



**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO**

ADECUACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL BANCO DE  
TRANSFERENCIA DE CALOR DE LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE  
SANTANDER SEDE BARRANCABERMEJA

**AUTORES**

LUIS EDUARDO BRÍÑEZ GÓMEZ  
ARIEL GUZMAN CASTRILLON

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO

Barrancabermeja

Fecha de Presentación: (06-02-2019)



**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO**  
ADECUACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL BANCO DE  
TRANSFERENCIA DE CALOR DE LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE  
SANTANDER SEDE BARRANCABERMEJA

**AUTORES**

LUIS EDUARDO BRÍÑEZ GÓMEZ  
ARIEL GUZMAN CASTRILLON

**Trabajo de Grado para optar al título de**  
Tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico

**DIRECTOR**

LEIDYS MARLEYN RODRÍGUEZ CASTRO

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN – DIANOIA**

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO  
Barrancabermeja

Fecha de Presentación: (06-02-2019)

Nota de Aceptación

Trabajo de grado titulado: ADECUACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL BANCO DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER SEDE BARRANCABERMEJA

Presentado por: LUIS EDUARDO BRÍÑEZ GÓMEZ Y ARIEL GUZMAN CASTRILLON. Para optar el título de Tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_  
Firma del jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del Jurado

## DEDICATORIA

Dedico este logro principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación. A mis padres por el pilar más importante y demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis hermanos por acompañarme en este camino.

**LUIS EDUARDO BRIÑEZ GÓMEZ**

Ante la culminación de este proyecto investigativo es para mí un gran honor dedicar este logro a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres, esposa e hija, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. A mis demás familiares, por estar siempre presentes acompañándome, y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

**ARIEL GUZMAN CASTRILLON**

## AGRADECIMIENTOS

Es de gran honor para nosotros el agradecer a Dios por acompañarnos en todo momento, por darnos las fuerzas suficientes para culminar cada proceso surgido. De igual forma, por sus infinitas bendiciones y ánimos de continuar nuestro crecimiento personal y profesional.

Agradecemos a nuestras familias, en especial a nuestros padres quienes fueron la fuente principal de motivación y apoyo constante, indispensables para la culminación con éxitos el largo camino que comprende los estudios realizados para alcanzar esta meta. Con su ayuda y consejos, nos permitieron seguir adelante a pesar de los retos que se presentaron en el proceso de nuestro estudio universitario.

A la Universidad y sus respetados docentes por brindarnos la oportunidad y herramientas necesarias para formarnos como profesionales y enfrentar las exigencias del campo laboral. A nuestro tutor por sus aportes, acompañamiento constante y aconsejarnos en la elaboración de cada una de las actividades demandadas en el proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN EJECUTIVO .....	12
INTRODUCCIÓN .....	14
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3. OBJETIVOS .....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES .....	19
2. MARCOS REFERENCIALES.....	25
2.1.1. Marco histórico .....	25
2.1.2. Marco teórico .....	28
2.1.3. Marco conceptual .....	35
2.1.4. Marco legal.....	44
2.1.5. Marco ambiental .....	49
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO .....	53
3.1.DETERMINAR A TRAVÉS DE PRUEBAS DE ACCIONAMIENTO LA CONDICIÓN ACTUAL DE LOS COMPONENTES QUE ESTRUCTURAN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL BANCO DE TRANSFERENCIA DE CALOR LOS CUALES PERMITAN LA CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE	

FALLAS.....	54
3.2. IMPLEMENTAR UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE ACUERDO A LA IDENTIFICACIÓN DE FALLAS CON EL PROPÓSITO DE LLEVAR A CABO LA ADECUACIÓN Y MEJORA DEL PROCESO DE REFRIGERACIÓN DEL BANCO DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	59
3.3. REALIZAR GUÍAS PRÁCTICAS QUE PERMITAN EL MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	76
3.3.1. Medidas de seguridad.....	76
3.3.2. Precauciones.....	79
3.3.3. Riesgos de salud.....	79
3.3.4. Proceso para un buen funcionamiento de un sistema de refrigeración industrial.....	81
3.3.5. Mantenimiento predictivo.....	84
4. RESULTADOS.....	86
CONCLUSIONES.....	89
5. RECOMENDACIONES.....	91
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS.....	95

**LISTA DE FIGURAS**

	pág.
Figura 1. Elementos fundamentales de un sistema de refrigeración .....	42
Figura 2. Sistema de refrigeración.....	53
Figura 3. Estructura base del sistema de refrigeración. ....	54
Figura 4. Estructura base del sistema de refrigeración. ....	55
Figura 5. Tubería de gas refrigerante - cobre .....	55
Figura 6. Revisión con multímetro (tester) .....	56
Figura 7. Revisión del sistema eléctrico.....	57
Figura 8. Manómetros. ....	58
Figura 9. Carga de gas refrigerante .....	58
Figura 10. Revisión del estado del equipo.....	61
Figura 11. Revisión de continuidad.....	62
Figura 12. Desmantelamiento del equipo .....	62
Figura 13. Aplicación del Líquido limpiador .....	63
Figura 14. Uso de la hidrolavadora .....	64
Figura 15. Proceso de limpieza .....	64
Figura 16. Inicio de ensamblaje.....	65
Figura 17. Condensador del aire acondicionado .....	66
Figura 18. Compresor .....	68
Figura 19. Ventilador .....	69
Figura 20. Filtro deshidratador .....	70
Figura 21. Visor de Líquido.....	71
Figura 22. Válvula de Paso .....	72
Figura 23. Válvula de servicio.....	73
Figura 24. Ensamble del Aire acondicionado.....	86

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Analisis de la condición actual del sistema de refrigeración .....	59
Tabla 2. Medidas de seguridad para un sistema de refrigeración .....	77
Tabla 3. Checklist sistema de refrigeración industrial.....	82
Tabla 4. Periodos de mantenimiento .....	85
Tabla 5. Determinación de actividades preventivas y correctivas .....	87



R-DC-95

## DOCENCIA

ADECUACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL BANCO DE  
TRANSFERENCIA DE CALOR DE LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE  
SANTANDER SEDE BARRANCABERMEJA

PÁGINA 11  
DE 97

VERSIÓN: 01

### LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Revisión de capacitores .....	95
Anexo 2. Ajuste de estructura .....	95
Anexo 3. Revisión de manómetros .....	96
Anexo 4. Ajuste de estructura .....	96
Anexo 5. Ajuste de tubería .....	97

## RESUMEN EJECUTIVO

La transferencia de calor es uno de los procesos principales realizados en la industria, lo que incluye el uso de diferentes máquinas y equipos como calderas, enfriadores, evaporadores, condensadores, entre otros, los cuales están sometidos a un plan de mantenimiento que permite mantener en óptimas condiciones la operación del sistema. Por tal razón las empresas están encaminadas a realizar diariamente el cuidado básico de equipos con el cual buscan garantizar su proceso salvaguardando la persona que operan estos sistemas y la vida útil de los equipos.

Con base a la importancia de estudiar los procesos de transferencia de calor y medidas de control necesarias para conservar y predecir fallos en los equipos que lo componen, las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja fue dotada con un banco de transferencia, constituido por un intercambiador de calor tubo y carcasa de un solo paso, intercambiador de calor de placas, unidad de refrigeración, dos tanques de almacenamiento de agua, etc, el cual fue dispuesto por la sede principal (Bucaramanga) y realizado por estudiantes de ingeniería electromecánica con el fin de suplir la necesidad sobre conocimiento práctico de un sistema de movimiento calorífico.

Sin embargo, se ha evidenciado que el equipo se encuentra fuera de servicio debido a la falta de uso, generando la disminución de la confiabilidad, deterioro y demás factores requeridos para el adecuado accionamiento del banco, por lo que se estableció la intervención y/o rediseño de todas las unidades del banco en varias etapas con el objetivo que sea capaz de intercambiar energía por transmisión de calor mediante dos fluidos de diferente temperatura.

A partir de esto, se lleva a cabo el desarrollo de un proyecto de grado, que permite a los autores en primer lugar la culminación del ciclo tecnológico en operación y mantenimiento electromecánico. Posteriormente, la adecuación del sistema de refrigeración del banco de pruebas de transferencia de calor, ya que su sistema de condensación no es apto para cumplir el proceso de refrigeración de agua. Por otra parte, el desarrollo de las fases del proyecto implementa la metodología descriptiva, por su característica técnicas la cual se basa en utilizar investigaciones que brinden apoyo en la realización del proyecto.

## INTRODUCCIÓN

La implementación de mantenimiento preventivo y correctivo se ha catalogado en la industria como una herramienta indispensable la cual permite a los procesos operativos conservar su normalidad, incluyendo el control, revisión constante y elaboración de actividades caracterizadas por la toma de acciones programadas según las fallas o puntos críticos identificados.

Es por esto, que el uso de técnicas adquiridas en la formación como electromecánicos permite no solo la adquisición de herramientas teóricas, sino que además el desarrollo de actividades prácticas orientadas a mantener el funcionamiento idóneo en equipos, ya sean mecánicos, eléctricos o electrónicos. A partir de esto, el proyecto ejecutado se caracteriza por la adecuación del sistema de refrigeración de un banco de transferencia de calor ubicado en las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja.

Las actividades programadas estuvieron basadas en el desarrollo de pruebas de accionamiento del equipo, en el que se identificó la condición actual de cada uno de los componentes que conforman el sistema, obteniendo así una clasificación y caracterización de las fallas. Posteriormente, se realiza el mantenimiento ya sea preventivo o correctivo con la objetividad de mejorar el proceso de refrigeración del banco. Finalmente, se incluyen una serie de guías de mantenimiento y operación, creando una idea clara de los factores a tener en cuenta una vez puesto en marcha el equipo.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El banco de pruebas de transferencia de calor está conformado por varios sistemas, uno de ellos es el proceso de refrigeración que se hace a través de una condensadora, esta es la encargada de refrigerar el agua que se encuentra en una cuba para las pruebas del banco. Actualmente el proceso se encuentra deshabilitado por falta de mantenimiento lo que incluye deterioro en la capa externa, falta de pintura y refrigerante, no enciende de manera oportuna y demás factores generando que el aprendizaje práctico se quede corto.

Por otra parte, la inactividad del equipo genera espacios vacíos en los estudiantes, por lo que al momento de enfrentarse al control e intervención de equipos con igual magnitud al presentado no estará en la habilidad técnica de realizar un diagnóstico confiable sobre los equipos térmicos que abordan el proceso la transferencia de calor, debido a que no adquieren la asistencia requerida a un laboratorio para realizar prácticas de los fundamentos teóricos vistos en clase.

Es por ello que se ha llegado a una interrogante ¿cómo realizar la adecuación del sistema de refrigeración del banco de transferencia de calor de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja que permita desarrollar prácticas de laboratorio?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Una de las mejores estrategias de aprendizaje significativo en las ingenierías, son las prácticas de laboratorio, y, para que estas puedan llevarse a cabo dentro de ambientes que permitan lograr que el estudiante pueda aprender haciendo, es que se cuente con herramientas, equipos y demás aspectos técnicos que son necesarios para que se desarrollen las prácticas de laboratorio. Los bancos de prueba hacen parte de esas herramientas y equipos que apoyan el desarrollo de prácticas, yendo más allá y proporcionando un espacio de realización de comprobaciones teóricas llevadas al campo industrial.

Para las UTS sede Barrancabermeja es de gran importancia la adquisición bancos de prueba para las diferentes asignaturas, porque como se mencionó aportan a los laboratorios la práctica sobre sistemas reales a escalas permisibles en el espacio académico. En ese sentido, un banco de transferencia de calor con todos sus componentes aparcados en la disposición para las pruebas para los cursos que buscan formar a los estudiantes en el empleo adecuado de los principios y conceptos básicos, permitirá llevar a cabo ese objetivo a través de los mecanismos físicos y modos de cómo se comporta la energía.

Estudiar los componentes y procesos que influyen en el accionamiento del banco de transferencia de calor permite fortalecer y poner en práctica los conocimientos adquiridos en el proceso formativo. Es por esto, que teniendo en cuenta que el modulo se encuentra fuera de servicio se dispone el fraccionamiento del equipo con el fin de rediseñar e intervenir las diferentes etapas del equipo.

La investigación presentada abarca la adecuación del sistema de refrigeración, bajo la concepción del mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a las fallas identificadas, donde se apliquen mejoras y reparaciones, dejando a

disposición y en completa funcionalidad el sistema intervenido de dicho banco, para los actuales y futuros estudiantes de programas de ciencias naturales e ingenierías de las UTS sede Barrancabermeja.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Adecuar el sistema de refrigeración del banco de transferencia de calor de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar a través de pruebas de accionamiento la condición actual de los componentes que estructuran el sistema de refrigeración del banco de transferencia de calor los cuales permitan la clasificación y cuantificación de fallas.
- Implementar un mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a la identificación de fallas con el propósito de llevar a cabo la adecuación y mejora del proceso de refrigeración del banco de transferencia de calor.
- Realizar guías prácticas que permitan el mantenimiento y operación de los instrumentos que conforman el sistema de refrigeración.

#### 1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Daniel Villalba realiza un proyecto investigativo orientado a la elaboración de puesta en marcha de un programa de mantenimiento correctivo y preventivo para un sistema de refrigeración de las líneas de producción. La implementación de este sistema de mantenimiento preventivo, se debe realizar un análisis de las mejores opciones para llevar a cabo la realización de las tareas de mantenimiento a todos los equipos de refrigeración con el propósito de determinar la opción que resulte más económica para la empresa y verificar que sea factible (Villalba, 2002). Los logros alcanzados a nivel organizacional y de control de las actividades permiten reducir los tiempos de paradas de los equipos, gracias a la mejor organización del personal y a la agilización de las actividades de mantenimiento correctivo.

