

**Gestión de Confiabilidad en Mantenimiento para Equipos de Aire Acondicionado de
Precisión en IT (Information Technology)**

Presentado por

Christian James Becerra Rodríguez

Gari Steven Calderón Caicedo

John Jairo Ortiz Forero

Universidad ECCI

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Docente

Miguel Ángel Urián Tinoco

Marzo de 2022, Bogotá.

Agradecimientos

El logro de nuevas competencias y habilidades en nuestro ejercicio profesional estuvo apoyado por nuestro empeño y dedicación, lo que inició un nuevo reto de especialización y culmina con este trabajo de opción de grado. Así el éxito de nuestro propósito es dedicado.

A nuestro creador Dios quien nos da salud y vida para culminar con satisfacción este trabajo de opción de grado.

A nuestros padres parejas e hijos por ese apoyo incondicional y toda la confianza depositada en la etapa de estudio.

A la Universidad ECCI por el apoyo brindado a nivel académico, en especial a nuestro tutor quien fue fundamental en las asesorías brindadas que sentaron las bases y el resultado de este proyecto.

A todas aquellas personas, quienes, con paciencia inagotable, nos brindaron muestras de apoyo en este proceso

A ti por leer y explorar este documento, fuente de inspiración para futuros desarrollos....

Introducción

La gestión de mantenimiento realizada para los equipos de aire acondicionado de precisión e infraestructura tecnológica está basada en políticas que perfilan la confiabilidad de los equipos respecto al funcionamiento continuo, una eficiente gestión de mantenimiento traducida en optimización, confiabilidad, rentabilidad y baja inversión en actividades correctivas, mejorando el ciclo de vida de los equipos así como el retorno de la inversión.

La infraestructura IT (Information Technology), cuenta con sistemas redundantes que son parte constitutiva de la operación, si se encuentra una falla en uno de los equipos, resulta costoso si este no cuenta con un plan de mantenimiento construido con políticas claras de revisión predictiva al funcionamiento de los equipos. A su vez mantener disponibilidad completa 365 días al año, indispensable para el funcionamiento del negocio.

La gestión del mantenimiento es fundamental en organizaciones IT (Information Technology), con lo cual se debe adoptar una filosofía de planificación total de la operación de los sistemas auxiliares (equipos), validando los procesos de mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo, así como la criticidad de la operación para los mantenimientos correctivos.

Por ello es muy importante que los líderes a cargo de la gestión de infraestructura, asuman esta tarea del mantenimiento como un reto transcendental, se requiere una administración responsable en la infraestructura IT (Information Technology), la cual debe ir a la vanguardia respecto de los avances tecnológicos, cambios en los procesos y procedimientos, la cual hace

necesaria la adopción de buenas prácticas para prolongar la vida útil de los equipos; basados en la gestión de confiabilidad del mantenimiento (RCM) para equipos de aire acondicionado de precisión en IT (Información Technology).

Glosario

Aire Acondicionado de Precisión (AAP): Son equipos diseñados para entregar un control preciso de la temperatura y humedad en todas las aplicaciones en las que se necesita un grado de precisión elevado.

Tecnología de la Información (IT): Es el uso de cualquier computadora, almacenamiento, red y otros dispositivos físicos, infraestructura y procesos para crear, procesar, almacenar, asegurar e intercambiar todas las formas de datos electrónicos, el uso comercial de TI abarca tanto la tecnología informática como el de las telecomunicaciones. (www.techtarget.com, 2022)

Análisis de Falla: Metodología mediante el análisis de condiciones operacionales identifica mecanismos de daño que permitirán establecer las causas que generan la pérdida de funcionamiento del componente. (www.insercor.com, 2022)

Confiabilidad: es la probabilidad que un equipo realice la función determinada dentro de un proyecto de acuerdo con las condiciones de operación pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función. (www.alsglobal.com, 2022)

Mantenimiento: es la aplicación de labores preventivas y correctivas que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, aprovechando la disponibilidad del (los) equipo(s). (Repositorio.uptc.edu.co, 2022)

La Gestión de Activos: de acuerdo con las técnicas de administración actuales, se busca que los ciclos de vida de los activos físicos de una compañía u organización maximicen su valor. A nivel de operaciones, la gestión de activos busca el cumplimiento de la normativa, capacitación de los recursos humanos acertar la inversión, minimizar reparación y gestión, buscando continuamente la mejor de la productividad, aumento del ciclo de vida y minimizando los costos de operación.

Gestión de los Activos (IT): gestión de la tecnología de la información es el sector relacionado para el manejo de los recursos tecnológicos. La gestión de activos en TI es facilitar y optimizar las operaciones. Involucrando la implementación de mejora de los procesos.

Resumen

Los desafíos para mitigar las fallas en los equipos de aire acondicionado de precisión que mantienen climatizado y en operación gran parte de las empresas que administran infraestructura tecnológica, requieren que la gestión de mantenimiento sea confiable, para que su operación sea continua y no sufra indisponibilidad, más aún cuando estas cuentan con certificaciones de alto nivel, las cuales son otorgadas por organizaciones que avalan el aseguramiento de la Calidad y Confiabilidad en los sistemas implementados, entidades tales como UPTIME INSTITUTE e ICREA quienes acreditan cumplimiento de estándares a nivel mundial para la construcción de centros de datos.

Las compañías que aumentan la demanda en el almacenamiento de información y comunicación se encuentran forzadas a contar con equipos de aire acondicionado totalmente confiables. No obstante, se debe considerar el avance tecnológico, donde la demanda de equipos de alto performance, requieren métodos y procedimientos que incrementen el ciclo de vida y disminuyan el costo de manutención, asegurando su operatividad y confiabilidad.

Por tanto, un reto importante para quien administra los centros de datos, es garantizar mecanismos que permitan un adecuado funcionamiento de los equipos; a través de un análisis frente a la operación; para ello es trascendental tener en cuenta el concepto de gestión de confiabilidad de los mantenimientos para equipos de aire acondicionado de precisión en IT (Información Technology), ya que esta se centraliza en la ejecución de la operación, el mantenimiento preventivo y predictivo, que confluirá en la disminución de fallas de los equipos.

Abstract

The challenges to mitigate failures in precision air conditioning equipment that keep air conditioned and in operation much of the companies that manage technology infrastructure, require that maintenance management is reliable, so that its operation is continuous and does not suffer unavailability, especially when these have high-level certifications, which are granted by organizations that guarantee the assurance of quality and reliability in the implemented systems, entities such as UPTIME INSTITUTE and ICREA who certify compliance with worldwide standards for the construction of data centers.

Companies that increase the demand for information storage and communication are forced to have fully reliable air conditioning equipment. However, technological progress must be considered, where the demand for high performance equipment, require methods and procedures that increase the life cycle and reduce the cost of maintenance, ensuring its operability and reliability.

Therefore, an important challenge for those who manage data centers, is to ensure mechanisms that allow proper operation of the equipment; through an analysis against the operation; for this it is essential to consider the concept of reliability management maintenance for precision air conditioning equipment in IT (Information Technology), since this is centralized in the implementation of the operation, preventive and predictive maintenance, which will converge in reducing equipment failures.

