS														
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	OBSERVACIONES
MEDICIONES														
Mensual	Medir temperatura de la línea de succión													
Mensual	Medir temperatura de salida del aire del evaporador													
Mensual	Medir temperatura de entrada del aire del evaporador													
Mensual	Medir presión de la línea de succión													
Mensual	Medir corriente del motor del ventilador													
Mensual	Medir corriente del breaker													
Mensual	Medir corriente del contactor													
Mensual	Medir voltaje del motor del ventilador													
Mensual	Medir voltaje del breaker													
Mensual	Medir voltaje del contactor													
VERIFICACIONES														
Mensual	Verificar y corregir emisión de refrigerante													
Mensual	Verificar y corregir fuga de aceite													
Mensual	Verificar los intervalos de des-congelamiento del serpentín													
Mensual	Verificar el giro del motor del ventilador													
Mensual	Verificar el estado del ventilador, cubierta y las aapas													
Mensual	Verificar el estado del serpentín y aletas													
Mensual	Verificar el estado de la bobina del motor eléctrico													
Mensual	Verificar el funcionamiento del ventilador													
Mensual	Verificar el estado de NO-NC del contactor													
Mensual	Verificar el estado de NO-NC del breaker													
Mensual	Verificar y corregir el aislamiento de las bobinas													
Bimensual	Verificar la operación del motor en automático													
Mensual	Inspeccionar el estado del cableado de conexión y alimentación													
Semestral	Verificar y corregir la corrosión en el serpentín, aapas del ventilador, motor eléctrico y porta-ventilador													
Semestral	Verificar y eliminar incrustaciones del serpentín													
ACCIONES														
Mensual	Limpia exteriormente el serpentín de tubos													
Mensual	Limpia ventilador, su motor, la rejilla y el porta-													
Mensual	Lubricar cojinetes, bujes y eje del motor eléctrico													
Mensual	Lavar y desobstruir el drenaje de suciedad y/o material particulado													
Mensual	Ajusta terminales eléctricos (contactor, breaker, motor, bornera del motor)													
Mensual	Ajustar tornillos del porta-ventilador y tapa													
Mensual	Peinar las aletas del serpentín													
Mensual	Eliminar ruidos del motor eléctrico													
Mensual	Eliminar la vibración de las aapas													
Mensual	Realizar intervalos de des-congelación para el serpentín													
Trimestral	Limpia, ajustar y lubricar los contactos de los elementos eléctricos													
Trimestral	Lija contactos del contactor													
Anual	Limpia el interior del serpentín con nitrógeno para eliminar impurezas													
OBSERVACIONES:														
FIRMAS														
_____					_____					_____				
REALIZACIÓN					REVISIÓN					APROBACIÓN				

Fuente. Elaboración propia.