Adrián Rendón (2014) explica en su trabajo el procedimiento de aplicación de un mantenimiento para sistemas de refrigeración en un cuarto frío, se tiene como objetivo principal del proyecto la elaboración de un manual cuyo direccionamiento sea un mantenimiento para los sistemas de refrigeración industrial. El énfasis del manual de mantenimiento es poder aportar herramientas teóricas y prácticas a las personas que vayan a intervenir el sistema, mediante capacitaciones dependiendo los requerimientos de instalación de los equipos.

Durante el desarrollo del trabajo se encuentran principios básicos de la operación del sistema de refrigeración, donde se hace énfasis en la forma de tomar decisiones acerca de los componentes que se van a someter a mantenimiento y otros a cambiarlos para mejorar la eficiencia del proceso que está desarrollando. Se hace una revisión de todo el sistema que se va a intervenir, para así poder establecer un parámetro de orden y decidir que equipos se van a intervenir en el proceso de la implementación del manual de proceso los cuales son: evaporador,

es donde se produce el intercambio de calor entre el refrigerante y aire circundante en el medio a enfriar (Rendon, 2014). El compresor, el cual está formado por dos espirales, una fija y la otra móvil de manera que la móvil se va cerrando sobre la fija, la espiral móvil va aspirando el gas y lo va cerrando contra la otra espiral y va comprimiendo al mismo tiempo. Y el compresor que tiene la tarea de mantener una presión baja en el evaporador, lo que permite que el líquido refrigerante se evapore a bajas temperaturas.

Se concluye que se logra crear un sistema de mantenimiento para un sistema de refrigeración industrial, de tal manera que el personal encargado de operar el sistema tuviera la facilidad de evaluar los sistemas si tanta complejidad y se redujo en costos de operación en el sistema de refrigeración en cuanto a la prevención de averías y fallos que se pudieran presentar durante la operación del trabajo del sistema.

Según Juan Moreno (2006) se establece un diseño de un programa de mantenimiento que permita mejorar el desarrollo de los equipos, minimizar el número de fallas y poder controlar las actividades a nivel general que tengan relación con la implementación de los supervisores dadas las directrices de control de datos de las rutinas de mantenimiento que se establecer y las cuales deben de ser aplicadas por el personal encargado, del mismo modo se inicia o se hace un análisis basado en los manuales de los equipos, donde se revisa el historial referente al mantenimiento, y se realizan inspecciones de seguridad en los equipos intervenidos.

El progreso de este trabajo responde a un plan de reestructuración del departamento de mantenimiento de la empresa, con el propósito de desarrollar toda una metodología y logística para la implementación y control de los planes de mantenimiento preventivo. Del mismo modo para la realizar un buen plan de

mantenimiento, se hace considerable conocer de primera medida el funcionamiento, la estructura, componentes y los equipos que se van intervenir, para el cumplimiento de las actividades planteadas se estudiaron los manuales de los equipos para verificar el estado actual de cada uno en cuanto al mantenimiento preventivo y correctivo que se le debe realizar cada periodo (Moreno, 2006).

Según Juan Moreno (2006) señala que puede concluir que se mejoró el control de procedimiento sobre las acciones del mantenimiento mediante el empleo de platillas de verificación de rutinas de trabajo. Se puede determinar que se instalaron controles sobre el desempeño de los equipos cuyos reportes de trabajo y mantenimiento deben coincidir con el historial del equipo intervenido y se mejoró el control sobre los equipos, herramientas y materiales utilizados en trabajos de reparación debido al plan de mantenimiento establecido.

Para la realización de este proyecto se hace un plan de mantenimiento correctivo y preventivo del sistema de refrigeración de un equipo industrial, empleando una metodología de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM). Este trabajo tiene una serie de objetivos los cuales son: descripción del desarrollo que ha tenido el mantenimiento a lo largo de la historia con el fin de tener una visión global de la situación actual en cuanto a mantenimientos industriales (Céspedes, 2014). Descripción de los elementos que componen un sistema de refrigeración del equipo industrial su funcionamiento y realizar el presupuesto en cuanto al mantenimiento RCM, para así tener un costo evaluativo de los elementos que se requiere para el mantenimiento a desarrollar.

Este tipo de método que se realiza en este trabajo consiste en la aplicación de la metodología RCM, la cual busca mejorar todos los aspectos en el coste, el servicio, la calidad, el tiempo y los riesgos a paros no programados de los equipos. Los beneficios que se obtienen a través de este tipo de mantenimiento es reducir

los niveles y costes de mantenimiento preventivo los cuales son llevados a cabo con frecuencia, se definen las directrices y objetivos concretos con el fin de sustituir los mantenimientos preventivos rutinarios por los de mantenimiento predictivos y así reducir las paradas en producción (Céspedes, 2014).

Raúl Céspedes (2014) indica que el método RCM que se escogió e implemento fue la opción adecuada para las instalaciones industriales de refrigeración, debido a que en su plan de mantenimiento engloba muchos de los otros mantenimientos, como pueden ser: el mantenimiento predictivo, el mantenimiento preventivo programado, mantenimiento de sustitución programado y la combinación de todos estos mantenimientos teniendo en cuenta cual es el que mejor se adecúa al equipo en cuestión según el riesgo de cada modo de fallo, confirma que el mantenimiento RCM es la mejor opción en muchas de las instalaciones industriales.

Luis Cabrera (2017) indica en su proyecto un diseño para la aplicación del mantenimiento total productivo TPM, a los equipos de refrigeración, donde se inicia y se establece la situación actual de la gestión de mantenimiento de los equipos de refrigeración, se definen las debilidades y ventajas a la hora de implementar el proceso de cambio elaboración y aplicación del método TPM. Se desarrolla y ponen en marcha la aplicabilidad donde se comprueba la efectividad y la importancia de minimizar las intervenciones a los equipos en reducción de costo en cada mantenimiento que se requiera.

Para el presente estudio en relación con la metodología se empleará como técnica la observación simple o no participante y de diseño documental por lo cual también se usará como técnica de análisis, el análisis, por medio del método descriptivo y aplicativo que tiene como finalidad establecer un argumento en cuanto a la situación actual de los equipos de refrigeración. La

finalidad de la metodología TPM, es crear una estrategia la cual es confirmada por una serie de actividades que a su vez son implantadas y estas ayudan mejorar la competitividad de los equipos. (Cabrerias, 2017, pág. 21)

Según Luis Cabrera (2017) indica que con la ayuda de la metodología TPM y la aplicabilidad, se establece la importancia de tener tiempo real cada uno de los equipo en condiciones óptimas de operación sin ningún retraso en el funcionamiento y mejora la eficiencia en los trabajos programados por la empresa en lo que tienen que ver con los trabajos de refrigeración en particular. Y se establece un formato único de orden de trabajo para todos los equipos intervenidos y así manejar cada una de las solicitudes de mantenimiento.

Martha Gonzalez (2005) presenta en su trabajo un diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para los sistemas de refrigeración, mediante la implementación de SAP. El objetivo principal de este trabajo, con la creación de un plan de mantenimiento para los sistemas de refrigeración el cual es empleando para ello las herramientas de confiabilidad. En el plan de mantenimiento establecido, se incluyó la implementación de equipos de recuperación de refrigerante, con los cuales se obtiene una disminución de gastos y se evita la liberación de sustancias al medio ambiente que puedan ocasionar daños al personal que lo manipula. Del mismo modo se realizó la selección de los equipos de protección personal que la empresa debe proveer a sus trabajadores con el fin de disminuir los riesgos menores.

Para poder implementar el sistema SAP el un sistema de inventario, se estableció la estructura de la gestión de mantenimiento que debe ser empleada por la empresa y posteriormente se introdujeron los datos requeridos para generar las hojas de ruta, avisos de mantenimiento, órdenes de mantenimiento. Con lo cual se puede realizar el seguimiento y control de los equipos. Y la metodología de

investigación que se realiza tiene la finalidad de recopilar y estudiar toda la información sobre el funcionamiento de los sistemas de refrigeración y su mantenimiento, enfatizando en los equipos más críticos que posee la empresa (Gonzalez, 2005).

Al realizar el análisis de criticidad sobre los equipos que conformaban el sistema de refrigeración, se pudo constatar que el compresor, es el elemento más crítico. Esto puede deberse a que algunas partes que fueron diseñadas y fabricadas para que los compresores siempre estuvieran en funcionamiento, para mantener la temperatura óptima. Y con la implementación del nuevo plan de mantenimiento, se pudo prever futuras fallas que pudiesen generar pérdidas económicas para la empresa. (Gonzalez, 2005, pág. 205)

## 2. MARCOS REFERENCIALES

### 2.1.1. Marco histórico

La evolución del mantenimiento durante el siglo XX , tiene una evolución la cual se compone de unos compones que señalan unas etapas a las que se le denominan Primera, Segunda y Tercera generación, que dan una mirada en cuanto a idea de cuál ha sido el desarrollo de las técnicas y organizaciones que se han ido implementando durante dicho siglo en las grandes empresas industriales, aunque dichas etapas no tienen una frontera limitada o clara entre ellas desde el punto de vista temporal, ya que cada sector de la industria ha evolucionado de forma diferente a medida que pasa el tiempo. La aeronáutica siempre ha ido por delante de los demás sectores por lo que los diferentes periodos se refieren a los sectores convencionales y no al de la aviónica (Cespedes, 2014).

Reengrases, lubricaciones y limpiezas. En esta época los equipos eran simples, robustos y se sobredimensionaban. “Sus actividades no demandaban mucha destreza y no existía la alta mecanización de la industria, ocasionando este hecho bajos volúmenes de producción y, como consecuencia, se le daba poca importancia al tiempo de parada de los equipos” (Cespedes, 2014, pág. 15).

La Segunda Generación empieza a partir de la Segunda Guerra Mundial, seguramente motivado por avances en sectores industriales fabriles para la industria armamentística y por la evolución del mundo de la aviación, acabándose a mediados de los años 70. En ella se definen como objetivos una mayor disponibilidad operacional de los medios de producción, barcos, aviones y ferrocarriles, así como una mayor duración de los equipos en condiciones operativas idóneas (por lo que debían tener mayor fiabilidad) con los mínimos costes posibles. Todo esto es debido a la enorme competencia industrial habida

en esta época que, en el intento de conseguir mejores resultados, trae consigo cambios en la mentalidad obteniendo grandes mejoras en la industria. (Céspedes, 2014, pág. 16)

En la tercera etapa hay un incremento el cual brinda un crecimiento rápido de los costes de mantenimiento al compararlos con otros costes de operación, de igual forma se inicia con la implantación de sistemas de planificación y control de mantenimiento en las empresas precursoras del mantenimiento. En un principio las empresas se arriesgan a minimizar la vida útil de la infraestructura, sistemas, equipos y dispositivos, por incremento del capital asociado a la adquisición de los mismos (Céspedes, 2014). Empieza a haber una mayor implicación de las gerencias con la fuerza laboral hacia la definición de las tareas de mantenimiento y se producen altos niveles de inventario de repuestos en toda la industria y el rendimiento es mayor a medida que se implementan los métodos de mantenimiento.

La primera máquina térmica (ingenio capaz de transformar el calor en movimiento) se debe al talento de Herón de Alejandría (a.c. 130). “Eopila” llamó el griego al invento, el cual describe detalladamente en su libro Pneumática. Se trata de un curioso artefacto que consta de una esfera de cristal apoyada en dos puntos opuestos para poder girar libremente y con un par de tubos delgados y curvados en sendos orificios también opuestos. Si se ponía un poco de agua dentro de la esfera y se calentaba externamente, el vapor salía por los tubitos a presión ocasionando que la esfera girase a gran velocidad (Rebelledo, 2012).

Los griegos y los romanos comprimían la nieve en pozos aislados con pasto, paja y ramas de árboles. La nieve comprimida se convertía en hielo para ser usado en épocas de mayor calor. Esta práctica la describe Peplet y ha llegado hasta casi mediados del siglo XX en algunas zonas rurales catalanas, donde

existían los llamados pous de glaç. Estos pozos se construían en laderas umbrías de los montes, de forma cónica con la base en la superficie y con un pozuelo en el fondo separado por una rejilla y en forma que se pudiese recoger y vertir fuera el agua producida por la fusión de hielo. A medida que se iba echando la nieve o el hielo en estos pozos, se rociaban con agua helada y, una vez llenos, se cubrían su boca con paja y tablas que aislaban el hielo del calor exterior; así conservaban hielo preparado en invierno. (Aguilar, 2012, pág. 24)

En 1698 Thomas Savery obtuvo una patente de una máquina utilizada para elevar cantidades considerables de agua. Su proceso consistía en inyectar vapor a un recipiente lleno de agua hasta vaciar su contenido por un tubo vertical a través de una válvula de seguridad que estaba a un costado (Serway, 2001). Cuando el recipiente se vaciaba cesaba el suministro de vapor y el vapor contenido se condensa por medio de un chorro de agua fría que cae sobre las paredes exteriores de dicho recipiente y que proviene de una cisterna colocada en su parte superior de la máquina y este proceso producía un vacío y permitía que otro tubo, controlado por otra válvula de seguridad, aspire agua del pozo distribuidor a cualquiera que sea la fuente.

## 2.1.2. Marco teórico

### Estudio de criticidad

Daniel Villalba (2002) declara que la criticidad de los equipos son denominaciones designadas para indicar un orden prioritario a cada equipo. Este estudio, indica que nivel prioritario tiene un equipo en relación con el resto y se evalúa, para su clasificación, dos factores que definen el nivel de criticidad de los equipos:

#### Criterio de falla

se refiere a la evaluación de las consecuencias de las fallas de un equipo: su frecuencia, duración, complejidad, disponibilidad de repuestos. “Los equipos más problemáticos (con mayor frecuencia de fallas, mayor tiempo de duración de la reparación, mayor complejidad) son evaluados con los mayores valores de criterio de falla” (Villalba, 2002, pág. 16).

#### Criterio del activo

se evalúa la importancia de un equipo dentro del proceso productivo y la cantidad de equipos similares que puedan reemplazar las actividades de este en caso de falla. A los equipos únicos e indispensables para el proceso de producción se les asigna los valores más altos de evaluación en cuanto a criterio el activo.