Translated with www.DeepL.com/Translator

Contenido

1.	Título de la Investigación	12
2.	Problema de la Investigación.....	12
2.1.	Descripción del Problema.....	12
2.2.	Planteamiento del Problema	13
2.3.	Sistematización del Problema.....	13
3.	Objetivos de la Investigación	13
3.1.	Objetivo General.....	13
3.2.	Objetivos Específicos	14
4.	Justificación y Delimitación	14
4.1.	Justificación	14
4.2.	Delimitación	15
4.3.	Limitaciones	16
5.	Marco de Referencia de la Investigación	16
5.1.	Estado del Arte	16
5.1.1.	Estado del Arte Local	16
5.1.2.	Estado del Arte Nacional	20
5.1.3.	Estado del Arte Internacional	22
5.2.	Marco Teórico	35
5.3.	Marco Normativo y Legal	8

6.	Marco Metodológico	3
6.1.	Recolección de la Información	3
6.1.3.	Herramientas.....	5
6.1.4.	Metodología.....	1
6.1.5.	Información Recopilada	2
6.2.	Análisis de la Información.....	11
6.2.3.	Análisis Cualitativo de Riesgo.....	11
6.3.	Propuesta de Solución	16
7.	Impactos Esperados / Generados	21
7.1.	Impactos Esperados	25
7.2.	Impactos Alcanzados.....	25
8.	Análisis Financiero	27
8.1	Estimación de costos del recurso humano.....	28
8.2	Estimación de la implementación.....	29
8.3	Estimación de utilidad económica.....	31
9.	Conclusiones y Recomendaciones.....	32
9.1.	Conclusiones.....	32
10.	Bibliografía.....	33

Contenido de Tablas

Tabla 1 Línea del tiempo	36
Tabla 2 Línea de tiempo simplificada.....	37
Tabla 3. Tipos de Investigación	4
Tabla 4 Histórico de eventos en los equipos.....	11
Tabla 5 Impacto - Probabilidad.....	12
Tabla 6 Causas y actividades a ejecutar.....	22
Tabla 7 Registro de presión y temperatura de los circuitos de refrigeración.....	26
Tabla 8 Presupuesto Financiero	27
Tabla 9 Análisis costo del recurso humano	29
Tabla 10 Análisis estimación de la implementación.....	29
Tabla 11 Análisis presupuesto Vs ejecutado.....	30
Tabla 12 Análisis TIR	31

Contenido de Figuras

Figura 1. Ciclo PVAC.....	3
Figura 2 Objetivos de las 7 preguntas del RCM.....	5
Figura 3 Intervalos de Monitorización.....	7
Figura 4 Análisis de criticidad de mantenimiento	1
Figura 5 Toma de datos para mantenimiento de aires acondicionados	9
Figura 6 Matriz de Riesgos	19
Figura 7 Plan de acción de la matriz de riesgos.....	20
Figura 8 Ley de los nuevos	

1. Título de la Investigación

Gestión de Confiabilidad en Mantenimiento para Equipos de Aire Acondicionado de Precisión en IT (información Technology)

2. Problema de la Investigación

2.1. Descripción del Problema

En las compañías que requieren de una infraestructura en equipos de IT, se deben diseñar mecanismos que incluyen redundancias en sistemas, el administrador debe garantizar la continuidad en la operación de acuerdo con las políticas de gestión de activos basado en la confiabilidad, actualizando procedimientos, gestión de mantenimiento y operación.

El administrador de la infraestructura debe enfrentar problemáticas referentes a la operación de los equipos de infraestructura crítica, en ocasiones se encuentran instalados equipos multi-marca, donde las fallas identificadas cambian con referencia al fabricante, por lo que es importante basar los procedimientos de confiabilidad teniendo en cuenta la cadena de abastecimiento, inventarios, recurso humano y mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Tanto el administrador, como el operador de la infraestructura IT, deben ser personal idóneo, ya que les corresponde enfrentar problemáticas operacionales, para mantener la disponibilidad de los activos, les corresponde diseñar y ejecutar planes de contingencia en caso de emergencia e indisponibilidad, para así dar una rápida reacción, con medidas necesarias

evitando un riesgo de incumplimiento en la prestación del servicio, y dar pronta solución a la falla presentada.

2.2. Planteamiento del Problema

¿Cómo desarrollar una política de confiabilidad que genere valor a la infraestructura en los mantenimientos de aires acondicionados de precisión, en compañías que trabajan con IT (Información Technology)?.

2.3. Sistematización del Problema

¿Cómo asegurar los procesos y procedimientos a la planeación estratégica?

¿Estos procesos y procedimientos permiten seguir los objetivos de la gestión de mantenimiento vs los objetivos corporativos de la compañía?

¿El análisis de la información, contribuirá a la sostenibilidad de la operación continua de la infraestructura de equipos redundantes y principales como estrategia de seguimiento y control?

3. Objetivos de la Investigación

3.1. Objetivo General

Propuesta para incrementar la confiabilidad en mantenimiento para equipos de aire acondicionado usados en la infraestructura IT.

3.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar un procedimiento de mantenimiento basado en prevención, predicción y corrección para equipos de aires acondicionados de precisión.
- b) Establecer estrategias para minimizar la recurrencia de las fallas en equipos de aire acondicionado de precisión.
- c) Definir un procedimiento que permitan la continuidad del negocio ante el impacto generado por fallas en los equipos de aire acondicionado de precisión

4. Justificación y Delimitación

4.1. Justificación

La gestión de mantenimiento basado en confiabilidad se debe aplicar a los equipos de una organización fundamentándolos en principios de economía, recurso humano y cumplimiento. Para garantizar que los equipos, cuenten con procesos y procedimientos que aseguren la continuidad de la operación.

Para la correcta operación y disponibilidad de los equipos en los servicios IT (Información Technology), es importante que la confiabilidad se administre como una buena práctica en el mantenimiento de los equipos de aire acondicionado de precisión, en la que los operadores de los equipos deberán cumplir con el correcto sustento de los de indicadores de disponibilidad y score de negocio de la infraestructura.

En cuanto al aspecto económico muchas empresas conocen las sumas invertidas en el mantenimiento, pero no conoce las posibilidades de reducción. Algunas gerencias tienen la

sensación desafortunada, de las grandes cantidades de dinero que desperdician en las actividades de mantenimiento, en algunos casos con una gestión apropiada de los activos centrando sus prácticas en mantenimiento confiable; Un gran porcentaje de los costos de mantenimiento pueden reducirse.

El mantenimiento confiable, eleva el nivel de disponibilidad de los equipos por medio de su sostenibilidad, los operadores y administradores consideran que para lograr un funcionamiento óptimo, es suficiente con que las maquinas operen de forma adecuada y se mantengan en perfectas condiciones.

En consecuencia la correcta planificación de esta actividad deberá siempre estar orientada hacia la elección de estrategias, filosofías y teorías de mantenimiento, las cuales continuamente deberán ser monitoreadas, evaluadas y ajustadas con el objeto de reducir los costos generales, sin sacrificar con ello aspectos como tecnología, actualización y vanguardia de los equipos instalados, asegurando a la vez el retorno de la inversión (ROI) a corto plazo, indicador que facilita la medición de los rendimientos, sobre la inversión realizada.

4.2. Delimitación

4.2.1. Tiempo y Geográfica

La presente propuesta se desarrollará en los meses de febrero a abril del año 2022, en la que se enmarca en una delimitación de aplicación en centros de cómputo, de nivel bajo, medio o alto, así como en aquellos que cuenten con las certificaciones estándar de operación a nivel

mundial, toda vez que el aseguramiento y sostenibilidad de los equipos es igual en cualquier infraestructura, aun así manteniendo equipos nuevos o con vida útil de 5, 10 o 15 años.

4.3. Limitaciones

Económica: únicamente se cuenta con los recursos del autor para el desarrollo de la investigación y no son de divulgación.