		DIAC INGENIERIA S.A.S. CONTROL DE ACTIVIDADES												CÓDIGO: VERSIÓN: VIGENCIA:			
														CA C001 001 31/12/2020			
NOMBRE:												FECHA:					
CLIENTE:		Sistema de refrigeración de compresión de vapor										UBICACIÓN:					
EQUIPO:														SERVICIO:			
COMPONENTE:		Condensador										CÓDIGO:		DI-AL-R01C001			
MARCA:		Danfoss										FLUIDO DE TRABAJO:		R-22 o R-501			
TIPO:		Serpentín expansión directa										SISTEMA DE TRABAJO:		Media y baja temperatura			
TAREAS PREVENTIVAS																	
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE	OBSERVACIONES			
MEDICIONES																	
Mensual	Medir temperatura de la línea de descarga																
Mensual	Medir temperatura en la línea de líquido																
Mensual	Medir temperatura de entrada del aire del condensador																
Mensual	Medir temperatura de salida del aire del condensador																
Mensual	Medir presión en la línea de descarga																
Mensual	Medir presión en la línea de líquido																
Mensual	Medir corriente del motor del ventilador																
Mensual	Medir corriente del breaker																
Mensual	Medir corriente del contactor																
Mensual	Medir voltaje del motor eléctrico																
Mensual	Medir voltaje del breaker																
Mensual	Medir voltaje del contactor																
VERIFICACIONES																	
Mensual	Verificar y corregir emisión de refrigerante																
Mensual	Verificar y corregir fuga de aceite																
Mensual	Verificar el aire del motor del ventilador																
Mensual	Verificar el estado del ventilador, cubierta y las aspas																
Mensual	Verificar el estado del serpentín y aletas																
Mensual	Verificar el estado de la bobina del motor eléctrico																
Mensual	Verificar el funcionamiento del ventilador																
Mensual	Verificar el estado de NO-NC del contactor																
Mensual	Verificar el estado de NO-NC del breaker																
Mensual	Verificar y corregir el aislamiento de las bobinas																
Bimensual	Verificar la operación del motor en automático																
Mensual	Inspeccionar el estado del cableado de conexión y alimentación																
Semestral	Verificar y corregir la corrosión en el serpentín, aspas del ventilador, motor eléctrico y porta-ventilador																
Semestral	Verificar y eliminar incrustaciones del serpentín																
ACCIONES																	
Mensual	Limpia exteriormente el serpentín de tubos																
Mensual	Limpia ventilador, su motor, la rejilla y el porta-ventilador																
Mensual	Lubricar cojinetes, bujes y eje del motor eléctrico																
Mensual	Ajusta terminales eléctricos (contactor, breaker, motor, bornera del motor)																
Mensual	Ajustar tornillos del porta-ventilador y tapa																
Mensual	Peinar las aletas del serpentín																
Mensual	Eliminar ruidos del motor eléctrico																
Mensual	Eliminar la vibración de las aspas																
Trimestral	Limpia, ajustar y lubricar los contactos de los elementos eléctricos																
Trimestral	Lija contactos del contactor																
Anual	Limpia el interior del serpentín con nitrógeno para eliminar impurezas																
OBSERVACIONES:																	
FIRMAS																	
_____					_____					_____							
REALIZACIÓN					REVISIÓN					APROBACIÓN							

Fuente. Elaboración propia.

	DIAC INGENIERIA S.A.S.											CÓDIGO:	CA TB01	
	CONTROL DE ACTIVIDADES											VERSIÓN:	001	
												VIGENCIA:	31/12/2020	
NOMBRE:											FECHA:			
CLIENTE:											UBICACIÓN:			
EQUIPO:	Sistema de refrigeración de compresión de vapor										SERVICIO:			
ESPECIFICACIONES														
COMPONENTE:	Tubería										CÓDIGO:	DI-AL-R01TB01		
MATERIAL:	Cobre										FLUIDO DE TRABAJO:	R-22 o R-507		
TIPO:	-										SISTEMA DE TRABAJO:	Medio y baja temperatura		
TAREAS PREVENTIVAS														
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBR	OCTUBRE	NOVIEMBR	DICIEMBR	OBSERVACIONES
MEDICIONES														
Mensual	Medir presión a la salida del compresor													
Mensual	Medir presión a la entrada del condensador													
Mensual	Medir presión a la salida del condensador													
Mensual	Medir presión a la entrada de la VET													
Mensual	Medir presión a la salida del evaporador													
Mensual	Medir presión en la entrada del compresor													
VERIFICACIONES														
Mensual	Verificar y corregir emisión de refrigerante en las conexiones con accesorios o componentes													
Mensual	Verificar y corregir fuga de aceite en las conexiones con accesorios o componentes													
Mensual	Verificar y corregir fuga de aceite o refrigerante a través de los tramos de la tubería													
Mensual	Inspeccionar el estado general de la tubería (golpes y pintura)													
Mensual	Verificar el estado de aislamiento de la tubería													
Mensual	Verificar y corregir condensación de agua por humedad													
Trimestral	Verificar y corregir corrosión en la tubería													
Mensual	Verificar y corregir obstrucción por contaminantes													
ACCIONES														
Mensual	Limpia externamente la tubería de suciedad y escarcha													
Mensual	Eliminar ruidos y vibraciones de la tubería													
Mensual	Ajustar y sujetar soportes y fijadores													
Mensual	Reponer aislamiento de la tubería													
Semestral	Balancear el sistema de tubería													
Anual	Limpia internamente la tubería con líquido removedor de impurezas													
OBSERVACIONES:														
FIRMAS														
_____				_____				_____						
REALIZACIÓN				REVISIÓN				APROBACIÓN						