### Indicadores de la gestión del mantenimiento

Daniel Villalba (2002) señala que existen tres parámetros, por el cual se evalúa la gestión del mantenimiento, estos dan medidas al comportamiento de la planta según la aplicación del plan de mantenimiento y registran las variaciones ocurridas a lo largo del funcionamiento de los equipos. Estos índices son:

## Índice disponibilidad

$$D(\%) = \frac{\text{Horas Netas Trabajadas} - \text{Paradas por Averías}}{\text{Horas Netas Trabajadas en Producción}} * 100$$

Las horas de paradas por averías, representan la mantenibilidad. Los factores a analizar, y que afectan a este parámetro pueden ser, entre otros:

- Calidad del mantenimiento Preventivo que se esté efectuando.
- Disponibilidad del repuesto en el momento requerido.
- Capacidad y formación del personal de mantenimiento.
- Grado de complejidad que tenga un equipo para hacerle mantenimiento.
- Tiempo de duración de una reparación de falla.

## Índice de utilización de mantenimiento preventivo

$$IP(\%) = \frac{\frac{H}{H} \text{ en Mantenimiento Preventivo}}{\frac{H}{H} \text{ en mtto. preventivo} + \frac{H}{H} \text{ en mtto correctivo}} * 100$$

Este indicador a utilizar, es el índice de Utilización de Mantenimiento Preventivo que representa la relación de esfuerzo invertido en mantenimiento preventivo respecto al tiempo de mantenimiento total (Preventivo + Correctivo).

## Índice de cumplimiento

$$IC(\%) = \frac{\text{actividades de mtto. preventivo ejecutadas}}{\text{actividades de mtto. preventivo ejecutadas}} * 100$$

Este indicador a emplear es el Índice de cumplimiento del mantenimiento programado, el cual representa la relación de actividades de mantenimiento ejecutadas respecto a las programadas. El control de las actividades de mantenimiento con estos índices, garantiza una apropiada evaluación de los resultados obtenidos con la aplicación de los programas de Mantenimiento. Por otro lado, representan una mayor responsabilidad debido a que la efectividad del método depende del interés y la dedicación para aplicarlo. (Villalba, 2002, pág. 19)

### **AMEF. Análisis de los modos y efectos de fallo**

El análisis de los modos y efectos de fallos (AMEF) o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) en inglés, constituye la herramienta principal del RCM para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización. “El AMEF es un método sistemático que permite identificar los problemas antes de que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos, bajo un contexto operacional determinado” (Cespedes, 2014, pág. 31).

### **Funciones de los activos**

En esta parte del proceso de implantación del proceso de mantenimiento de un RCM, el grupo de trabajo debe comprender que el objetivo básico del mantenimiento es preservar los activos en un estado en el que estos puedan cumplir con sus funciones básicas. Esto significa que los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo podrán ser determinados si sus funciones están claramente definidas y comprendidas (Cespedes, 2014). Para poder cumplir con esta fase del proceso de implantación del RCM, el grupo de trabajo deberá definir la función y diferenciar los distintos tipos de funciones según el RCM.

## **Modos de fallo asociados a cada fallo funcional**

Los modos de fallo son las causas físicas que originan la aparición de los fallos funcionales. Las actividades de prevención, anticipación o corrección de fallos funcionales, según el RCM, deben estar orientadas a atacar modos de fallo específicos. Esta afirmación, constituye una de las mayores diferencias entre el RCM y la forma tradicional de gestionar el mantenimiento, es decir, para el RCM las actividades de mantenimiento, generadas a partir del análisis realizado por el grupo de trabajo RCM, atacarán específicamente a cada uno de los modos de fallo asociados a cada fallo funcional (cada fallo funcional puede tener más de un modo de fallo). (Cespedes, 2014, pág. 38)

## **Modos de fallo con consecuencias operacionales**

Los modos de fallo que afectan a las operaciones surgen a partir de funciones evidentes, cuyos fallos funcionales afectarán de forma importante a la producción o las operaciones de la cantidad de producto, calidad del producto, calidad del servicio prestado, costes de operación y costes directos de reparación (Cespedes, 2014).

## **Disponibilidad**

“La disponibilidad es la probabilidad de que un equipo se encuentre en condiciones de cumplir su misión en un instante cualquiera. Relaciona, básicamente, los tiempos de reparación de los fallos sobre mantenibilidad y los tiempos operativos entre fallos (MUT, depende de la tasa de fallos y de la fiabilidad)” (Cespedes, 2014, pág. 53). La indisponibilidad es la proporción de tiempo que el equipo no se muestra apto para cumplir la misión.

## **Mantenibilidad**

La mantenibilidad se define como la probabilidad de que un aparato en fallo sea restaurado completamente a su nivel operacional dentro de un periodo de tiempo dado, cuando la acción de reparación se efectúa de acuerdo con procedimientos preestablecidos (Céspedes, 2014). La mantenibilidad se relaciona básicamente con el diseño y la complejidad del equipo, con el personal cualificado que realice el mantenimiento, con las herramientas disponibles y con los procedimientos de mantenimiento.

## **Presión y temperatura**

Estas dos características se pueden definir, tal vez como las dos propiedades esenciales en los sistemas de refrigeración, ya que todas dependen o se extienden de ellas; existe también, una relación muy directa entre estas dos, pues todo aumento de temperatura conlleva a un aumento de presión y viceversa. La temperatura se entiende como la escala usada para medir la intensidad de calor y la presión, como la fuerza ejercida sobre una sustancia (para este caso) que determina en este caso el movimiento de esta y su comportamiento. (Rendon, 2014, pág. 14)

## **Calor**

Adrián Rendon (2014) señala que se entiende como una forma de energía, creada por la transformación de otro tipo de energía y que se transfiere siempre del elemento con mayor energía al elemento con menor energía. y La medida de temperatura no tiene ninguna relación con la medición de calor.

## Teoría cinética de la materia

Aldey (2015) afirma que las moléculas del agua tienen cierta cantidad de energía que las mantienen en constante movimiento. Cuando se calienta agua, aumentamos la energía de sus moléculas, y éstas se mueven más rápido produciendo un aumento en el volumen y en la temperatura del agua.

Cuando se llega a la temperatura de ebullición, se llega al límite de energía que pueden contener las moléculas líquidas de agua; si seguimos suministrando calor, la velocidad molecular es tan alta que la fuerza de cohesión no es suficiente para contenerlas, y el agua pasa al estado gaseoso. En el otro extremo, cuando ponemos agua en el refrigerador le estamos quitando calor, es decir, energía a sus moléculas, las cuales se moverán más lentamente y disminuirá la temperatura del agua.

## Temperatura

Es una medida del nivel térmico, que nos indica cuan caliente esta un cuerpo, pero no mide la cantidad de calor que éste contiene (Aldey, 2015). La temperatura es medida con un instrumento llamado termómetro, que puede ser de alcohol o mercurio, se conocen 3 escalas termométricas que son:

- Réaumur
- Centígrada
- Fabrenbeit

De las cuales las 2 últimas son las más utilizadas en refrigeración.

## Escala Réaumur

En esta escala la temperatura de congelación del agua corresponde a los 0QR y la de ebullición a los 80QR. De 0 a 80 esta escala se divide en 80 partes iguales, denominando a cada una de estas 1° Réaumur.

## Escala centígrada

“Es la más empleada para uso corriente y científico. El cero de esta escala corresponde a la temperatura de congelación del agua y los 100° centígrados corresponden al punto de ebullición del agua; la distancia entre ambas marcas se divide en 100 partes iguales, a cada una de estas divisiones corresponde un grado centígrado” (Aldey, 2015, pág. 7).

## Escala Fahrenheit

En esta escala la temperatura de congelación del agua corresponde a los 32° Fahrenheit y la de ebullición a los 212°, fahrenheit de 32 a 212 esta escala se divide en 180 partes iguales, denominando a cada una de estas 1°, fahrenheit En esta escala el cero corresponde a la temperatura de una mezcla de hielo, cloruro de sodio y amoníaco. (Aldey, 2015, pág. 8)

## Presión relativa o presión barométrica

Es la que se mide mediante el empleo de manómetros u otros instrumentos especialmente diseñados para medir presiones (Aldey, 2015). Estos instrumentos funcionan en base al siguiente principio; si tenemos una cámara dividida en 2 partes, por una lámina flexible, comunicadas cada una con la presión atmosférica,

la lámina al soportar idéntica presión en ambas caras, permanecerá en su posición de descanso.

### **2.1.3. Marco conceptual**

La posición del mantenimiento no implica reparar un equipo descompuesto tan pronto como sea posible, sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados de operación requeridos dependiendo la confiabilidad a la cual se recurra (Gonzalez, 2005). El mantenimiento constituye un proceso sistematizado dentro de toda una empresa u organización industrial, cuya función consiste en ajustar, reparar, reemplazar o modificar los componentes de una planta industrial para que la misma pueda operar satisfactoriamente en cantidad y calidad durante un período dado.

Existen niveles de control donde se encuentran unos parámetros de los cuales depende el mantenimiento los cuales son:

- El nivel mínimo permitido de las propiedades cualitativas de cada elemento.
- El nivel máximo de las propiedades cualitativas que deben elevarse.
- Tiempo de uso o de funcionamiento durante el cual las propiedades cualitativas bajan del nivel alto al nivel bajo.
- Modo en que los elementos están sometidos a tensión, carga, desgaste, corrosión, etc., que causan pérdida de las propiedades cualitativas o de la capacidad de los elementos para resistirlas.

## **Funciones básicas del mantenimiento**

### **Técnica**

Esta función es la que cumplen los profesionales del grupo de ingeniería de mantenimiento, los cuales son los responsables de hallar las soluciones de los problemas técnicos. Además, se encargan de definir los métodos de trabajo, del análisis de los contratos, de los costos y de los medios para llevar a cabo el mantenimiento.

### **Planeación y control**

El personal debe planear, estimar, programar y controlar las actividades de mantenimiento, tomando en cuenta todos los recursos disponibles: personal, materiales, espacio y tiempo.

### **Ejecución**

Esta función es la responsable de efectuar los trabajos de mantenimiento, tanto programados como los que se presentan de emergencia; es decir, programación del trabajo diario, del suministro de materiales y equipo requerido para la correcta ejecución del mantenimiento, de la seguridad y del control de ejecución del trabajo diario (Gonzalez, 2005). El personal que cumpla como supervisor debe tener habilidades de coordinación, programación y síntesis.

### **Taller**

“Se lleva a cabo en las instalaciones del taller, por lo que no requiere de la movilización del personal y consiste en realizar el mantenimiento de los equipos. En este caso la supervisión es directa” (Gonzalez, 2005, pág. 38).

Martha Gonzalez (2005) afirma que también existen las llamadas funciones de apoyo al mantenimiento, las cuales permiten ser imprescindibles para la correcta

ejecución de los trabajos de mantenimiento que se requieran, a pesar de que éstas no son directamente responsables de las mismas actividades del mantenimiento natural; éstas son:

- Apoyo Técnico: el personal de ingeniería de planta se ocupa del diseño de nuevas facilidades de fabricación o servicio y rediseños de las ya existentes.
- Apoyo Logístico: garantiza la gestión de los materiales, su codificación, especificación, almacenamiento y despacho.
- Apoyo Administrativo: maneja los contratos, el presupuesto, la administración del personal, servicios legales, servicio médico.

## **Las labores de mantenimiento pueden clasificarse según: Estado del Activo**

### **Mantenimiento operacional**

Es aquel que se aplica a un equipo o sistema a fin de mantener su continuidad operacional. “Por lo general se realiza con el activo en servicio sin afectar su operación natural. El objetivo de este tipo de mantenimiento es garantizar la operabilidad del equipo para las condiciones mínimas requeridas en cuanto a eficiencia, seguridad e integridad” (Gonzalez, 2005, pág. 40).

### **Mantenimiento mayor**

Es aquel que es aplicado a un equipo o instalación donde su alcance en cuanto a la cantidad de trabajos incluidos, el tiempo de ejecución, el nivel de inversión o costo del mantenimiento y requerimientos de planificación y programación son de elevada magnitud, ya que este tipo de mantenimiento se arraiga en la restitución de las condiciones de servicio del activo, ya sea desde el punto de vista del diseño o para satisfacer un período de tiempo considerable con la

mínima probabilidad de falla o interrupción del servicio y dentro de los niveles de desempeño o eficiencia requeridos. (Gonzalez, 2005, pág. 41)

## **Beneficios de un mantenimiento oportuno**

Dentro de los beneficios que se presentan a la hora de implementar un mantenimiento oportuno, están: Disminución del riesgo, ya que se previene la probabilidad de ocurrencias de fallas indeseables o no visualizadas, mejora o recupera de los niveles de eficiencia de la instalación o del equipo, debido a la reducción de costos operativos e incremento de la producción, prolonga la vida operativa, cumplimiento de los requerimientos legales y de seguridad (Gonzalez, 2005).

## **Clasificación de fallas en mantenimiento**

### **Fallas tempranas**

“Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas problemas de materiales, de diseño o de montaje” (Macia, 2008, pág. 26)

### **Fallas Adultas**

Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina (Macia, 2008).

## Fallas Tardías

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del equipo.

## Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo, se basa en una inspección de forma visual, manual y auditiva de todas las variables que pueden variar en el equipo, esto aumenta los costos de planeación y programación al principio, pero a mediano o largo plazo se reducen considerablemente (Guznay, 2015). Con la inspección constante se dictamine y consigue que un programador evite fallas de los elementos, por el tiempo de uso del elemento o en su trabajo prolongado en una empresa.

Este mantenimiento también es llamado "mantenimiento sistemático", tiene lugar antes que ocurra la falla o avería, se efectuar bajo condiciones controladas. Presenta las siguientes características:

- Se realiza el momento en el cual la máquina no está produciendo.
- Se lo lleva acabo en paradas programadas por la empresa.
- Cuenta con un tiempo determinado dentro de la fecha programada para el paro de la máquina
- Está orientado a áreas en particular y ciertos equipos especializados, aunque también se puede llevar acabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite llevar a la empresa una historia del todos los equipos, donde se puede actualizar informaciones técnicas.