5. Marco de Referencia de la Investigación

5.1. Estado del Arte

5.1.1. Estado del Arte Local

5.1.1.1. Propuesta el mejoramiento del proceso de mantenimientos preventivos, correctivos y montajes de sistemas de aire acondicionado realizado por la empresa TECSAI Ingeniería SAS

En el año 2020 , en el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica de Colombia en Bogotá, se realizó un trabajo de grado que trajo como propuesta el mejoramiento del proceso de mantenimientos preventivos, correctivos y montajes de sistemas de aire acondicionado realizado por la empresa TECSAI Ingeniería SAS, en la que se abordan los “... principales aspectos a tener en cuenta para proponer un plan de mantenimiento en sistemas de aire acondicionado automotriz por la necesidad que surge de mejorar la eficiencia y desempeño del sistema de aire acondicionado como también reducir costos y adaptarse a los cambios que surgen con la evolución tecnológica e importancia del mantenimiento. El sistema de aire acondicionado busca generar confort en los usuarios, reducir problemas de salud y riesgos a la hora de conducir, es por ello que se debe planear las frecuencias necesarias de inspección,

limpieza y mantenimiento general con el fin de disminuir los tiempos sin el sistema, alargar el tiempo de vida útil y generar rentabilidad en la empresa al evitar mantenimiento correctivo y depender siempre de terceros para ejecutar todas las actividades del mantenimiento.” (Rozo Pérez , 2020). Este trabajo servirá en mi proyecto dado a que planifica correctamente los procedimientos para mantenimiento preventivo.

5.1.1.2. Propuesta de plan de mantenimiento en sistemas de aire acondicionado: caso sector automotriz

Para el año 2016, en la ciudad de Bogotá en la Dirección de Proyectos Postgrados Especialización en Gerencia de Mantenimiento, se publica como trabajo de grado un proyecto relacionado con sistemas de aire acondicionado denominado: “caso sector automotriz; el cual aborda el tema “... El acondicionamiento del aire es importante sobre todo en climas cálidos, generando confort en los pasajeros del vehículo, también se hace necesaria la revisión periódica para evitar problemas de salud y reducir riesgos de accidentalidad. Por medio del plan de mantenimiento para sistemas de aire acondicionado en vehículos se busca disminuir las fallas, las reparaciones costosas, las inconformidades con los usuarios y las pérdidas de eficiencia por factores externos. Las condiciones del medio ambiente influyen en el desempeño de los sistemas de aire acondicionado y por consiguiente se deben tener en cuenta tanto en el diseño de los sistemas de refrigeración como en su mantenimiento. Con base en los registros de las diferentes fallas, se ajustan las inspecciones periódicas del plan de mantenimiento y se proponen técnicas predictivas que permitan anticipar desgastes prematuros y daños costosos. Como valor agregado se realiza un análisis de factores externos que impidan un desempeño óptimo en el sistema de aire acondicionado. El objetivo es encontrar las técnicas más adecuadas para impedir la humedad del sistema, compensación de refrigerante perdido, brindar una sensación agradable en los

pasajeros y que el rango de variación de consumo de combustible sea el mínimo posible” (Giraldo, y otros, 2016). Este trabajo está basado en confort y mantenimiento de aires y la generación de propuestas para revisiones periódicas a los sistemas de refrigeración lo cual es relevante en el actual proyecto.

5.1.1.3. Desarrollo de una política de mantenimiento para equipos de misión crítica en empresas de servicios IT.

Para el año 2021, en la en la dirección de posgrados de la Universidad ECCI, se desarrolló como trabajo de grado para graduarse como especialista en Gerencia de mantenimiento , en la que fue basada en “...La llegada del SARS-CoV-2 ha transformado la dinámica de los mercados en empresas de servicios IT, gran número de clientes se ha visto obligado a cambiar su esquema de operación migrando a un modelo de atención de servicios remotos en donde la estabilidad en los canales de comunicación cobra relevancia. Numerosas son las variables que intervienen en el proceso de estabilidad en los canales de comunicación, una de ellas está íntimamente relacionada con el suministro ininterrumpido de potencia eléctrica hacia las fuentes que alimentan servidores y equipos de comunicación en Datacenters. Iniciando el año 2.020, una compañía de servicios IT atendía en promedio unas 3.900 interacciones diarias con Clientes de otros países; a partir de la declaración de la pandemia el número promedio de interacciones aumentó teniendo cerca de 26.000 clientes diarios al cierre del cuarto trimestre del mismo año. Como respuesta a la nueva demanda se hace necesaria la creación e implementación de una política de mantenimiento para equipos de misión crítica que asegure la continuidad operacional en los diferentes mercados de la compañía. ...” (Cardozo, 2021). Este trabajo aunque se encuentra basado en el mantenimiento para equipos de misión crítica en empresas de servicios

IT, nos da luces al respecto del manejo de equipos bajo la nueva modalidad de trabajo, con la emergencia sanitaria que se vivió a nivel mundial y que reinventó la forma de trabajar.

5.1.1.1. Propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud

Para el año 2020, Se entrega como proyecto de grado el trabajo, Propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud, de la universidad ECCI de Bogotá -Colombia, donde se aborda como: “...el principal objeto del proyecto es se basa en una propuesta de mantenimiento basada en RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para los equipos de refrigeración, del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud, con él se pretende mejorar el plan de mantenimiento actual, generando estrategias que permitan aumentar el índice de disponibilidad de los equipos, disminuir el número de fallas y los costos de reparación. Se realizó un estudio de los componentes de un sistema de refrigeración, se clasificaron taxonómicamente sus elementos, se estudiaron las fallas significativas, se realizó un diagnóstico, para conocer el contexto del plan de mantenimiento e identificar las posibles desviaciones, con esta información se estableció la causa raíz del problema de investigación, partiendo de ahí se definieron las estrategias y actividades asociadas, que motivaron a la formulación de una propuesta de mantenimiento basada en RCM..” (Cortes Urrego & Valbuena Rojas , 2020) El presente proyecto evalúa mejor forma de plantear un mantenimiento basado en RCM, y así definir estrategias asociadas al buen funcionamiento de los equipos.

5.1.2. Estado del Arte Nacional

5.1.2.1. Propuesta de implementación de un modelo de mantenimiento basado en condición para equipos de aire acondicionado en sucursales bancarias de norte de Santander.

Para el año 2018, en la Dirección de Posgrados en la Universidad ECCI, se realiza el trabajo de grado donde se presenta la propuesta de implementación de un modelo de mantenimiento basado en condición para equipos de aire acondicionado en sucursales bancarias de norte de Santander. La cual "... busca presentar la aplicación de un programa de mantenimiento basado en condición en calidad de corrientes y la condición del activo, el plan fue desarrollado para ser aplicado a sucursales bancarias en el departamento de Norte de Santander exactamente en su capital Cúcuta, donde se presenta serios problemas con el confort térmico debido a que la ciudad tiene unas condiciones agrestes por las altas temperaturas, igualmente se diseñan formatos y alertas que se emiten teniendo en cuenta el análisis de la inspección, se plantea para que sea efectuada en ciclos mensuales, se establecen tiempos predeterminados para resolver el inconveniente prediciendo la falla que se puede presentar. Estas sucursales bancarias no pueden perder su confort térmico ya que su nodo informático sale del sistema y esto afecta gravemente la disponibilidad de la plataforma del banco impidiendo o generando el no uso de esta lo que se traduce en pérdida de dinero con el fin de mejorar los indicadores de disponibilidad y confiabilidad de los equipos de la sucursal para evitar sus paradas imprevistas..." (Rincón Vergel; Rojas Fernandez; Lozada Guiza;, 2018). Importante aporte para el desarrollo del proyecto que nos atañe, ya que busca la creación de un programa de mantenimiento basado en la condición actual de los equipos.

5.1.2.2. Desarrollo de un modelo de mantenimiento de un sistema con deterioro y reparaciones limitadas para la división de un mantenimiento tecnológico de la Universidad de Industrial de Santander con base en cadenas de Márkov

En el año 2011, en la facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, se publica el proyecto de grado para el: Desarrollo de un modelo de mantenimiento de un sistema con deterioro y reparaciones limitadas para la división de un mantenimiento tecnológico de la Universidad de Industrial de Santander con base en cadenas de Márkov en la que se "... analizan estrategias de sustitución y reparación, es necesario considerar el estado del equipo en deterioro como una cadena de Márkov en un espacio de estados finitos, cuya probabilidad de transición de matriz está influenciada por cada reparación, con la que el sistema se vuelve más susceptible al deterioro conforme al número de acumulado de reparaciones aumenta.