Fuente. Elaboración propia.



DIAC INGENIERIA S.A.S.
CONTROL DE ACTIVIDADES

CÓDIGO: CA VA01
VERSIÓN: 001
VIGENCIA: 31/12/2020

NOMBRE:		FECHA:	
CLIENTE:		UBICACIÓN:	
EQUIPO:	Sistema de refrigeración de compresión de vapor	SERVICIO:	
ESPECIFICACIONES			
COMPONENTE:	Válvula de expansión	CÓDIGO:	DI-AL-R01VA01
MARCA:	Danfoss	FLUIDO DE TRABAJO:	R-22 o R-507
TIPO:	Termostática	SISTEMA DE TRABAJO:	Media y baja temperatura
TAREAS PREVENTIVAS			
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO
		MARZO	ABRIL
		MAYO	JUNIO
		JULIO	AGOSTO
		SEPTIEMBRE	OCTUBRE
		NOVIEMBRE	DICIEMBRE
		OBSERVACIONES	
MEDICIONES			
Mensual	Medir temperatura de la línea de succión		
Mensual	Medir temperatura de la línea de líquido		
Mensual	Medir presión de la línea de succión		
Mensual	Medir presión de la línea de líquido		
VERIFICACIONES			
Mensual	Verificar y corregir emisión de refrigerante		
Mensual	Verificar y corregir fuga de aceite		
Mensual	Verificar y corregir obstrucción en el interior de la VET por material particulado		
Mensual	Verificar estado del tubo capilar y bulbo		
Mensual	Verificar el estado del aislamiento del bulbo		
Mensual	Verificar el funcionamiento del vástago regulador		
Mensual	Verificar el cierre total de la válvula de expansión termostática		
Mensual	Verificar y ajustar el sobrecalentamiento		
Mensual	Verificar y corregir fuga de la carga termostática en las conexiones del tubo capilar		
Mensual	Verificar que el subsistema mecánico este libre de hielo		
ACCIONES			
Mensual	Limpia externamente la VET de polvo y escarcha		
Mensual	Ajustar la posición del bulbo en la tubería		
Mensual	Ajustar el contacto del bulbo con la tubería		
OBSERVACIONES:			
FIRMAS			
_____		_____	
REALIZACIÓN		REVISIÓN	


APROBACIÓN			

Fuente. Elaboración propia.