## Gestión del mantenimiento preventivo

La gestión de este tipo de mantenimiento consiste en programar las actividades que permitan mantener en condiciones óptimas a los equipos, estas actividades se basan en el control de las partes críticas del equipo cuando aún no presentan fallas, considerando factores como: vida útil, esfuerzos, y características específicas del equipo, lo cual permite establecer una frecuencia de tareas y rutinas del mantenimiento del equipo, dando como resultado: disminución de costos, aumento de vida útil del equipo, seguridad del producto y mejorar la calidad el producto. (Guznay, 2015, pág. 8)

### **Ventajas del mantenimiento preventivo**

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad debido a conocer el estado del equipo, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminuir tiempos muertos, tiempos de parada de equipo/máquina.
- Disminución de repuestos en bodega, por la reducción de costos, pues se ajusta a repuestos de mayor o menor demanda.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menores son los costos de reparación.

### **Fases del mantenimiento preventivo**

Carlos Guznay (2015) señala que los inventarios técnicos, con manuales, planos, características de cada equipo, procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuarse periódicamente, control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuarse el trabajo, registro de operaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

## Mantenimiento correctivo

“El mantenimiento correctivo de emergencia o no programado se aplica cuando aparece una avería imprevista que es necesario reparar lo antes posible, con la urgencia adecuada, que nos obliga a actuar con rapidez para evitar daños materiales y/o humanos mayores” (Mosconi, 2015, pág. 10).

En esta situación la avería o falla puede producirse en cualquier momento, normalmente cuando se está a plena producción, con el consiguiente perjuicio económico que eso supone para la empresa. Por otra parte, este tipo de mantenimiento implica la gestión adecuada de un stock de piezas de repuesto para garantizar la disponibilidad de las mismas para una rápida intervención que pueda dar continuidad a la producción (Mosconi, 2015).

El mantenimiento correctivo rutinario o programado se realiza siguiendo un programa de tareas de mantenimiento a corto plazo o la reparación de aquellas averías que no han condicionado la parada de emergencia de las instalaciones o máquinas, y que pueden ser realizadas durante una parada programada. En este caso es posible realizar la ejecución de los trabajos sin interferir en la producción y sin urgencia, aprovechando los periodos de baja producción, cambios de turno, pausas, fines de semana. Será necesario programar la parada del equipo y con anterioridad, un listado de las tareas a realizar y los materiales necesarios, aprovechando para ejecutar todas aquellas reparaciones o ajustes necesarios que no son posible realizar con el equipo en funcionamiento. (Mosconi, 2015, pág. 11)

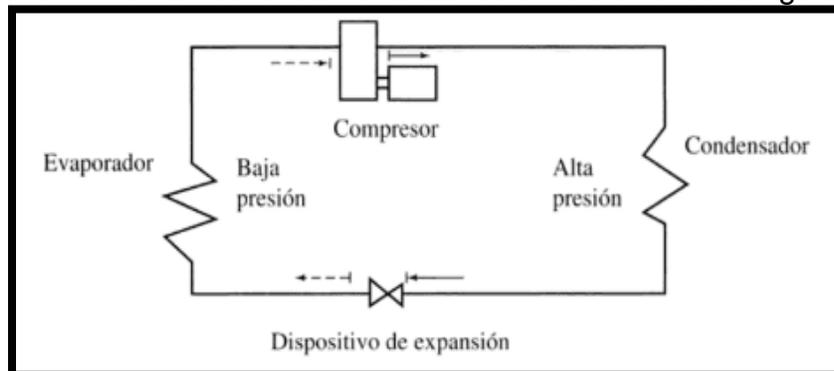
Mosconi (2015) afirma que para el desarrollo de un plan de intervención en el mantenimiento correctivo debe realizarse un correcto análisis de las averías para identificar sus causas, los efectos que produce y el procedimiento para su

reparación. Y del mismo modo se realiza una clasificación de los distintos tipos de averías para su correcta valoración. Por su alcance:

- Avería total: cuando la instalación o el equipo se ve afectado en su totalidad impidiendo su funcionamiento.
  - Avería parcial: cuando afecta a una o varios partes de la instalación sin impedir el funcionamiento de la misma.
- Por la forma cómo suceden:
    - Averías imprevistas: se producen de manera inesperada por un defecto de diseño, de los materiales o por una mala manipulación de la instalación.
    - Averías previsibles: se producen después de detectar una anomalía en la instalación sin que haya sido correcta y por tanto deriva en una avería.

### Elementos de un sistema de refrigeración

**Figura 1.** Elementos fundamentales de un sistema de refrigeración



**Fuente:** FRANCO, Juan. Manual de refrigeración. España: Reverte, 2006. p.2.

El condensador funciona a presiones y temperaturas más elevadas que el evaporador y suele estar situado en el exterior. En cuanto al intercambio de

calor, se podrían aplicar los mismos principios del evaporador a los condensadores. No obstante, los materiales de los que está hecho el condensador y el medio que se utiliza como objetivo de la transferencia de calor hacen que el rendimiento del intercambiador de calor no sea el mismo. (Whitman, 1998, pág. 19)

### **Receptor o depósito de almacenaje**

Su característica principal es el de proporcionar el almacenamiento del líquido que procede del condensador que está ubicado en la parte exterior del equipo con el fin de suministrar constante líquido para el evaporador según las necesidades del mismo (Castillo , 2014).

### **Líneas de transporte de líquido**

Sus tareas fundamentales son la transportar el refrigerante líquido desde el receptor hacia el control o mando del flujo del refrigerante.

### **Manómetros**

Es un elemento o instrumento que se puede utilizar para medir la presión de los fluidos dentro de un recipiente cerrado, el cual puede ser sistemas de almacenamiento como tanques, de igual forma se puede encontrar para medir presiones de gas y de líquidos (Mott, 2006).

### **Evaporador**

Es el intercambiador de calor que cierra el ciclo del sistema de refrigeración. En este equipo tiene lugar la vaporización del refrigerante y es el responsable de lograr el intercambio de calor con entre el refrigerante y el medio a refrigerar (Villalba, 2002).

## Refrigerante

La función o misión principal del refrigerante es la de absorber calor en la fuente fría a baja presión y temperatura, para cederlo a la fuente caliente a alta presión y temperatura. “Y del mismo modo existe un cambio de estado de líquido a vapor y viceversa. Debe ser un líquido con un alto poder de transmisión calorífico y alta resistencia a la oxidación y deterioro” (Manresa, 2000, pág. 14).

## Compresor

El compresor es un equipo cuya función en el ciclo es doble: por una parte, crea y mantiene la baja presión del evaporador que permite la ebullición a baja temperatura del fluido refrigerante, y, por otra parte, crea y mantiene la alta presión del condensador que permite la nueva utilización del refrigerante en estado líquido. Al comprimir el compresor los vapores del fluido refrigerante, éstos se calientan, pues, la energía comunicada al vapor por el trabajo de compresión se convierte en calor, aumentando la temperatura de los vapores. Es decir, el trabajo de compresión se emplea en aumentar la energía interna de los vapores que aumentan de temperatura. (Villalba, 2002, pág. 23)

### 2.1.4. Marco legal

**Código eléctrico colombiano. NTC 2050. Equipos de aire acondicionado y refrigeración**

### Alcance

Las disposiciones de esta Sección se aplican a los equipos de aire acondicionado y refrigeración a motor y a los circuitos ramales y controladores de dichos equipos.

Esta Sección establece las consideraciones especiales necesarias para los

circuitos de alimentación de motocompresores con refrigerante hermético y de todos los equipos de aire acondicionado o refrigeración alimentados desde un circuito ramal que alimente también al motocompresor con refrigerante hermético (NTC.2050, 1998).

### **Corriente de selección del circuito ramal**

La corriente de selección del circuito ramal es el valor en amperios (A) que se utiliza en lugar de la corriente a carga nominal para calcular las capacidades nominales de los conductores de los circuitos ramales para motores en refrigeración, medios de desconexión, controladores y dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra de los circuitos ramales de sistema de refrigeración, siempre que el dispositivo de protección en marcha contra sobrecargas permita una corriente sostenida superior al porcentaje especificado de corriente a la carga nominal. El valor de la corriente de selección del circuito ramal debe ser siempre igual o mayor que la corriente a carga nominal rotulada. (NTC.2050, 1998, pág. 359)

### **Características de motocompresores de refrigeración**

Un motocompresor con refrigerante hermético debe estar dotado de una placa de características que indique el nombre del fabricante, la marca o símbolo comercial, la designación de identificación, el número de fases, la tensión y la frecuencia (NTC.2050, 1998). Las características del equipo de refrigeración de este equipo con el que se esté trabajando se deben rotular con la corriente con el rotor del equipo de refrigeración, para que haya eficiencia al momento de la instalación.

### **Equipos con varios motores y carga combinada para equipos de refrigeración**

Los equipos con varios motores en refrigeración y carga combinada deben llevar una placa de características visible, rotulada con el nombre del fabricante, tensión del equipo, frecuencia y número de fases, capacidad de corriente mínima de los conductores del circuito de suministro y capacidad máxima del dispositivo de protección del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra. La capacidad de corriente se debe calcular de acuerdo con la Parte D, contando todos los motores y otras cargas que operen al mismo tiempo. La capacidad nominal del dispositivo de protección del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra no debe superar el valor calculado según la Parte C. Si se utilizan equipos con varios motores y carga combinada conectados a dos o más circuitos, deben llevar rótulos con la anterior información para cada uno de los circuitos. (NTC.2050, 1998, pág. 360)

### **Motocompresores con refrigerante hermético**

El medio de desconexión para un motocompresor con refrigerante hermético se debe seleccionar sobre la base de la corriente a carga nominal que aparezca en la placa de características o la corriente de selección del circuito ramal, la que sea mayor, y de la corriente con rotor bloqueado, respectivamente, del motocompresor, de acuerdo con lo siguiente: “La capacidad nominal en A debe ser la mayor de estos dos valores: un 115 % como mínimo de la corriente a carga nominal de la placa de características o la corriente de selección del circuito ramal” (NTC.2050, 1998, pág. 361).

### **Norma técnica para la evaluación de los sistemas de mantenimiento COVENIN 2500.**

Esta norma contempla un método cuantitativo, para la evaluación de sistemas de mantenimiento, en empresas manufactureras, para determinar la capacidad de gestión de la empresa en lo que respecta al -mantenimiento mediante el análisis y calificación de los siguientes factores: como la planificación, programación y control de actividades y mantenimiento, organización de la función del mantenimiento (Norma.2500-93, 1993)

La funcionalidad del mantenimiento permite definir y ubicar dentro de una organización o ente, el desarrollo de un diagrama donde se verifiquen las funciones y responsabilices de los diferentes encargados del mantenimiento de los equipos intervenidos con el fin de poder ejecutar las actividades con eficiencia tomando las acciones de mantenimiento con las disposiciones disponibles.

### **Planificación**

La organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar a los objetos de mantenimiento, asignando los ejecutores responsables para llevar a cabo la acción de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento rutinario, así como también un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento. (Norma.2500-93, 1993, pág. 7)

### **Programación e implantación**

Las acciones de mantenimiento rutinario están programadas de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso productivo, la frecuencia de

ejecución de las actividades son menores o iguales a una semana. “La implantación de las actividades de mantenimiento rutinario lleva consigo una supervisión que permita controlar la ejecución de dichas actividades” (Norma.2500-93, 1993, pág. 8).

### **2.1.5. Marco ambiental**

## **Guía técnica para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC 45**

### **Objeto**

Esta guía proporciona directrices para identificar los peligros y valorar los riesgos en seguridad y salud ocupacional y sus procedimientos de implementación de los trabajos. Las organizaciones podrán ajustar estos lineamientos a sus necesidades, tomando en cuenta su naturaleza, el alcance de sus actividades y los recursos establecidos.

### **Diagnóstico de condiciones de trabajo**

Resultado del procedimiento sistemático para identificar, localizar y valorar aquellos elementos, peligros o factores que tienen influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores. Quedan específicamente incluidos en esta definición:

Las características generales de los locales, instalaciones, equipos, productos y demás útiles existentes en el lugar de trabajo, la naturaleza de los peligros físicos, químicos y biológicos presentes en el ambiente de trabajo, y sus correspondientes intensidades, concentraciones o niveles de presencia, los procedimientos para la utilización de los peligros citados en el apartado anterior, que influyan en la generación de riesgos para los trabajadores (GTC.45, 2010).

## **Identificación de los peligros y la valoración de los riesgos**

El propósito general de la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional, es entender los peligros que se pueden generar en el desarrollo de las actividades, con el fin de que la organización pueda establecer los controles necesarios, al punto de asegurar que cualquier riesgo sea aceptable (GTC.45, 2010).

La valoración de los riesgos es la base para la gestión proactiva, liderada por la alta dirección como parte de la gestión integral del riesgo, con la participación y compromiso de todos los niveles de la organización y otras partes interesadas. Independientemente de la complejidad de la valoración de los riesgos, ésta debería ser un proceso sistemático que garantice el cumplimiento de su propósito.

### **Actividades para identificar los peligros y valorar los riesgos**

L GTC 45 (2010) afirma que las siguientes actividades son necesarias para que las organizaciones realicen la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos.

- Definir el instrumento para recolectar la información: una herramienta donde se registre la información para la identificación de los peligros y valoración de los riesgos.
- Clasificar los procesos, las actividades y las tareas: preparar una lista de los procesos de trabajo y de cada una de las actividades que lo componen y clasificarlas; esta lista debería incluir instalaciones, planta, personas y procedimientos.
- Identificar los peligros: incluir todos aquellos relacionados con cada actividad laboral. Considerar quién, cuándo y cómo puede resultar afectado.