La formulación de una política de mantenimiento que minimice los costos de mantenimiento y garantice el funcionamiento de la clase de equipo objeto de estudio, se realizó con el objetivo de brindar una herramienta que permita controlar y administrar eficientemente los recursos de la división de mantenimiento tecnológico. De la misma manera, se establecieron los indicadores de desempeño que permiten al responsable llevar a cabo la aplicación de la política de mantenimiento y verificar la eficacia del modelo desarrollado...". (Gutierrez Meneces; Rincon Hiniestroza, 2011). Este proyecto de grado es importante para la investigación por el énfasis en la matriz de calificación a cada una de las fallas presentadas en los equipos.

5.1.3. Estado del Arte Internacional

5.1.3.1. Medición de la calidad del servicio técnico de climatización de ELECLIRE de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Para el año 2018, Se entrega como proyecto de grado el trabajo Medición de la calidad del servicio técnico de climatización de ELECLIRE de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil – Ecuador, donde se aborda como: “... el principal objetivo del proyecto es evaluar la calidad de servicio técnico de climatización de la empresa ELECLIRE que ofrece servicios de mantenimiento, instalación y reparación para aires acondicionados. Se tomaron los objetivos específicos a fin de establecer los referentes teóricos que ayuden al constructo metodológico de la calidad en el servicio; el estudio busca analizar la situación actual de la empresa en parámetros de satisfacción del cliente, la calidad e identificar los factores que influyen en la percepción del cliente. La metodología de la investigación se basó en un enfoque mixto, en lo cuantitativo se seleccionó el modelo SERVPERF con enfoque descriptivo que busca la valoración del desempeño basado en las percepciones y orientado a los 821 clientes registrados en la base de datos, de los cuales se escogió 262 clientes a encuestar. Para el enfoque cualitativo se toma en consideración preguntas al cliente interno o dicho de otra forma se encuestan a sus colaboradores y a uno de los clientes de la empresa lo cual refleja de forma directa el criterio que tienen del servicio que se brinda por parte de la empresa. Los resultados de la investigación estuvieron marcados hacia la tendencia del poco personal, la puntualidad a los puntos de servicio y que el personal no aparenta una

debida capacitación. La propuesta va dirigida a la capacitación del personal, incremento de mano de obra calificada y la adquisición de vehículos que ayudaran a mejorar la calidad de servicio técnico de climatización que ofrece la empresa..” (Ochoa Montoya, 2018). El presente proyecto evalúa la calidad del soporte técnico para la implementación de los procesos y la atención al cliente. Consideraciones importantes para el desarrollo de los procedimientos.

5.1.3.2. cálculo y selección del equipo de un sistema de aire acondicionado para un teatro en puerto Vallarta, Jalisco de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de Azcapotzalco – México

Para el año 2009, se entrega como proyecto de grado la tesis de cálculo y selección del equipo de un sistema de aire acondicionado para un teatro en puerto Vallarta, Jalisco de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de Azcapotzalco – México, donde se aborda: “... el principal objetivo del proyecto es calcular y seleccionar un sistema de acondicionamiento de aire para mantener un ambiente confortable y saludable en el teatro; basándose en las recomendaciones de la normativa vigente en aire acondicionado. Para ello se tomará el objetivo específico de Diseñar e implementar un sistema de aire acondicionado para producir el tratamiento de aire ambiente del teatro de Puerto Vallarta, Jalisco de tal manera que se controle simultáneamente la temperatura, humedad, limpieza y distribución de aire para satisfacer las necesidades de los usuarios del local. Manteniendo una temperatura de (24 °C) en el interior, así como una humedad relativa del (55%). A causa de que en Puerto Vallarta existen condiciones climatológicas calurosas a (35°C ± 5), y que en lugares cerrados el cuerpo humano transfiere mayor calor al medio circundante, esto eleva la temperatura en el local, ocasionando al ser humano sensaciones de incomodidad como mareos, sofocación, sudoración, malos olores y

falta de atención debido a la poca oxigenación en el interior del local cerrado. El objeto de la presente tesis fue concretar el procedimiento adecuado para el cálculo, selección, instalación y mantenimiento de un sistema de aire acondicionado, aplicado específicamente a un teatro. Los resultados de la tesis estuvieron marcados de que el aire acondicionado es un tema bastante amplio y que está en constante desarrollo, cada año salen nuevos equipos, productos, software; por eso es de vital importancia que el ingeniero mecánico se actualice continuamente para seguir siendo competitivo dentro del ramo. Esta tesis es esencialmente una guía para el desarrollo de un proyecto de esta naturaleza. Aunque algunos conceptos pueden variar, dependiendo de las necesidades que se tengan, el procedimiento es básicamente el mismo. Por lo que podemos considerar al presente trabajo de gran utilidad tanto en el aspecto teórico-académico como en el de aplicación ...” (Trejo Garcia & Reyes Abundis, 2009); el presente proyecto evalúa el clima excesivamente caluroso y tropical de Puerto Vallarta en verano, se requiere diseñar e implementar un sistema de aire acondicionado para un teatro; creando un ambiente confortable, saludable, otorgando aire limpio y fresco; de tal forma que se controle su temperatura, humedad, limpieza y distribución para responder a las exigencias del espacio climatizado.

5.1.3.3. Diseño, Instalación y Puesta en Marcha de un Equipo con Tecnología de Nuevos Materiales de Ingeniería, para un Sistema de Refrigeración Industrial con Amoniaco y Circuito Glicol de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de Azcapotzalco – México

Para el año 2010, Se entrega como proyecto de grado nombrado Diseño, Instalación y Puesta en Marcha de un Equipo con Tecnología de Nuevos Materiales de Ingeniería, para un Sistema de Refrigeración Industrial con Amoniaco y Circuito Glicol de la Escuela Superior de

Ingeniería Mecánica y Eléctrica de Azcapotzalco – México, donde se aborda como: “... el principal objetivo del proyecto es Instalar un nuevo sistema de refrigeración industrial a base de amoniaco que enfrié indirectamente un circuito de mono propilenglicol a una temperatura determinada, para poder poner en marcha una línea de envasado de bebidas gaseosas a las velocidades establecidas en el diseño de la línea de envasado. Para ello se tomará los objetivos específicos de Construir las instalaciones adecuadas para la correcta instalación de los compresores de amoniaco necesarios para la operación de un sistema de refrigeración industrial con amoniaco; Calcular, diseñar los accesorios y equipos del sistema, para que proporcione la cantidad de toneladas de refrigeración solicitados por la línea de envasado y Poner en marcha el sistema de manera automática controlando los paros del equipo de refrigeración y evitar un posible daño de los motores de los compresores por constantes paros y arranques. La metodología de la investigación se basa en un proyecto desarrollado en el año 2000, de desalojar la maquinaria de Planta Sur, ubicada en México D.F. para trasladar la producción de bebidas de 3 litros gaseosas a la nueva planta ubicada en Tizayuca Hidalgo, ya que los terrenos de Planta Sur fueron perdidos en un juicio con el primer dueño de la Cooperativa, se contempla una inversión inicial de Cien Millones de Pesos, pronosticada a recuperarse en dos años según la demanda de producto actualmente establecida, con el objetivo de adquirir una nueva línea de envasado totalmente automatizada ya no manual y de mayor velocidad que la actual. Al hacer el análisis de servicios, se encuentra que se tiene la necesidad de diseñar un sistema de refrigeración nuevo, ya que con el equipo que actualmente se tiene en planta no se cubre la demanda de enfriamiento para abastecer a una nueva línea de envasado, debido a que ya se cuenta en planta con dos líneas más trabajando y la carga termina adicional no se cubre con los equipos actuales. De no instalar este nuevo sistema simplemente no se podría poner en