DIAC		DIAC INGENIERIA S.A.S.										CÓDIGO:		CA SC01	
		CONTROL DE ACTIVIDADES										VERSIÓN:		001	
												VIGENCIA:		31/12/2020	
NOMBRE:												FECHA:			
CLIENTE:												UBICACIÓN:			
EQUIPO:		Sistema de refrigeración de compresión de vapor										SERVICIO:			
ESPECIFICACIONES															
COMPONENTE:		Sistema de control E2										CÓDIGO:		DI-AL-R01SC01	
MARCA:		Emerson										FLUIDO DE TRABAJO:		R-22 o R-507	
TIPO:		RX-400 Red I/O R2485										SISTEMA DE TRABAJO:		Media y baja temperatura	
TAREAS PREVENTIVAS															
FRECUENCIA	ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	OBSERVACIONES	
MEDICIONES															
Mensual	Medir voltaje de la fuente de alimentación														
Mensual	Medir corriente de la fuente de alimentación														
Mensual	Medir voltaje entre el controlador E2 y los tableros I/O														
Mensual	Medir corriente entre el controlador E2 y los tableros I/O														
Mensual	Medir voltaje entre los tableros I/O y los sensores														
Mensual	Medir corriente entre los tableros I/O y los sensores														
Mensual	Medir voltaje entre fase-fase, fase-tierra y tierra-neutro														
Mensual	Medir corriente entre fase-fase, fase-tierra y tierra-neutro														
VERIFICACIONES															
Bimensual	Verificar funcionamiento del control de presión y temperatura de baja y alta, control de presión de aceite y nivel de aceite. VDF														
Mensual	Verificar funcionamiento de tarjetas y software														
Mensual	Verificar funcionamiento de la red de comunicación online														
Mensual	Verificar funcionamiento de las alarmas de componentes, controlador y motores														
Mensual	Verificar estado del cableado eléctrico														
Bimensual	Verificar la programación de arranque de los motores eléctricos														
Mensual	Verificar estado de NO-NC del contactor y breaker														
ACCIONES															
Mensual	Limpiar el polvo y suciedad externamente del tablero, controlador y sensores														
Bimensual	Ajustar y calibrar elementos y sensores de medición														
Mensual	Ajustar terminales o bornes eléctricos de circuitos, breaker, contactores, fusibles y barras														
Mensual	Ajustar parámetros del controlador														
Semestral	Actualizar y marcar datos del tablero														
Trimestral	Lijar contactos del contactor														
Semestral	Reparar o cambiar contactores, contacto de los contactores, breaker y barras														
Semestral	Eliminar corrosión existente en conexiones y tableros														
OBSERVACIONES:															
FIRMAS															
_____					_____					_____					
REALIZACIÓN					REVISIÓN					APROBACIÓN					

Fuente. Elaboración propia.


Anexo E. Formato hoja de vida.

	DIAC INGENIERIA S.A.S.		CÓDIGO:	HJ EV01			
	HOJA DE VIDA		VERSION:	001			
			VIGENCIA:	31/12/2020			
NOMBRE:		FECHA:					
CLIENTE:		UBICACIÓN:					
EQUIPO:	Sistema de refrigeración de compresión de vapor	SERVICIO:					
ESPECIFICACIONES							
COMPONENTE:	Evaporador	CÓDIGO:	DI-AL-R01E V01				
MARCA:	Luve o Arneg	FLUIDO DE TRABAJO:	R-22 o R-507				
TIPO:	Serpentín expansión directa	SISTEMA DE TRABAJO:	Media y baja temperaturua				
HISTORIAL DE FALLAS Y PROCEDIMIENTOS							
ITEM	FALLA	MODO DE FALLA	PROCEDIMIENTO	FECHA DE EJECUCIÓN	TIEMPO DE OPERACIÓN	REPUESTO UTILIZADO	OBSERVACIONES
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
OBSERVACIONES GENERALES:							
FIRMAS							
_____		_____		_____			
REALIZACIÓN		REVISION		APROBACIÓN			


Fuente. Elaboración propia.

	DIAC INGENIERIA S.A.S.		CÓDIGO:	HJ C001			
	HOJA DE VIDA		VERSIÓN:	001			
			VIGENCIA:	31/12/2020			
NOMBRE:		FECHA:					
CLIENTE:		UBICACIÓN:					
EQUIPO:	Sistema de refrigeración de compresión de vapor	SERVICIO:					
ESPECIFICACIONES							
COMPONENTE:	Condensador	CÓDIGO:	DI-AL-R01C001				
MARCA:	Danfoss	FLUIDO DE TRABAJO:	R-22 o R-507				
TIPO:	Serpentín expansión directa	SISTEMA DE TRABAJO:	Media y baja temperatura				
HISTORIAL DE FALLAS Y PROCEDIMIENTOS							
ITEM	FALLA	MODO DE FALLA	PROCEDIMIENTO	FECHA DE EJECUCIÓN	TIEMPO DE OPERACIÓN	REPUESTO UTILIZADO	OBSERVACIONES
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
OBSERVACIONES GENERALES:							
FIRMAS							
_____			_____			_____	
REALIZACIÓN			REVISIÓN			APROBACIÓN	


Fuente. Elaboración propia.