- Identificar los controles existentes: relacionar todos los controles que la organización ha implementado para reducir el riesgo asociado a cada peligro.

### **Clasificación de los refrigerantes para su uso**

Los refrigerantes se pueden clasificar en función de varios criterios: inflamabilidad y toxicidad (efectos sobre la salud y seguridad). Y en función de su peligrosidad para el medio ambiente (Asefosam, 2013). Según los efectos sobre la salud y la seguridad (que atienden a los posibles efectos causados en las personas por su inhalación y a su poder combustible al mezclarse con el aire) los refrigerantes se clasifican en estos tres grupos de seguridad:

- Grupo de alta seguridad (L1): Refrigerantes no inflamables y de acción tóxica ligera o nula.
- Grupo de media seguridad (L2): Refrigerantes de acción tóxica o corrosiva inflamable o explosivos mezclados con aire en un porcentaje en volumen igual o superior a 3,5 por cien.
- Grupo de baja seguridad (L3): refrigerantes inflamables o explosivos mezclados con aire en un porcentaje en volumen inferior al 3,5 por cien.

### **Clasificación en función de la toxicidad**

La toxicidad es propiedad de una sustancia que la hace nociva o letal para personas y animales debido a una exposición intensa o prolongada por contacto, inhalación o ingestión (no se considera nocivo todo malestar temporal que no perjudica a la salud). Los refrigerantes deberán incluirse dentro de uno de los siguientes grupos dependiendo de su toxicidad (Asefosam, 2013).

- Grupo A: Refrigerantes cuya concentración media en el tiempo no tiene efectos adversos para la mayoría de los trabajadores que puedan estar expuestos al refrigerante durante una jornada laboral de 8 h diarias y 40 semanales y cuyo valor es igual o superior a una concentración media de 400 ml/mJ (400 ppm (v/v)).
- Grupo B: Refrigerantes cuya concentración media en el tiempo no tiene efectos adversos para la mayoría de los trabajadores que puedan estar expuestos al refrigerante durante una jornada laboral de 8 h diarias y 40 semanales y cuyo valor es inferior a una concentración media de 400 mi/ m3 (400 ppm (v/v)).

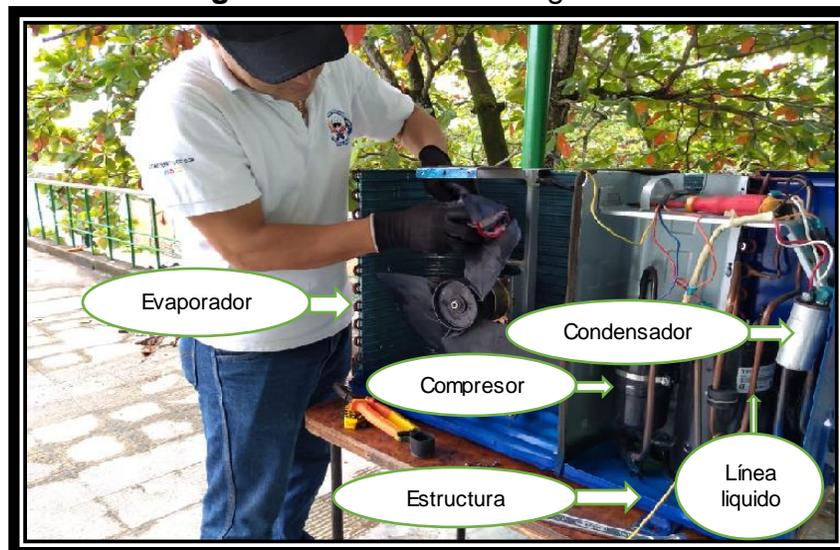
### **Certificado de la calidad del refrigerante y ficha de seguridad**

“Los distribuidores o fabricantes de refrigerantes deberán suministrar junto al refrigerante el certificado de calidad del mismo acreditativo de su composición química concreta, así como su ficha de seguridad” (Asefosam, 2013, pág. 32).

### 3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

El mantenimiento empleado está estructurado con una serie de actividades orientadas a realizar un diagnóstico de cada equipo, analizar minuciosamente las conexiones internas y reemplazar las piezas que presentan fallas, o en caso de estar descalibradas, efectuar su respectivo ajuste.

**Figura 2.** Sistema de refrigeración.



**Fuente:** Autor.

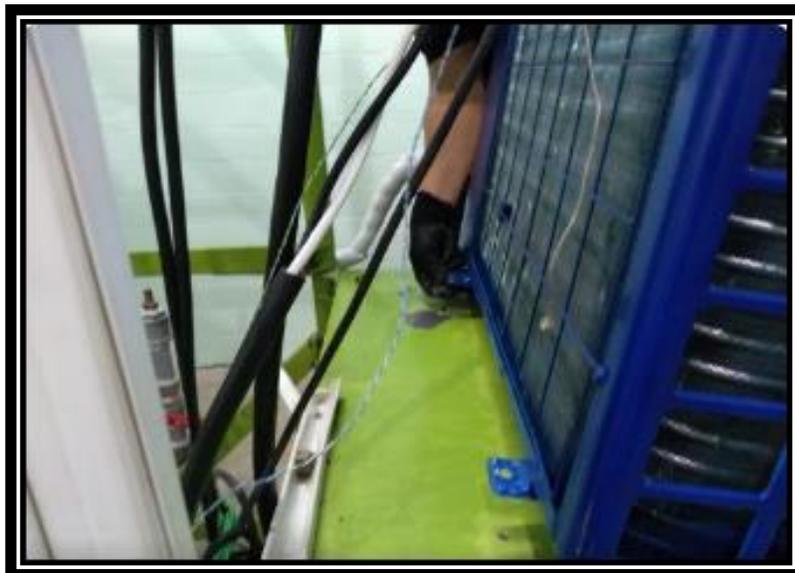
El sistema está compuesto por:

- Estructura
- Línea de Líquido
- Evaporador
- Compresor
- Condensador

**3.1. DETERMINAR A TRAVÉS DE PRUEBAS DE ACCIONAMIENTO LA CONDICIÓN ACTUAL DE LOS COMPONENTES QUE ESTRUCTURAN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL BANCO DE TRANSFERENCIA DE CALOR LOS CUALES PERMITAN LA CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE FALLAS.**

En el presente objetivo se realizaron pruebas para determinar la condición actual de la estructura del sistema de refrigeración del banco de transferencia de calor, para detectar cualquier tipo de falla existente en sus componentes, con el fin de conservar y restituir el equipo en las condiciones que permitan desarrollar su función para lograr una alta confiabilidad en el proceso.

**Figura 3.** Estructura base del sistema de refrigeración.



**Fuente:** Autor.

**Figura 4.** Estructura base del sistema de refrigeración.



**Fuente:** Autor.

Inicialmente se evaluó la condición de la estructura base del sistema de refrigeración el cual se encarga de darle soporte y estabilidad, como se logra apreciar en las Figuras 3-4 las condiciones se encuentran en mal estado, falta de pintura, desaseo y deterioro.

**Figura 5.** Tubería de gas refrigerante - cobre



**Fuente:** Autor.

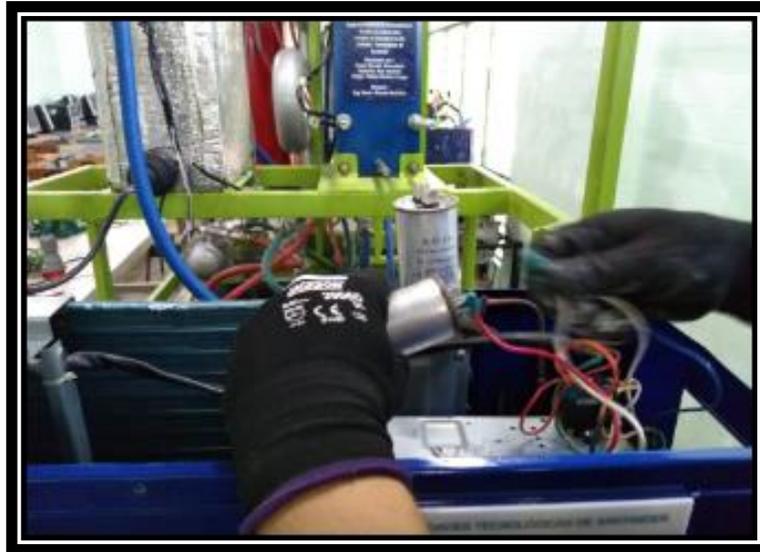
La Figura a y b permite evidenciar la realización de una revisión previa de la tubería del gas refrigerante, encargada de distribuir el fluido de presión alta y baja según corresponda, se detectaron algunas fugas minuciosas y otras de mayor cuidado ocasionadas por una instalación errónea, mal uso, desgaste y vibraciones, la inspección dio paso al hallazgo de la obstrucción de la línea de líquido, causado por pequeñas partículas de suciedad, adherido a esto se verificó el estado de las boquillas en las cuales faltaba más uso de la cinta PTFE(Teflón) lo cual generaba un escape de gas refrigerante y no permitía la correcta unión de la tubería.

**Figura 6.** Revisión con multímetro(tester)



**Fuente:** Autor.

**Figura 7.** Revisión del sistema eléctrico.



**Fuente:** Autor.

Se realizó la revisión del condensador, contactor, aislamiento de los conductores eléctricos y terminales que conforman la parte eléctrica del sistema de refrigeración, estos presentaban desgaste en múltiples zonas, ocasionado por el roce entre ellos, por aplastamiento y fricción interna. Se verificó detalladamente el estado de las conexiones y del cableado, algunos cables del condensador estaban en mal estado y/o sulfatados; producto de la humedad, adherido a esto no tenían uniones en los terminales. Lo cual se llevó acabo con la ayuda del multímetro y la pinza amperimetrica como lo ilustra la Figura 6 y 7.

**Figura 8. Manómetros.**



Fuente: Autor.

**Figura 9. Carga de gas refrigerante**



Fuente: Autor.

**Tabla 1.** Analisis de la condición actual del sistema de refrigeración

EQUIPO	PROBLEMA	CAUSA	PREVENTIVO	CORRECTIVO
Líneas de distribución	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agotamiento del refrigerante</li> </ul>		SI
Compresor	<ul style="list-style-type: none"> <li>No caliente</li> <li>No llega electricidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema refrigerante no enfría</li> <li>El compresor no enciende</li> </ul>		SI
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fricción del fluido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insuficiente carga de refrigerante</li> </ul>	SI	
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deterioro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desgaste por falta de mantenimiento</li> </ul>	SI	SI
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exceso de suciedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de mantenimiento</li> </ul>	SI	SI

Fuente: Autor

La Tabla 1, permite ilustrar las diferentes fallas encontradas una vez accionado el sistema de refrigeración. Las pruebas de accionamiento permiten observar cada uno de los puntos críticos con el fin de generar una serie de actividades enfocadas a la corrección del mismo y posterior acondicionamiento óptimo del sistema.

**3.2. IMPLEMENTAR UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE ACUERDO A LA IDENTIFICACIÓN DE FALLAS CON EL PROPÓSITO DE LLEVAR A CABO LA ADECUACIÓN Y MEJORA DEL PROCESO DE REFRIGERACIÓN DEL BANCO DE TRANSFERENCIA DE CALOR.**

El servicio de mantenimiento preventivo y correctivo otorgado al sistema de refrigeración tiene como objetivo el desarrollo de una serie de actividades teniendo en cuenta las fallas identificadas anteriormente, las cuales fueron determinadas

mediante pruebas de accionamiento dando cabida a los autores a verificar la condición actual de los diferentes componentes que conforman el equipo. Las acciones programadas están orientadas a brindar un óptimo funcionamiento en el proceso de refrigeración.

El mantenimiento incluye una verificación de la debida función y del reglaje correcto de los controles y dispositivos de seguridad, con el fin de evitar posibles accidentes o mal funcionamiento de dichos instrumentos los cuales sufren descalibración al no someterse a un mantenimiento o revisión física.

### **Mantenimiento del condensador**

Para el mantenimiento del sistema de refrigeración se debe tapar con un plástico cuidadosamente los controles eléctricos, para luego proceder a desconectar la parte eléctrica del ventilador que se encuentra unida por un conector. Inspeccionar si hay fugas de gas o aceite en las tuberías, válvulas y compresor. Retirar la rejilla y la malla de la carcasa para limpiar el serpentín del polvo acumulado por el aire comprimido.

Los productos que emplean para la limpieza de aires acondicionados están hechos a base de hidróxido sódico el cual se emplea para evitar efectos de la corrosión, para lograr estas características se combina con jabones industriales en una proporción de 5 a 1, siendo que por cada una porción de detergente son cinco de agua debido a que uno de los componentes del aire acondicionado denominado panel de aire es uno de los más afectados por la grasa y polvo debido a su exposición con el ambiente, solo es recomendable el uso de estas emulsiones para casos intensos de suciedad ya que el hidróxido sódico corroe el aluminio.