funcionamiento la nueva línea de envasado, podría abastecerse del actual sistema de enfriamiento instalado que igual trabaja con glicol, pero se tendrían que parar las otras dos líneas para que la nueva trabaje a un 50 % de su velocidad, lo cual no es rentable. Para el puro sistema de enfriamiento como tal dispone de un presupuesto proyectado de 4 millones de pesos. Los resultados de la tesis estuvieron marcados que en el presente proyecto, podemos establecer que el diseñar un sistema de refrigeración con amoniaco dedicado para una sola línea de envasado debe de cumplir con ciertas características desde el tipo de equipos a instalar, así como de los equipos que se piensen rehabilitar, para poder establecer un sistema adecuado para la demanda de carga que se requiere, siendo este punto muy importante, ya que al ser dedicado el equipo, lo más recomendable es que se apege al cálculo térmico de la demanda de refrigeración que se requiere, de lo contrario el equipo pararía constantemente y dañaría los compresores. Esta tesis es establecer una comunicación del equipo a enfriar y el equipo de refrigeración para de esta forma establecer un control más adecuado del sistema y evitar un posible congelamiento del sistema de glicol y daño a las bombas, por tal motivo de no existir esta comunicación se hace necesario que al menos se cuente con un sistema de control de paro de los compresores por baja temperatura del glicol y de esta manera estamos protegiendo a los compresores...” (Fernandez Gutierrez, 2010). El presente proyecto evalúa que en esta línea de envasado requiere se le suministre glicol a un flujo de 100,000 litros por hora y a una temperatura de -2 grados centígrados a la entrada del intercambiador del equipo Mixer, para esto se cuenta con la corrida de cálculo del intercambiador antes mencionado proporcionada por el fabricante de la línea de envasado, con esta corrida se tienen que realizar los cálculos de los equipos del sistema, los cuales serán, determinar las toneladas de refrigeración requeridas en el sistema para satisfacer la velocidad de operación de la línea de envasado, y con esta misma información determinar la

cantidad de compresores y condensadores requeridos, calcular el tamaño del intercambiador de calor lado amoniaco – glicol, así como los recipientes a presión requeridos para la unidad URL (unidad receptora de líquido).

5.1.3.4. Diseño y construcción de un equipo para diagnóstico de fallas en compresores herméticos.

Para el año 2017, en la ciudad de San Salvador, en la Universidad del Salvador en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela de Ingeniería Mecánica , se desarrolla como proyecto de grado el Diseño y construcción de un equipo para diagnóstico de fallas en compresores herméticos, donde se establece que: “... el principal objetivo del proyecto consiste en el diseño y construcción de un equipo de diagnóstico para fallas en los compresores herméticos, que se pondrá a disposición como una herramienta importante para el aprendizaje y conocimiento en la práctica de las asignaturas de refrigeración del departamento de sistemas termo-mecánicos, de la escuela de Ingeniería Mecánica, de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador. Para ello se tomará el objetivo específico de que El equipo consiste en determinar las fallas, con una guía orientada a realizar las mediciones paso a paso, para el aprendizaje de los estudiantes de la especialidad de Ingeniería Mecánica, en los laboratorios de la escuela. Se trató de hacer un equipo con facilidad de poder desplazarlo para poder realizar mediciones tanto dentro como fuera de la escuela de Ingeniería Mecánica. La metodología de la investigación se basó en la elaboración del formato que sirve de base para la construcción de guías, se presenta el número de la práctica y su objetivo, luego se muestra el listado de componentes necesarios de esta, la conexión que se debe realizar y el procedimiento y funcionamiento. A causa de que compresores, con el paso del tiempo a menudo presentan fallas particulares y muy peculiares que se pueden caracterizar y agrupar en distintas clasificaciones,

para la facilidad de diagnósticos en el mal funcionamiento de estos. El objeto de la presente tesis fue concretar sobre el diseño y la posterior construcción de un equipo para determinación de fallas para compresores herméticos, en este documento se efectúa una descripción de los compresores herméticos y una caracterización de las fallas más comunes mediante el uso de tablas, además, se proporciona una orientación a posibles usuarios sobre el uso del equipo y la aplicación de criterios para el uso de las herramientas de diagnóstico ...” (Posada Valladares & Villegas Portillo, 2017). El presente proyecto evalúa que El equipo de trabajo, consiste en los elementos básicos de medición y determinación de fallas en los compresores recíprocos; estos elementos fueron seleccionados para una mayor facilidad y comprensión del usuario al momento de realizar las pruebas.

5.1.3.5. Estudio para mejorar la producción del taller de reparación y mantenimiento de equipos de refrigeración y climatización de la empresa AKRIBIS S.A. de la facultad de Ingeniería industrial de la Universidad de Guayaquil – Ecuador

Para el año 2014, Se entrega para opción de grado el trabajo titulado: Estudio para mejorar la producción del taller de reparación y mantenimiento de equipos de refrigeración y climatización de la empresa AKRIBIS S.A. de la facultad de Ingeniería industrial de la Universidad de Guayaquil – Ecuador, en donde se es abordado como: “... el principal objetivo del proyecto es mejorar la organización del taller de reparación y mantenimiento de equipos de refrigeración y climatización para incrementar los volúmenes de producción. Para ello se tomaron los objetivos específicos de diagnosticar la situación actual del taller de climatización de la empresa AKRIBIS S.A. en cuanto a su estructura organizativa; determinar el objetivo funcional del taller de climatización; determinar relaciones, referente a la información que

reciba, salga, entre o maneje el taller de climatización; elaborar la descripción de los procesos y la descripción de cargos del taller. La metodología de la investigación describe los diferentes procedimientos para el desarrollo de la investigación, iniciando en la identificación del tipo de estudio realizado, señalando las características y bases sobre las cuales se desarrolló el mismo, así como la población y muestra que tuvo objeto en esta y los procedimientos e instrumentos utilizados para la recolección y análisis de datos. Para ello la investigación es de tipo Aplicada debido a que busca conocer la situación actual del Taller de climatización para analizar su estructura organizativa y administrativa con el fin de aplicar las soluciones a los problemas antes mencionados, aplicando las normas y procedimientos necesarios para ello. Los resultados de la investigación tuvieron un tiempo aproximado para llevar a efecto la implementación de la propuesta de solución de un período de tiempo de aproximadamente 6 meses. La propuesta para incrementar sus ingresos, en función de mejorar sus servicios; esto trae como consecuencia que sean revisados sus métodos de trabajo, procesamiento de solicitudes de repuestos; estas situaciones que no le permiten desarrollar a plenitud sus actividades y se encuentre trabajando parcialmente por causas como: inconvenientes por falta de repuestos, debido a que la existencia de los mismos en la bodega-almacén es escasa, lo que ocasiona que muchos de los equipos que ingresan al taller presenten demoras en las entregas,..” . El presente proyecto realizado fue debido a falencias de la empresa AKRIBIS S.A. la misma que durante algunos años se ha venido desarrollando con bajos niveles de productividad, los cuales eran necesarios determinar las causas y por ende los problemas a fin de disminuir su efecto, para ello se tuvo que investigar a profundidad los datos históricos tanto de reparaciones, así como de personal que labora en la misma. (Jacome Bravo, 2014)

5.1.3.6. Diseño y construcción de un banco de pruebas para un sistema de refrigeración por compresión de vapor de 1 HP de capacidad, usando refrigerante R404A para proceso de carga, descarga, recuperación de refrigerante del sistema y simulación de fallas para el laboratorio de conversión de energía del D.E.C.E.M. de la Escuela Politécnica del Ejército de Sangolquí