	DIAC INGENIERIA S.A.S.		CÓDIGO:	HJ TB01			
	HOJA DE VIDA		VERSIÓN:	001			
			VIGENCIA:	31/12/2020			
NOMBRE:		FECHA:					
CLIENTE:		UBICACIÓN:					
EQUIPO:	Sistema de refrigeración de compresión de vapor	SERVICIO:					
ESPECIFICACIONES							
COMPONENTE:	Tubería	CÓDIGO:	DI-AL-FR01TB01				
MATERIAL:	Cobre	FLUIDO DE TRABAJO:	R-22 o R-507				
TIPO:	-	SISTEMA DE TRABAJO:	Media y baja temperatura				
HISTORIAL DE FALLAS Y PROCEDIMIENTOS							
ITEM	FALLA	MODOS DE FALLA	PROCEDIMIENTO	FECHA DE EJECUCIÓN	TIEMPO DE OPERACIÓN	REPUESTO UTILIZADO	OBSERVACIONES
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
OBSERVACIONES GENERALES:							
FIRMAS							
_____		_____		_____			
REALIZACIÓN		REVISIÓN		APROBACIÓN			

Fuente. Elaboración propia.

	DIAC INGENIERIA S.A.S.			CÓDIGO:	HJ VA01		
	HOJA DE VIDA			VERSIÓN:	001		
				VIGENCIA:	31/12/2020		
NOMBRE:		FECHA:					
CLIENTE:		UBICACIÓN:					
EQUIPO:	Sistema de refrigeración de compresión de vapor	SERVICIO:					
ESPECIFICACIONES							
COMPONENTE:	Válvula de expansión	CÓDIGO:	DI-AL-R01VA01				
MARCA:	Danfoss	FLUIDO DE TRABAJO:	R-22 o R-507				
TIPO:	Termostática	SISTEMA DE TRABAJO:	Media y baja temperatura				
HISTORIAL DE FALLAS Y PROCEDIMIENTOS							
ITEM	FALLA	MODOS DE FALLA	PROCEDIMIENTO	FECHA DE EJECUCIÓN	TIEMPO DE OPERACIÓN	REPUESTO UTILIZADO	OBSERVACIONES
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
OBSERVACIONES GENERALES:							
FIRMAS							
_____			_____			_____	
REALIZACIÓN			REVISIÓN			APROBACIÓN	

Fuente. Elaboración propia.

		DIAC INGENIERIA S. A. S.		CÓDIGO:	HJ SC01		
		HOJA DE VIDA		VERSIÓN:	001		
				VIGENCIA:	31/12/2020		
NOMBRE:				FECHA:			
CLIENTE:				UBICACIÓN:			
EQUIPO:		Sistema de refrigeración de compresión de vapor		SERVICIO:			
ESPECIFICACIONES							
COMPONENTE:		Sistema de control E2		CÓDIGO:	DI-AL-R01SC01		
MARCA:		Emerson		FLUIDO DE TRABAJO:	R-22 o R-507		
TIPO:		RX-400 Red I/O Rs485		SISTEMA DE TRABAJO:	Media y baja temperatura		
HISTORIAL DE FALLAS Y PROCEDIMIENTOS							
ITEM	FALLA	MODOS DE FALLA	PROCEDIMIENTO	FECHA DE EJECUCIÓN	TIEMPO DE OPERACIÓN	REPUESTO UTILIZADO	OBSERVACIONES
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
OBSERVACIONES GENERALES:							
FIRMAS							
_____		_____		_____			
REALIZACIÓN		REVISIÓN		APROBACIÓN			

Fuente. Elaboración propia.