**Figura 10.** Revisión del estado del equipo



**Fuente:** Autor

En la Figura 10 se evidencia el estado de suciedad en el que se encontraban los elementos. Se tuvieron en cuenta productos de limpieza para el condensador los cuales al entrar en contacto con el material no lo afectaran de forma física logrando así lo esperado que es la limpieza completa como es el caso del químico alkifoam el cual se le rociar por el condensador, después de 5 minutos se procede a enjuagar con abundante agua el condensador, limpiándolo cuidadosamente con un cepillo secar bien la unidad y proceder a limpiar los contactos eléctricos con un dieléctrico para luego proceder a armar la unidad previamente se procede a secar y limpiar bien el área con mayor afectación y peinar las aletas si es necesario, lubricar motor de la unidad condensadora, inspeccionar aspas y armar las rejillas, malla protectora y tapas para finalizar, se es necesario una completa revisión respecto al ensamblaje del equipo luego de limpiarlo para evitar problemas de funcionamiento o el daño de algún elemento. (S.A., 2014)

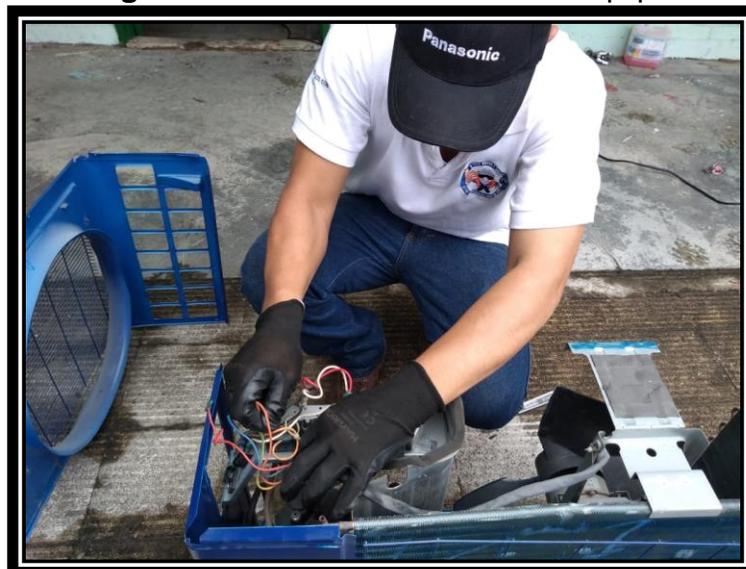
**Figura 11. Revisión de continuidad**



Fuente: Autor

Luego de iniciar la limpieza del equipo se hace necesario realizar un test de continuidad para revisar el estado eléctrico del equipo antes de desensamblar las piezas y saber el buen estado en el que se encuentra al inicio del proceso y al final del mismo evitando daños en el transcurso del mantenimiento.

**Figura 12. Desmantelamiento del equipo**



Fuente: Autor

Luego de revisar el estado de funcionamiento de los partes del sistema se procede a desensamblar el equipo categorizando las piezas que componen el armazón, las principales del funcionamiento y las secundarias con mayor nivel de suciedad como lo es el radiador, el ventilador y demás piezas.

**Figura 13.** Aplicación del Líquido limpiador



**Fuente:** Autor

Luego de clasificar las piezas según su estado de suciedad y sabiendo el estado de las mismas se procede a aplicar el detergente industrial (Shiny Pi) el cual es un limpiador y brillador no ácido para serpentines especial para aluminio el cual ayudara a remover de forma ligera la suciedad del componente

**Figura 14. Uso de la hidrolavadora**



**Fuente:** Autor.

En la Figura 14 se evidencia el proceso de limpieza del sistema de refrigeración del banco de transferencia de calor, se realizó con la ayuda de una hidrolavadora, una herramienta eléctrica que permite acelerar el trabajo de lavado.

**Figura 15. Proceso de limpieza**



**Fuente:** Autor.

La Figura 15 ilustra la finalización del proceso de limpieza en el cual se lavo detalladamente cada una de las piezas posibles, eliminando impurezas, polvo, corrosión y toda suciedad encontrada. Se realizó con las herramientas de lavado necesarias como lo fueron el detergente industrial y la hidrolavadora, para la terminación de esta etapa fue necesario permitir que el sistema de refrigeración secase totalmente antes de proseguir a ensamblar.

**Figura 16. Inicio de ensamblaje**



**Fuente:** Autor.

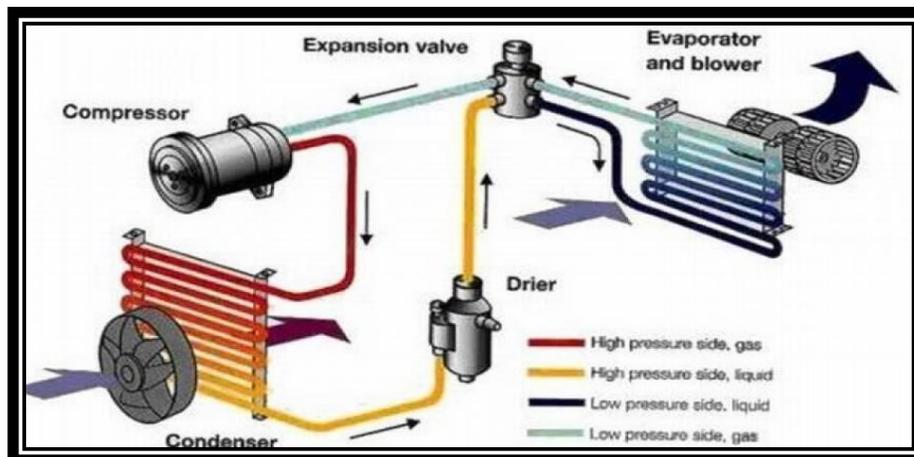
Una vez realizada la limpieza de los componentes y habiendo realizado el estado de los mismos, se dio inicio al proceso de ensamblaje del sistema de refrigeración concretando de esta forma el mantenimiento preventivo esperado como lo enseña la Figura 16.

## Unidad externa (unidad condensador)

Los componentes que la integran son el compresor, la válvula de expansión, el ventilador y el condensador, la unidad externa se conecta mediante tuberías con la unidad interna mediante ductos de cobre por el cual circunda el líquido refrigerante, la principal pieza de la unidad exterior es el compresor encargado de transformar el refrigerante en forma de gas y re direccionarlo al condensador, el cual como su nombre lo indica se encarga de convertir el gas a un estado líquido que llega al evaporador al entrar en contacto con la válvula de expansión, mediante la unidad interior se lanza el aire frío mientras la refrigera repitiendo así el ciclo una vez más.

Como sistema de medición se controla la presión del gas y del líquido con la lectura del manómetro el nivel de alta debe estar en promedio 200 PSI y la tubería de baja presión promedio de 58 PSI. El funcionamiento de la unidad se da cada 0.5 horas. (kosne, 2015).

**Figura 17.** Condensador del aire acondicionado



**Fuente:** Sofron. Condensador del aire acondicionado. [Sitio web]. Barcela: **Sofron Automotive**, [Consultado: 26 de noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.sofroncompresores.es>

## Compresor

El mantenimiento que se debe realizar sobre el compresor del aire acondicionado el cual es un componente clave para el funcionamiento del aire acondicionado y de él depende el comportamiento energético del equipo. El compresor de aire acondicionado o de una bomba de calor reversible, tiene como ubicación la unidad que se instala en el exterior del sistema a refrigerar.

El compresor de aire acondicionado tiene como función comprimir el gas (fluido refrigerante) que permite en un ciclo de compresión/descompresión producir una transferencia de calor de una parte a otra de un sistema de refrigeración, cuando el sistema presenta fallas al momento de comprimir el gas los componentes comprometidos se sobrecalientan debido que el sistema al no hacer desfogue completo puede presentar fallas por sobrecalentamiento.

El compresor genera una fuerza comprimiendo el gas que llega desde el evaporador en estado gaseoso. Esta presión aumenta la temperatura del gas que vuelve a su estado líquido y se calienta, una de las características del compresor de aire acondicionado es que funciona con energía eléctrica. Un compresor eficiente hace más eficiente al aparato de aire acondicionado desde el punto de vista del consumo de energía (Arnabat, 2010).

Al momento de verificar el funcionamiento del compresor se controla el nivel de ruido producido, si presenta ruido extraño se le debe agregar aceite refrigerante, esto se controla cuando se realiza en el mantenimiento la corriente que consume es de 21.8 Amperios la cual se registra con una pinza amperimétrica calibrada.

**Figura 18. Compresor**



**Fuente:** Autor

### **Motor Eléctrico y Ventilador**

Son componentes de gran importancia en el sistema de refrigeración, donde el motor eléctrico que opera con condensador, donde su función principal es empujar el aire caliente a través de la ventilación la cual disipa el aire a través del serpentín del evaporador además se caracteriza por un retorno del sistema Refrigera y extraer el calor en el motor compresor cada vez que el sensor de temperatura ubicado en el evaporador lo acciona. Para controlar el buen funcionamiento se realiza el lubricado y verificación de los rodamientos.

Si el motor eléctrico falla y la unidad exterior sigue funcionando, se forma hielo en el serpentín del evaporador. Siempre es necesario que reemplaces un motor defectuoso con un modelo compatible (Sylvus, 2017).

**Figura 19. Ventilador**



**Fuente:** Autor

### **Filtro deshidratador**

El filtro deshidratador o secador es uno de los componentes básicos del sistema de refrigeración y aire acondicionado, siendo responsable de evitar que impurezas y/o humedades pasen hacia el elemento de control (tubo capilar o válvula de expansión) o hacia el propio compresor.

Es necesario realizar la inspección pertinente acerca del funcionamiento del filtro para encontrar alguna fuga de aceite o algún desgaste por abrasión o golpe en el filtro, ya que muchas veces se generan obstrucciones lo que conlleva a la caída del rendimiento del sistema el cual se sobre en el compresor o se culpa al refrigerante, por eso, es esencial que se use un modelo de buena calidad y que sea adecuado al equipo en donde se instalará, además propio para el tipo de refrigerante, estas revisiones son de vital relevancia recalcarlas por ello, se necesita hacer un análisis detallado de la situación antes de iniciar el trabajo (bloguimobasicos, 2013).

**Figura 20.** Filtro deshidratador



**Fuente:** Revista cero grados Celsius. Información digital [Sitio web]. México. Revista cero grados Celsius, [Consultado 24 Noviembre 2018. Disponible en: <https://www.0grados.com/filtro-deshidratador/>]

### Visor de líquido

El visor de líquido, una herramienta más para detectar anomalías en un equipo frigorífico. El visor de líquido o mirilla, nos da una vista hacia el interior del sistema frigorífico para observar la existencia de refrigerante en estado líquido o vapor en el lugar en donde esté localizado. Una de las anomalías a tener en cuenta es si se observan burbujas o flash gas puede ser debido a problemas en el sistema ya que en este punto solamente debería verse refrigerante en estado líquido.

De manera que el visor de líquido es una gran herramienta para dar una vista hacia el interior del sistema y resolver problemas como obstrucciones que puedan dañar el equipo. (Santos, 2011)

**Figura 21. Visor de Liquido**



**Fuente:** mundohvacr. Información Digital [Sitio web]. México, mundohvacr, [consultado 24 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.mundohvacr.com.mx/2006/01/indicadores-de-liquido-y-humedad/>

### Válvula de paso

Es un sistema por el cual puedo regular el flujo de los líquidos o gases que circundan en el aire acondicionado, mediante su uso se puede operar de forma manual ya sea para realizar un mantenimiento o para despeño del sistema.

**Figura 22.** Válvula de Paso



**Fuente:** Válvulas Caños y accesorios. Información Digital [Sitio web]. Uruguay, Fidemar [Consultado 24 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.fidemar.com.uy//>

### Sensores de presión

Los sensores de presión transforman una magnitud física de presión por unidad de superficie en una señal normalizada mediante la cual podemos determinar las condiciones del líquido transportado a través de la tubería de cobre así predecir o saber acerca del funcionamiento del sistema enfriador, chequear este dispositivo debe ser una de las prioridades a tener en cuenta para tener un consenso de las condiciones físicas de lo que pasa o está pasando con nuestros aires acondicionados (www.wika.es, 2012).

### Válvulas de servicio

Uno de los principales cuidados a tener en cuenta con las válvulas de servicio es el chequeo constante con el fin de evitar fugas de gas refrigerante en las medidas de presión dado que, en los sistemas de refrigeración, los técnicos de servicio deben estar familiarizados con las válvulas manuales de servicio. Estas válvulas le permiten sellar partes del sistema mientras conectan manómetros, se carga o

descarga refrigerante o aceite, se mete un vacío, existen varios tipos de válvulas de servicio.

Dichas válvulas pueden tener volantes en sus vástagos, pero la mayoría requieren de una llave para girarlos. Los vástagos de las válvulas son hechos de acero o de latón, mientras que el cuerpo está hecho de latón o fierro forjado. Por lo general, son del tipo empacado (climasmonterrey, 2015).

**Figura 23.** Válvula de servicio



**Fuente:** Sanhua. Válvula de servicio de Latón. Información Digital [Sitio web]. España, sanhuaeurope. [Consultado 24 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.sanhuaeurope.com/es/productos-climatizacion-refrigeracion>

### **Mantenimiento sistema eléctrico y bomba condensada**

En la revisión y mantenimiento del sistema eléctrico se deben tener en cuenta una serie de pasos en los cuales se caracteriza la forma en que se debe proceder para lograr un mantenimiento óptimo y así evitar averías por mala manipulación de los componentes al momento de hacerle mantenimiento, de igual forma para la

bomba condensada donde darle mantenimiento preventivo ayuda a prolongar la vida útil del sistema refrigerante.

Uno de los pasos a seguir sería el de inspeccionar la bomba condensada Por lo general, el agua de condensación es agua que se origina mediante condensación y que se deposita sobre un objeto. En la técnica de aire acondicionado y refrigeración, el agua de condensación puede originarse de distintas maneras:

- Agua condensada en edificios (refrigerada o calentada)
- Aire refrigerado en instalaciones frigoríficas y de congelación
- Vapor en bombas térmicas y radiadores
- Corriente de aire de salida en hornos de fusión muy eficientes

Una vez identificados los puntos a tratar en los cuales sea necesario realizar el mantenimiento se procede a realizar la limpieza de la bomba mediante el uso de detergente y agua, donde la cantidad de jabón variara según el nivel de grasa y suciedad en los que se encuentre el habitáculo a limpiar.

Uno de los pasos que se deben tener en cuenta tanto al iniciar la limpieza como al finalizarla es la de una minuciosa revisión de la tubería donde se debe de asegurar que no esté tapada, ya que por estos ductos circula el líquido refrigerante, una de las amenazas que afecta el funcionamiento de los equipos no solo es la suciedad y el polvo acumulado si no también agentes biológicos como lo son las bacterias por ello es de vital relevancia lavar con desinfectante y así eliminar cualquier posibilidad de riesgo.