Para el año 2012, Se entrega como proyecto de titulación el Diseño y construcción de un banco de pruebas para un sistema de refrigeración por compresión de vapor de 1 HP de capacidad, usando refrigerante R404A para proceso de carga, descarga, recuperación de refrigerante del sistema y simulación de fallas para el laboratorio de conversión de energía del D.E.C.E.M. de la Escuela Politécnica del Ejército de Sangolquí – Ecuador, donde se aborda como: “... el principal objetivo del proyecto es Diseñar y construir un banco de pruebas para un sistema de refrigeración por compresión de vapor con un compresor de 1hp de capacidad, usando refrigerante R404A para ensayos de laboratorio y simulación de fallas. Para ello se tomaron los objetivos específicos, analizar los principios básicos de los sistemas de refrigeración; Realizar el diseño térmico y mecánico del sistema de refrigeración por compresión de vapor; Construir el banco de pruebas en base a los diseños realizados; Realizar las guías de prácticas de los ensayos que se realizan en el equipo estableciendo procedimientos, datos teóricos y prácticos que deben ser obtenidos. La metodología de la investigación describe disponer en el Laboratorio de Conversión de Energías de un Banco de pruebas que permita realizar permanentemente prácticas del proceso de carga, descarga y recuperación de refrigerante R404A y además ocasionar intencionalmente fallas sobre el sistema, con lo cual se va a permitir obtener los conocimientos necesarios y las acciones a realizar para corregir cuando se presente

las comunes fallas en los sistemas de refrigeración por compresión de vapor. Para ello la investigación es del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, a través del Laboratorio del Conversión de Energía, con el fin de mostrar a sus estudiantes a través de experiencias prácticas la composición de un sistema de refrigeración, lo cual facilitará la identificación de sus principales componentes, la simulación de fallas que puedan existir en el sistema, con algunos refuerzos teóricos, se podrá afrontar la problemática inherente de las instalaciones frigoríficas industriales. Los resultados de la investigación es que se cumple con el objetivo general de este proyecto, al diseñar y construir un banco para ensayos de laboratorio y simulación de fallas. La propuesta es el desarrollo del presente proyecto de grado está dividido en 4 fases principales iniciando con el diseño térmico y mecánico. El siguiente paso es la construcción y montaje de los componentes, instrumentos y equipos que componen el banco de pruebas. Acto seguido, se realizarán las pruebas de funcionamiento para finalmente proceder con la toma de datos y con el análisis de los mismos,..” (Mero Bucheli & Zambrano Ibarra, 2012)

Este proyecto contribuye en el desarrollo tecnológico del Laboratorio de Conversión de Energía del DECEM un equipo didáctico de refrigeración por compresión de vapor completamente equipado para realizar prácticas de carga, descarga y recuperación de refrigerante.

5.1.3.7. Plan de Mantenimiento preventivo de los sistemas de aire acondicionado de los laboratorios NIFA S.A. de la Escuela Politécnica Nacional de Quito – Ecuador, donde

Para el año 2010, Se entrega como proyecto de titulación de un Plan de Mantenimiento preventivo de los sistemas de aire acondicionado de los laboratorios NIFA S.A. de la Escuela Politécnica Nacional de Quito – Ecuador, donde se aborda como: “... el principal objetivo del proyecto es El diseño e implementación de cualquier sistema organizativo y su posterior

informatización debe siempre tener presente que está al servicio de unos determinados objetivos. Cualquier sofisticación del sistema debe ser contemplado con gran prudencia en evitar, precisamente, que se enmascaren dichos objetivos o se dificulte su consecución. Para ello se tomó el objetivo específico de Optimización de la disponibilidad del equipo productivo, disminución de los costos de mantenimiento, optimización de los recursos humanos y maximización de la vida útil de las máquinas. La metodología de la investigación describe que este plan de mantenimiento preventivo permite mejorar el control de la información sobre el mantenimiento de los equipos, lo cual facilita la reducción de tiempo al momento de aplicar el mantenimiento. Por consiguiente la investigación de este plan de mantenimiento se propone la búsqueda de un nuevo comportamiento en las organizaciones para desarrollar la cultura de prevención y optimizarla de manera permanente dentro de una estrategia de mejora continua en los costes y actividades del Mantenimiento y de los Técnicos de las diferentes funciones implicadas con el Sistema de Producción. Los resultados de la investigación señalan una mejor eficiencia del personal de mantenimiento y menor pérdida de tiempo de estos, lo cual conduce a reducir los gastos por pérdidas de tiempo, e ineficacia del personal de mantenimiento al momento de aplicar el plan de mantenimiento. La propuesta es de elaborar este plan de mantenimiento se puede concluir que será beneficioso para los Laboratorios NIFA SA, porque no tendrá retrasos en la producción, y por ende se reducirán los gastos por reparación de equipos,..” (Andango Calvachi, 2010) . El proyecto fue enfocado en la empresa NIFA S.A. encargada del proceso de manufactura de medicinas genéricas en tabletas y cápsulas, el mismo; donde se establece algunas medidas para optimización de los equipos productivos, derivando en una disminución en los costos de mantenimiento, optimización del recurso humano y mejorar la vida útil de las máquinas.

5.1.3.8. La Evaluación del funcionamiento actual del sistema de aire acondicionado de la Central Hidroeléctrica FRANCISCO MIRANDA de la Universidad Nacional Experimental Politécnica de Puerto Ordaz – Venezuela,

Para el año 2017, Se entrega como proyecto de práctica profesional de la Evaluación del funcionamiento actual del sistema de aire acondicionado de la Central Hidroeléctrica FRANCISCO MIRANDA de la Universidad Nacional Experimental Politécnica de Puerto Ordaz – Venezuela, donde se aborda como: “... el principal objetivo del proyecto es Evaluar el funcionamiento actual del sistema de aire acondicionado de la central hidroeléctrica “Francisco de Miranda”. Para ello se tomaron los objetivos específicos Realizar una caracterización de todos los componentes y equipos del sistema de aire acondicionado; Elaborar una descripción del funcionamiento del sistema con su respectivo esquema; Comprobar mediante cálculos el sistema de intercambiadores intermedios del circuito de condensación de los enfriadores; Proponer un plan de mantenimiento para todos los dispositivos del sistema de aire acondicionado; Especificar recomendaciones de operación y mejoras que se le puede aplicar al sistema de aire acondicionado. La metodología de la investigación está orientada a satisfacer las necesidades de analizar y estudiar mediante un conocimiento detallado los tipos de investigación, diseño de técnicas de investigación e instrumentos, todo en función de resolver la problemática existente, cubriendo con el desarrollo de cada uno de los objetivos. Para ello se realizará una evaluación completa de cada componente perteneciente al sistema de aire acondicionado de la central hidroeléctrica “Francisco de Miranda”, con la finalidad de obtener resultados del funcionamiento actual de dicho sistema, para así elaborar un plan de acciones necesarias para mejorar el rendimiento del sistema y con esto, las condiciones ambientales en el área de trabajo, también

para tener conocimiento del estado actual de los equipos y realizar un plan de mantenimiento apropiado para mantener la calidad del servicio. Los resultados de la investigación obtenidos de la investigación, evaluación y cálculos realizados con respecto al sistema de aire acondicionado de la Central Hidroeléctrica “Francisco de Miranda”, a fin de realizar un cumulo de acciones necesarias para la mejora de dicho sistema con la finalidad de mantener un servicio de calidad que sirva para estabilizar el acondicionamiento de equipos electrónicos de la central, esto, describiendo los objetivos planteados de la problemática y su posterior desarrollo. La propuesta es el desarrollo del presente proyecto consistió en una evaluación del funcionamiento actual del sistema de aire acondicionado de la Central Hidroeléctrica “Francisco de Miranda”, de la empresa CORPOELEC con la finalidad de lograr que los equipos del sistema se conserven en buen estado de funcionamiento, principalmente el de los enfriadores, para mantener a los equipos electrónicos, primordiales en la producción de energía eléctrica, en un ambiente con una temperatura de trabajo en el rango adecuado,..” (Izaguirre Silva, 2017) . En este podemos ver el concepto para la habilitación de un tercer enfriador, el cual servirá como respaldo, en el caso en que el sistema se encuentre funcionando en los valores límites, viéndose comprometido el acondicionamiento de cada de máquina.

5.1.3.9. El Desarrollo de Estándares y Procedimientos para la Creación De Un Data Center En La UPSE de la Universidad Estatal de la Península de Santa Helena Facultad de Sistemas y Comunicaciones– Ecuador

El constante crecimiento tecnológico en la UPSE ha ocasionado que el manejo de información se convierta en un factor esencial para la Institución, manteniéndola segura y

disponible en todo momento; razón por la cual se hace necesario un estudio técnico que brinde las normas para la creación de un Data Center, que permita la integración y el control de los sistemas de información de manera eficiente. Los Data Center son esenciales para el tráfico, procesamiento y almacenamiento de información. Por ello, es que deben ser extremadamente confiables y seguros al tiempo que deben ser capaces de adaptarse al crecimiento y la reconfiguración. Para diseñar un Data Center se debe tener en cuenta varios factores como su tamaño, la cantidad de equipos, el lugar físico, el acceso a la energía, la cantidad de refrigeración, la seguridad y el tipo de cableado para datos y voz. Para lograr un buen diseño se debe seguir las recomendaciones que los estándares internacionales brindan, además de realizar un análisis previo de la ubicación del Data Center. (Paltán Orellana, 2013). Este trabajo es un modelo que se puede tener en cuenta en nuestro proyecto, en las compañías que no cuentan con, procedimientos y planes de contingencia adaptados, generando que pueden generar riesgos importantes por eludir controles, donde nos muestra cómo se pueden “*desarrollar estándares y procedimientos....*” (Paltán Orellana, 2013)

5.2. Marco Teórico

5.2.1. Reseña Histórica del Mantenimiento

Durante los años (1396-1945) aparece el concepto de fiabilidad, la cual se define como la probabilidad que un equipo funcione adecuadamente durante un periodo determinado bajo condiciones operativas fijas, esto supone que el departamento de mantenimiento no solo va a realizar correctivos, también preventivos. (Breve Historia Mantenimiento / Movilgmao, 2022)

Dentro de estos mantenimientos surgen otros conceptos como: predictivo, proactivo GMAO (gestión de mantenimiento asistido por ordenador o RCM (mantenimiento basado en la confiabilidad).

Tabla 1.

Línea del tiempo simplificada

Año	Detalle
1780	Mantenimiento Correctivo (CM)
1798	Uso de partes intercambiables en las máquinas
1903	Producción Industrial Masiva
1910	Formación de cuadrillas de Mantenimiento Correctivo
1914	Mantenimiento Preventivo (MP)
1916	Inicio del Proceso Administrativo
1927	Uso de la estadística en producción
1931	Control Económico de la Calidad del producto Manufacturado
1937	Conocimiento del Principio de W. Pareto
1939	Se controlan los trabajos de Mantenimiento Preventivo con estadística
1946	Se mejora el Control Estadístico de Calidad (SQC)
1950	En Japón se establece el Control Estadístico de Calidad
1950	En Estados Unidos de América se desarrolla el Mantenimiento Productivo (PM)
1951	Se da a conocer el “Análisis de Weibull”

1960	Se desarrolla el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)
1961	Se inicia el Poka-Yoke
1962	Se desarrollan los Círculos de Calidad (QC)
1965	Se desarrolla el análisis- Causa- Raíz (RCA)
1968	Se presenta la Guía MSG-1 conocida como el RCM mejorado
1970	Difusión del uso de la computadora para la administración de Activos (CMMS)
1971	Se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM)
1978	Se presenta la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en naves aéreas.
1980	Se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO)
1980	Se aplica el RCM-2 en toda clase de industrias
1995	Se desarrolla el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (5S's)
2005	Se estudia la filosofía de la Conservación Industrial (IC)

Fuente: (Pérez Rondón , 2022)

Tabla 2.

1.1. Línea de tiempo simplifica

-120,000	1780	1914	1927	1950	1960	1970	1971	1995	A la fecha
CM	CM	MP	SQC	PM	RCM	CMMS	TPM	5S	IC

Descripción:

Mantenimiento Correctivo (CM)	Mantenimiento Preventivo (MP)	Control Estadístico de Calidad (SQC)
Mantenimiento Productivo (PM)	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)	Sistema Computarizado para la Administración del Mantenimiento (CMMS)
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	5 Pillars of the Visual Workplace (Las cinco Eses) (5S's)	Conservación Industrial (IC)

Fuente: (Pérez Rondón , 2022)

En la actualidad el mantenimiento busca aumentar y confiabilidad el funcionamiento de los equipos, manteniendo las condiciones de eficiencia. (Sisbib.unmsm.edu.pe, 2022)

Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento (Sisbib.unmsm.edu.pe, 2022)

El mantenimiento al pasar de los años ha crecido exponencialmente por eso, las empresas tuvieron que cambiar su modo de operación, la continuidad de la producción se convirtió en uno de los objetivos principales, la intolerancia en los tiempos muertos o de no operación, aumento mientras los costos en mantenimiento iban en aumento.

Junto a la demanda de alta fidelidad, surgieron nuevos procesos de detección de fallos. Mejorando así la gestión de técnicas de mantenimiento, en donde las nuevas tecnologías permiten entender mejor el estado de los componentes de las máquinas.

La mejora que existe en la gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad abrió las puertas a nuevas oportunidades y modalidades de mantenimiento por ejemplo el desarrollo de instrumentación y métodos que se convirtieron en una práctica recurrente en el mantenimiento predictivo, de igual forma, la mejora en la instrumentación implementada mejoro la precisión en las mediciones, por lo tanto, la exactitud de las predicciones, además, las mejoras presentes. Al igual que varios programas que pueden correr simulaciones en base de datos obtenidos por las herramientas de medición.

La evolución del mantenimiento puede notarse desde la aplicación de mantenimiento correctivo, implementando método y teorías ya aplicadas en el área profundizada, el mantenimiento está altamente relacionado con las (Guía RCM Centrado en la Fiabilidad de Mantenimiento, 2008) situaciones sociales del momento, en la época tecnológica, veremos evolución de las herramientas y estrategias. (Predictiva21.com/evolucion-mantenimiento, 2022)

5.2.2. Tipos de mantenimiento.

Mantenimiento Correctivo.

Se deben considerar varios factores de mantenibilidad

El beneficio obtenido de la reparación debe valer la pena el tiempo y el esfuerzo invertidos en la reparación.

El tiempo y el esfuerzo involucrados en el mantenimiento correctivo deben compararse con el costo y la viabilidad de llevar unidades de reemplazo.

La calibración, la alineación o el ajuste requeridos deben realizarse de manera fácil y precisa.

Automatice las tareas de detección y aislamiento de fallas siempre que sea posible.

Mantenimiento Preventivo

En PM es la inspección periódica, el ajuste, la limpieza, la lubricación, el remplazo de piezas, y la reparación menor de equipos y sistemas, para los cuales no se aplica un operador específico. Consiste en muchas actividades de puntos de control en elementos que, si se desactivan, interferirían con la operación de un sitio esencial, pondrían en peligro la propiedad, o implicarían un alto costo o un largo tiempo de espera para el reemplazo.

Sus objetivos son:

- Evitar las paradas de la máquina.
- Conservar la máquina en condiciones óptimas de seguridad y productividad.
- Largo la vida útil del equipo.
- Mantenimiento predictivo.