## **Sistema eléctrico de control**

El sistema eléctrico en un aparte que se debe tener en cuenta a la hora de aplicarle mantenimiento ya que no se limpiara de la misma forma en que se ha limpiado los demás componentes del sistema debido a lo delicado de sus componentes y al papel que desarrollan, se podría tener en cuenta como paso inicial es la calibración donde con el multímetro y pinza amperimétrica se realiza la revisión del contactor, condensador, aislamiento de los conductores eléctricos y terminales, si es necesario cambiar algún elemento antes de reensamblar el equipo se debe hacer antes de iniciarlo en marcha para evitar averías y daños rotundos en los componentes mecánicos y eléctricos.

## **Pruebas de funcionamiento**

Es común que al realizar el mantenimiento del equipo y acomodar sus partes y ponerle en marcha suceda que no funciona o no trabaja de la forma en que debería de hacerlo ya sea por que emita sonidos que no son acordes al funcionamiento normal de la maquina o anomalías como olores provenientes del radiador donde llegado el caso llegaríamos a preocuparnos, para ellos es necesario tener en cuenta una serie de procesos si se presenta una anomalía o si queremos evitar que acontezca;

Suministrar corriente eléctrica y verificar el diferencial de tención esto con el fin de comprobar si el error sea por daño en el cableado o si algún dispositivo se conectó mal con el fin de descartar daños físicos más graves. Llegado el caso en que el problema sea por no funcionamiento y se indique baja presión en la recirculación del líquido refrigerante se recomienda Colocar los manómetros en los vástagos de alta y baja presión, seguido a eso proceder a encender la unidad y compruebe las presiones de Refrigerante.

Otro de los componentes a los que se les puede testear la corriente eléctrica es al compresor esto con el fin de saber si no sucede alguna avería al momento de iniciarlo o si se quiere descartar posibles fallas.

### **3.3. REALIZAR GUÍAS PRÁCTICAS QUE PERMITAN EL MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.**

#### **3.3.1. Medidas de seguridad**

La prevención de riesgos laborales puede ser el conjunto de medidas encaminadas a evitar riesgos en los practicantes donde se encuentre realizando su actividad y puesto de práctica (Chacon, 2015).

Por lo tanto, se trabaja en la prevención de riesgos laborales considerando como tales todos aquellos que puedan producir un determinado daño en la salud de los estudiantes de mayor o menor gravedad, sea enfermedad o accidente, y teniendo en cuenta los factores que pueden influir en unas altas o bajas posibilidades de que esto suceda, en función de las condiciones específicas de cada práctica.

**Tabla 2.** Medidas de seguridad para un sistema de refrigeración

<b>Equipos y herramientas requeridas para buenas prácticas en el banco de refrigeración</b>	
Lentes o gafas de seguridad	Contar con unas excelentes gafas de protección es fundamental para trabajar en cualquier oficio que pueda perjudicar la vista con las garantías necesarias de no sufrir accidentes.
Camisa de algodón de manga larga	Muchas partes del cuerpo son susceptibles y necesitan protección
Guantes	Su función principal, es proteger las manos de sus usuarios, así mismo brindar protección a los antebrazos contra cualquier amenaza como cortaduras, abrasiones, quemaduras, punciones con objetos punzocortantes, contacto directo de la piel con productos químicos corrosivos y peligrosos, así mismo los guantes pueden proteger contra cierto tipo de descargas eléctricas.
Zapatos de seguridad con punta de acero	Para resguardar nuestros pies y piernas se tienen que usar debido a que el mínimo daño, accidente o golpe en cualquiera de los pies: dedos, tobillos, nervios, huesos, talón, etc., representan días, meses y hasta años de recuperación.
Manómetros de servicio	Es un indicador analógico utilizado para medir la presión de un gas o líquido, como agua, aceite o aire.
Termómetro electrónico	Este dispositivo permite al operario de la industria tener una rápida visualización de las temperaturas correspondientes a la maquinaria de la cual es responsable.
Una bomba de	Es un compresor que trabaja con una presión en aspiración

vacío capaz de aspirar 205 micras	por debajo de la presión atmosférica. Funcionamiento.
Manómetro de vacío electrónico	El dispositivo se utiliza para medir presiones absolutas muy bajas, de tan sólo 10 o 15 mm de mercurio, por lo que es muy útil para cuantificar el vacío que se logra en el interior de un recipiente
Refractómetro	es un aparato que mide el índice de refracción de un material.
Detector electrónico de fugaz	Para localizar eficientemente fugas de refrigerante, a través de un sensor de alta sensibilidad
Válvulas perforadoras o de agujas	Es una herramienta perfecta para trabajos en acueductos al perforar tuberías cargadas a presión.
Multímetro digital	Una herramienta de prueba usada para medir dos o más valores eléctricos, principalmente tensión (voltios), corriente (amperios) y resistencia (ohmios).
Unidad recuperadora de gas	Equipo destinado a la recuperación del gas refrigerante en sistemas de refrigeración y aire acondicionado que deben ser abiertos por motivos de reparación o mantenimiento
Un cilindro para recuperar gas refrigerante.	Proveen de un almacenaje seguro para el gas refrigerante recuperado del sistema de refrigeración.

**Fuente:** CHACON, Julia. [Sitio web]. Colombia. Prezi [ Consulta: 25 noviembre 2018]. Disponible en: <https://prezi.com/er2uy5gbg12v/medidas-de-seguridad-al-trabajo-con-equipo-de-refrigeracion/>

### 3.3.2. Precauciones

- Leer la hoja de seguridad del gas que se va a utilizar.
- Trabajar en un área ventilada.
- No exponer los gases refrigerantes al calor de los sopletes, chispas o a fuentes de calor.
- Cuando se haga una prueba de fugas en un sistema de refrigeración, utilizar nitrógeno gaseoso para subir la presión del sistema, después de haber recuperado el refrigerante.
- Utilizar siempre un regulador de nitrógeno para elevar la presión de un sistema a un nivel seguro. La presión de prueba no deberá ser mayor a la presión de trabajo máxima, del lado de baja presión, para buscar fugas.
- Nunca utilizar oxígeno o aire comprimido para presurizar sistemas, algunos refrigerantes pueden explotar en un ambiente presurizado y combinado con aire.

### 3.3.3. Riesgos de salud

Según Chacón (2015) debido a que la toxicidad de los refrigerantes fluorocarbonados es baja, la posibilidad de un accidente menor o de sufrir la muerte es de baja probabilidad. Los vapores son generalmente mucho más pesados que el aire. No se debe trabajar en áreas cerradas, ya que, si se tiene un derrame o una fuga grande de gas, va a inhibir la presencia de oxígeno.

### Inhalación

Inhalar una gran cantidad de vapores es peligroso y puede llegar a ser mortal. Exponerse a niveles elevados de fluorocarbonados por arriba de los permitidos puede ocasionar síntomas de asfixia, también es posible que se presente pérdida de coordinación sicomotriz, aumento del pulso cardiaco, sensibilización cardiaca, respiración más profunda o inconsciencia. Si se presenta algunos de estos síntomas se debe salir al aire fresco (Chacon, 2015).

### **Contacto**

El contacto del refrigerante liquido sobre la piel puede causar quemaduras por congelación, la cual se manifiesta por palidez o enrojecimiento, pérdida de sensibilidad o hinchazón. Se debe lavar la parte afectada con abundante agua durante 15 minutos (Chacon, 2015).

### **Otros riesgos**

Chacón (2015) menciona que la mayoría de los compuestos halogenados se descomponen a altas temperaturas. Los químicos que se presentan bajo estas condiciones son ácidos halogenados, y posiblemente halogenuros de carbonillo. También se libera el ácido fluorhídrico. Si el compuesto contiene cloro se liberará el ácido clorhídrico.

Afortunadamente los ácidos halogenados pueden ser detectados, ya que ocasionan picazón en la nariz, y así pueden ser detectados en bajas concentraciones cuando no han alcanzado un nivel donde puedan ser tóxicos. Estos ácidos sirven como aviso de que una descomposición del gas ha ocurrido. Si son detectados, el área debe ser evacuada y ventilada hasta que se eliminen

los productos de la descomposición (acidez en el sistema, quemadura de un compresor hermético o semihermético) (Chacon, 2015).

### **3.3.4. Proceso para un buen funcionamiento de un sistema de refrigeración industrial.**

Falta de cuidado y de mantenimiento son los principales factores que paralizan los equipos. Una revisión frecuente mantendrá los equipos en mejores condiciones y evitará costos más elevados en la reparación.

Gómez (2013) indica que el mantenimiento preventivo programado con actividades de inspección de los equipos, tanto de funcionamiento como de limpieza y calibración, debe llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control de validez. Su propósito es prevenir fallas y mantener los equipos en óptima operación.

Los mantenimientos preventivos se realizan con la finalidad de que las fallas sean reducidas al mínimo y que ninguna pieza o componente que presente fallas sea olvidado por más de una semana. Para ello se debe hacer un checklist (revisión rutinaria) que cubra cada parte del sistema, operaciones recomendadas y tiempo en el que deben realizarse (Gómez, 2013).

**Tabla 3.** Checklist sistema de refrigeración industrial

Revisión	Acciones recomendadas
Los niveles de aceite del compresor deben ser verificados	Si el nivel está bajo, se debe agregar más aceite y ser observado por un lapso de tres a cuatro horas en operación continua para determinar la causa del bajo nivel.
Si el compresor es de lubricación forzada, es importante verificar la presión del aceite.	La lectura de la presión manométrica de éste debe ser por lo menos de 15 a 20 lb/in <sup>2</sup> más alta que la presión de succión
El compresor debe ser detenido	Verificar el estado del sello mecánico y probado con una lámpara haloidea para encontrar cuarteaduras y con un detector para comprobar que no haya fugas de refrigerante
La condición de los filtros en el equipo de manejo de aire	<p>Si los filtros presentan suciedad deben ser limpiados o reemplazados. Para condensadores y evaporadores deben ser sopleteados exteriormente con aire a presión. Si se emplean cepillos, deberá tenerse en cuenta que no se desprenda material del cepillo ni obture las aletas de los condensadores o evaporadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los filtros de tubería de agua también deben limpiarse.</li> <li>• Las condiciones de los ductos deberán ser verificadas para un eficiente manejo de aire.</li> </ul>

<p>En el sistema completo deberá verificarse cualquier condición anormal de operación</p>	<p>La revisión del refrigerante en la mirilla debe hacerse cuando el equipo esté operando y ha estado trabajando, por lo menos, durante 30 minutos continuos</p>
<p>Todas las flechas de motores y ventiladores deberá verificarse</p>	<p>Que tengan una lubricación adecuada y su condición de operación sea la correcta.</p>
<p>Todas las bandas deben ser verificadas</p>	<p>Para contar con la tensión y la alineación correctas, las bandas viejas o desgastadas deberán ser reemplazadas.</p>
<p>Deberán ser verificados los esfuerzos sobre las poleas y flechas de volantes</p>	<p>De encontrarse flojos, no deberán moverse hasta que sean alineados</p>
<p>Si el sistema cuenta con manómetros de alta presión deben ser observados</p>	<p>si la presión de la cabeza es más alta que la normal, la causa debe ser determinada y corregida. La purga de aire y otros gases condensables del sistema puede ser necesaria</p>
<p>verificarse las condiciones de las mamparas de succión</p>	<p>La condición del agua también debe ser evaluada. Si existe lodo o algas, el tratamiento del agua es necesario. Las bombas de agua deben estar limpias y los tanques deben soplearse completamente para eliminar cualquier oxidación o corrosión antes de pintar</p>
<p>Revisión del sistema de condensación</p>	<p>El agua deberá drenarse del sistema de condensación y se deberá realizar una inspección completa y cuidadosa, incluyendo los tubos del condensador, que</p>

	deben estar libres de costras o escamas
La condición de los desagües tiene que verificarse	Deben estar limpios y ser capaces de transportar toda el agua derramada, sin peligro de taponear el sistema o inundarlo
Revisión eléctrica	La condición de los contactos eléctricos en todos los arrancadores y controles debe revisarse, tanto parámetros de operación, como el correcto funcionamiento de arranque y de paro.

**Fuente:** GÓMEZ, Samantha. [Sitio web]. Colombia. Cero Grados Celsius [ Consulta: 25 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.0grados.com/mantenimiento-a-un-sistema-de-refrigeracion/>

Ningún sistema de refrigeración deberá pararse durante varios meses con presión completa de refrigerante en las líneas del equipo. Esto produce esfuerzos innecesarios en el equipo que pueden ocasionar una pérdida de la carga a través del compresor. Cuando el enfriamiento o refrigeración no se requieren durante un largo periodo, el sistema se debe descargar y el refrigerante debe ser almacenado en un condensador o en un recibidor, hasta que el equipo sea requerido nuevamente (Gómez, 2013).

### 3.3.5. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una técnica que se utiliza para obtener un aproximado del momento en el cual un objeto presentará una falla; y así estar consciente de cuándo sería indicado cambiar el objeto que presentará la falla antes de que implique riesgos para el mecanismo en el cual funciona (Gómez, 2013). A continuación, se representa en una tabla las actividades en las cuales se trata de realizar futuros mantenimientos para prevenir el sistema de refrigeración.

**Tabla 4. Periodos de mantenimiento**

<b>Operación compresor</b>	<b>Semanal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Semestral</b>
Verificar qué condiciones se encuentra el equipo y hacer inspección general.		X	
Hacer observación de las válvulas de servicio en el sistema de refrigeración	X		
Es muy importante hacer limpieza exterior del equipo		X	
Comprobación que las conexiones de placa de bornes en su equipo		X	
Comprobación presostatos Manómetro, termómetro		X	
Comprobación de fuga		X	
Comprobación tapones del núcleo a un lado del bloque del cilindro.			X
<b>Operación condensador</b>			
Limpieza exterior		X	
Limpieza interior			X
Inspección y observación de fuga		X	
<b>Operación filtro deshidratador</b>			
Proteger los componentes como la válvula de termo de expansión el tubo capilar y el compresor			X

Fuente: Autor

#### 4. RESULTADOS

Según la información recopilada durante el proceso mostrado durante todo el documento, el cumplimiento de los objetivos da como resultado una descripción informativa acerca del mantenimiento previo realizado al sistema de refrigeración del banco de transferencia de calor (Ver figura 24) de las Unidades Tecnológicas De Santander, el cual servirá como guía para comprender de forma más amena el funcionamiento del sistema refrigerante.

**Figura 24.** Ensamble del Aire acondicionado



**Fuente:** Autor

De igual forma la elaboración de guías prácticas comprende de forma completa los tipos de fallas y técnicas que se pueden tener en cuenta para el desarrollo de mantenimiento, haciendo hincapié en las fallas comunes que suelen ocurrir y así concientizando la identificación o prevención de errores de funcionalidad.

Se lista de forma completa todos los componentes del sistema de refrigeración y su papel a la hora de entrar en función e intercambiar temperatura con el ambiente demostrado sus características adiabáticas y de qué forma no se puede violentar dicha estabilidad para asegurar el rendimiento más óptimo del equipo evitando daños o sobre consumos eléctricos.

**Tabla 5.** Determinación de actividades preventivas y correctivas

<b>RESULTADOS</b>	
1.	<p>Se llevó a cabo una serie de pruebas de cada uno de los elementos que conforman sistema de refrigeración del banco de transferencia de calor los cuales permitieron la clasificación y cuantificación de fallas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección del estado actual de los equipos</li> <li>• Medición de presión</li> <li>• Identificación de fugas</li> <li>• Condición de tubería y cableado</li> <li>• Medición de corriente</li> </ul>
2.	<p>Se Implementó un mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a la identificación de cada una de las fallas con el propósito de llevar a cabo la adecuación y mejora del proceso de refrigeración del banco de transferencia de calor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desensamble de estructura</li> <li>• Limpieza de estructura</li> <li>• Cambio de cableado sulfatado</li> <li>• Corrección de fugas</li> <li>• Cambio refrigerante</li> <li>• Adecuación de estructura</li> </ul>

3.	<p>Se Realizaron guías prácticas que permitieron el mantenimiento y la operación de los instrumentos que conforman el sistema de refrigeración.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso para el uso y mantenimiento del sistema</li> <li>• Alternativas de solución en caso de surgimiento de falla</li> </ul>
----	---

**Fuente:** Autor.

La Tabla 5 permite observar la información de los resultados la cual se llevó acabo en 3 etapas, la primera dio cabida al reconocimiento de las fallas lo que permitió que se pudiera realizar la respectiva manutención con el fin de corregirlas.

## 5. CONCLUSIONES

La ejecución de pruebas permitió observar el comportamiento del equipo una vez accionado; evidenciando fugas, fallas en las líneas de distribución, compresor, estructura y demás puntos críticos debido a la falta de mantenimiento los cuales afectan el cumplimiento adecuado de las funciones del sistema de refrigeración. Por otra parte, la inspección visual determina el estado externo e interno con relación a la estructura, conexiones e instrumentación del sistema.

La comprensión completa del funcionamiento del equipo, así como la completa identificación de la mayoría de elementos que lo componen al igual que su funcionalidad y papel en los procesos que se dan a cabo permitió la elaboración de una guía para prevenir los posibles errores que se generan tanto por operabilidad como por mantenimiento.

Lograr usar los equipos del banco de pruebas y desensamblarlo y aplicar de forma correctiva los tipos de normativas que se aplican al mantenimiento de equipos de refrigeración ayudó a reacondicionarlos para que sean empleados en la clase de transferencia de calor y así de forma sintetizada comprender a cabalidad la normativa que se debe usar.

El entendimiento de la funcionalidad del equipo y la normativa a tener en cuenta permitió comprender la importancia que tiene realizarles mantenimiento a estos equipos cuyo rendimiento depende del estado en el que se encuentren ya que de no realizárselos pueden repercutir en funcionalidad e incluso en daños.

El mantenimiento incluye una verificación de la debida función y del reglaje correcto de los controles y dispositivos de seguridad. Las actividades de mantenimiento inician con el cubrimiento de un plástico de los controles eléctricos,

para luego proceder a desconectar la parte eléctrica del ventilador que se encuentra unida por un conector. El lavado del equipo requiere del uso de detergente industrial y la hidrolavadora, para la terminación de esta etapa fue necesario permitir que el sistema de refrigeración seacara totalmente antes de proseguir a ensamblar.

La identificación y la selección de ciertos elementos que son necesarios para realizar mantenimiento varían según el grado de suciedad al que se encuentre el equipo, por ello en la guía elaborada se indica la selección adecuada y según en lugar de aplicabilidad del equipo ya que es el que influye en la funcionalidad del mismo. La determinación de los pasos a seguir para comprobar la funcionalidad de cada elemento si llegado al caso no se diera funcionalidad antes o después de aplicarle mantenimiento nos ayudó a lograr identificar el origen de la falla y la forma de proceder para corregir el problema.

## 6. RECOMENDACIONES

Al momento de realizar un mantenimiento a un dispositivo refrigerante es necesario comprender de qué forma se debe realizar por ello se recomienda el uso de esta guía para evitar daños luego del mantenimiento y la forma en que se debería de proceder si llegado el caso sucede alguna anomalía luego de su revisión.

Se recomienda seguir de forma correcta e ininterrumpida la guía de operación del sistema frigorífico esto con el fin de tener una experiencia amena con el funcionamiento del equipo ya que de no operarlo correctamente se podría inhabilitar y no se aprendería acerca de la forma idónea en que funciona el equipo y mediante el uso de la guía también transmitir conocimiento de forma externa a otros equipos en diferentes lugares donde se halle un equipo refrigerador.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, I. (2012). Diseño de un sistema de refrigeración por absorción para mejorar la eficiencia de operación de una planta. Salvador: Universidad el Salvador.

Aldey. (2015). Teoría de refrigeración y aire acondicionado. España: Centro nacional educación.

Arnabat, I. (01 de Marzo de 2010). Caloryfrio. Recuperado el 24 de Noviembre de 2018, de <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-comercial/compresor-de-aire-acondicionado.html>

Asefosam. (2013). Manual de manipulación de gases refrigerantes. Colombia: Asefosam.

blogquimobasicos. (13 de Febrero de 2013). blogquimobasicos.com. Obtenido de <https://blogquimobasicos.com/2017/02/15/un-filtro-deshidratador-o-secador-correcto-puede-hacer-la-diferencia-en-el-funcionamiento-del-sistema2/>

Cabrerías, L. (2017). Diseñar e implementar una aplicación para el mantenimiento total productivo a los equipos de refrigeración. Colombia: Universidad nacional abierta y a distancia.

Castillo, F. (2014). Control de refrigeración. Madrid: UNED Ciencias.

Céspedes, R. (2014). Mantenimiento RCM del sistema de refrigeración de un motor diesel. Colombia: Universidad San Carlos.

Chacón, J. (2015). Medidas de seguridad al trabajo con equipo de refrigeración. Colombia: Prezi. climasmonterrey. (25 de Junio de 2015).

www.climasmonterrey.com. Obtenido de <https://www.climasmonterrey.com/que-son-las-valvulas-de-servicio>

Gómez, S. (2013). Mantenimiento a un sistema de refrigeración. Colombia: Revista Cero Grado Celsius.

Gonzalez, M. (2005). Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para los sistemas de refrigeración de producto EFE, mediante la implementación de SAP. Venezuela: Universidad central venezolana.

GTC.45. (2010). Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. Colombia: Icontet.

Guznay, C. (2015). Implementación de un plan de mantenimiento para los laboratorios de procesos y transformación de materiales del área de ingeniería de la universidad. Ecuador: Universidad politécnica salesiana.

kosne. (25 de Mayo de 2015). [www.kosner.es](http://www.kosner.es). Obtenido de <https://www.kosner.es/como-funciona-unidad-exterior/>

Macia, A. (2008). Programa de mantenimiento preventivo para todos los equipos de calderas. Colombia: Universidad tecnológica de Bolívar.

Manresa, R. (2000). Refrigerantes para aires acondicionados y refrigeración. Ecuador: Editorial club universitario.

Moreno, J. (2006). Elaboración de un programa general de mantenimiento para los equipos de aire acondicionado de las instalaciones de una empresa. Colombia: Universidad Simón Bolívar.

Mosconi, J. (2015). Mantenimiento correctivo de electrodomésticos industriales. España: Elearning.

Mott, R. (2006). Mecanica de fluidos. Mexico: Pearson educacion.

Norma.2500-93. (1993). Norma tecnica para la evaluacion de los sistemas de mantenimiento convenin 2500-93. Venezuela: CONVENIN.

NTC.2050. (1998). Codigo electrico Colombiano. Colombia: Icontec.

Rebelledo, F. (2012). La ciencia nuestra de cada dia. Mexico: Editorial FCE.

Rendon, A. (2014). Procedimientos de mantenimiento para sistemas de refrigeracion. Colombia: Univesidad tecnologica de pereira.

S.A., R. r. (2014). <http://www.refrigeracionrenzo.com.pe>. Recuperado el 24 de Noviembre de 2018, de <http://www.refrigeracionrenzo.com.pe/index.php/tienda/ver/39>

Santos, J. (Abril de 2011). frionline.net. Obtenido de <https://frionline.net/articulos-tecnicos/72-vis.html>

Serway, R. (2001). Fisica. Mexico: Pearson educacion.

Sylvus, R. (21 de Febrero de 2017). puromotores.com. Obtenido de <https://www.puromotores.com/13170564/como-solucionar-los-problemas-del-motor-del-ventilador-de-un-aire-acondicionado-interno>

Villalba, D. (2002). Puesta en marcha de un programa de matenimiento preventivo y correctivo de un sistema de refrigeracion y vapor. Venezuela: Universidad central.

Whitman, W. (1998). Tecnologia de la refrigeracion y aire acondicionado. Barcelona: Paraninfo.

[www.wika.es](http://www.wika.es). (6 de Abril de 2012). Recuperado el 23 de Noviembre de 2018, de [https://www.wika.es/landingpage\\_pressure\\_sensor\\_es\\_es.WIKA](https://www.wika.es/landingpage_pressure_sensor_es_es.WIKA)

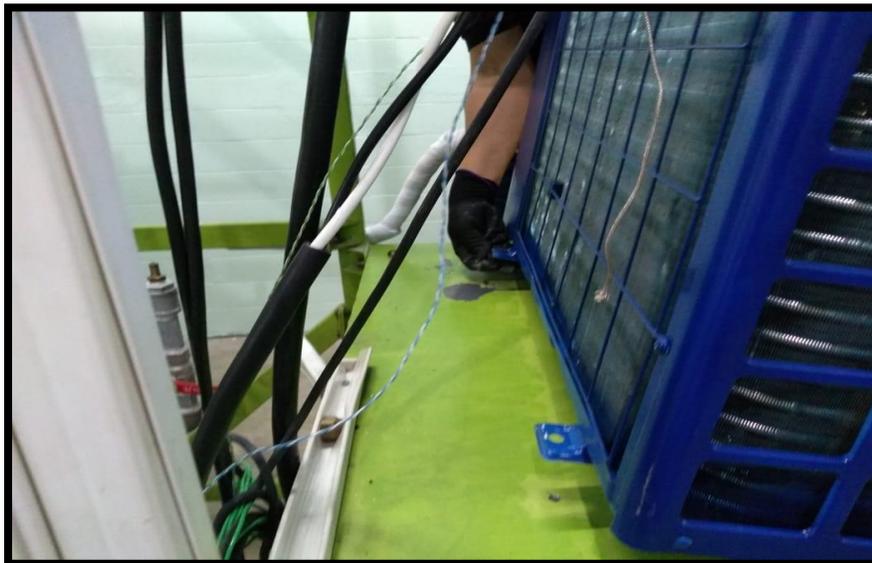
## ANEXOS

### Anexo 1. Revisión de capacitores



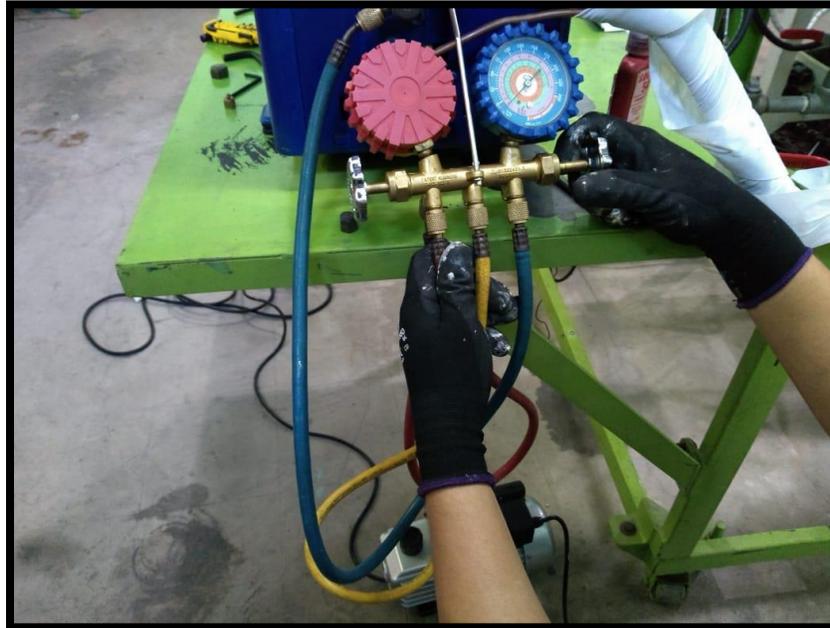
Fuente: Autor

### Anexo 2. Ajuste de estructura



Fuente: Autor

### Anexo 3. Revisión de manómetros



Fuente: Autor

### Anexo 4. Ajuste de estructura



Fuente: Autor

### Anexo 5. Ajuste de tubería



Fuente: Autor