También conocido como monitoreo de la condición, el monitoreo y diagnóstico continuo o periódico de sistemas y equipos con el fin de pronosticar fallas. En la monitorización del estado se utiliza tecnología avanzada para evaluar el estado de la maquinaria. El resultado permite planificar y programar el mantenimiento preventivo y reparaciones antes de la falla.

Entre los ensayos más conocidos tenemos:

- Análisis de aceite.
- Análisis de acidez para refrigerantes
- Análisis de vibraciones.
- Análisis de ruido.
- Corrientes inducidas.
- Inspección por partículas magnéticas.
- Inspección de soldaduras.
- Inspección por ultrasonido.
- Pérdida de flujo magnético.
- Radiografía.
- Termografía.
- Medición de presiones
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M.)

Los programas de RCM se pueden implementar y llevar a cabo de varias formas y utilizar diferentes tipos de información. Una técnica se basa en un análisis riguroso de modos y efectos de falla (FMEA), completo con probabilidades de falla calculadas matemáticamente basadas en una combinación de datos de diseño, datos históricos, intuición, sentido común, datos experimentales y modelados. (www.redalyc.org, 2022)

Este enfoque se divide en dos categorías:

- Riguroso
- Intuitivo.

La decisión sobre cómo se implementa el programa RCM debe ser tomada por el usuario final basándose en:

- Consecuencias del fracaso
- Información histórica
- Probabilidad de falla
- Tolerancia al riesgo (Mission Criticality)

El proceso del R.C.M: Recopila datos de los resultados obtenidos y los retroalimenta para mejorar el diseño y el mantenimiento futuro. Esta retroalimentación es una parte importante del elemento de mantenimiento proactivo del programa RCM.

Tenga en cuenta que el proceso de análisis de mantenimiento tiene solo cuatro resultados posibles: (Guía RCM Centrado en la Fiabilidad de Mantenimiento, 2008)

- Realice acciones basadas en intervalos (tiempo o ciclo).
- Realizar acciones basadas en condiciones (dirigidas por PT&I).
- No realice ninguna acción y elija reparar después de la falla.
- Determine que ninguna acción de mantenimiento reducirá la probabilidad de falla y la falla no es el resultado elegido (Rediseño o Redundancia).

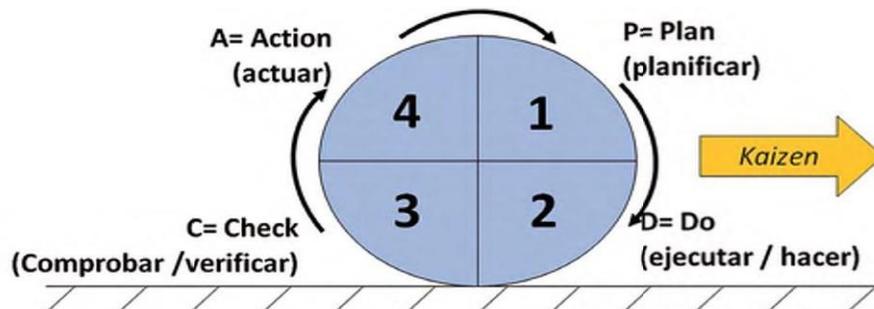
Independientemente de la técnica utilizada para determinar el enfoque de mantenimiento, el enfoque debe reevaluarse y validarse. (Guía RCM Centrado en la Fiabilidad de Mantenimiento, 2008)

5.2.3. Plan de Mantenimiento

Para realizar el plan es conveniente aplicar el método por fases denominado P.D.C.A. que se basa en la aplicación de un proceso de acción cíclica que consta de cuatro fases fundamentales, indicadas en el siguiente esquema.

Figura 1.

Ciclo PVAC - Diagrama de mejora continua de la calidad



Fuente: (elsaber21.com, s.f.)

En base a este proceso de nivel de evolución ira incrementándose significativamente a medida que se vaya completando. Este que consta de las siguientes etapas:

- ✓ Planificar: en base a la situación actual y los recursos de que se disponen, debemos definir los objetivos que queremos cumplir con la gestión de mantenimiento y realizar el plan de mantenimiento, fijar los objetivos, e ir avanzando y asegurando cada uno de ellos, cuanto más concreto sea el objetivo para cumplir, será más fácil alcanzarlo.
- ✓ Ejecutar el plan: una vez fijado el punto de partida y los objetivos a los que se quiere llegar, debemos gestionar los recursos disponibles para lograrlos.
- ✓ Controlar: es necesario evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, el control de los resultados se realizará en comparación con las metas prefijadas.
- ✓ Actuar: si existen desviaciones entre el modelo prefijado y los resultados, se debe corregir actuando sobre la planificación y la ejecución, estableciéndose así la retroalimentación al sistema.

5.2.4. Planificación

La planeación estratégica es el análisis y formulación de planes a nivel estratégico de una organización para alcanzar los objetivos, planificar una estrategia requiere hacer análisis del contexto y de otros elementos como los recursos necesarios para alcanzar las metas para ello se debe evaluar:

Identificar el grado de criticidad de cada equipo, para dar prioridad a los más importantes de la empresa u organización.

Identificar todos los equipos.

Evaluar los recursos necesarios para aplicar el proceso R.C.M. al bien seleccionado, analizando el costo-beneficio.

Si el análisis de costo beneficio demuestra que amerita. Aplicar el proceso, se debe asignar un grupo de trabajo, detallando puesto y funciones.

Capacitar a los integrantes del proceso, teniendo en cuenta que el contexto operativo del bien se entienda con claridad. (LBIC., p. 19-20., 2022)

Conformación de Grupo, la conformación de grupos será así: (Repositorio.uptc.edu.co, 2022)

- Profesionales experimentados.
- Supervisores o técnicos.
- Operarios.

En cuanto a la metodología la norma SAE JA 1011 (www.redalyc.org, 2022) y SAE JA1012 establece criterios y análisis mínimos que deben cumplir una metodología para que

pueda definirse RCM debe asegurarse de responder satisfactoriamente la secuencia de preguntas a continuación:

1. ¿Cuáles son las funciones en su contexto operativo?
2. ¿De qué maneras puede fallar?
3. ¿Qué causa cada falla?
4. ¿Qué pasa cuando ocurre la falla?
5. ¿De qué manera afecta la falla?
6. ¿Qué debe hacer para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer cuando una tarea proactiva no está disponible?, (Tareas por omisión)

(LBIC., p. 11, 2022).

5.2.5. Objetivo de las siete preguntas

El objetivo de un enfoque RCM es determinar la técnica de mantenimiento rentable más aplicable para minimizar el riesgo de impacto y falla creando un entorno libre de peligros al tiempo que protege y preserva las inversiones de capital y su capacidad

Figura 2

Objetivos de las 7 preguntas del RCM



Fuente: (Guía RCM Centrado en la Fiabilidad de Mantenimiento, 2008)

5.2.6. Creación del plan de mantenimiento

Este aspecto a su vez se conforma de dos actividades, así: Clasificación y agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías, se elabora el Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación y procedimientos de operación y de mantenimiento.

Puesta en marcha de las medidas preventivas (Conceptualización Especialización en Gerencia de Mantenimiento Universidad ECCI, 2022).

5.2.7. Análisis de criticidad

Es una técnica que permite conocer, ordenar y jerarquizar con un criterio real y definido, facilitándose así la toma de decisiones en cuanto a las actividades que se deben realizar en mantenimiento.

Para que el análisis de criticidad sea veraz y objetivo, se debe tener en cuenta las fallas registradas en el histórico (históricas) o que podrían ocurrir (potenciales), y en este análisis se deben considerar dos factores primordiales:

- Frecuencia de la falla (Probabilidad de que ocurra la falla).
- Consecuencia de la falla (impacto de la falla).

El resultado de la multiplicación de estos dos factores da como resultado el *riesgo*, es decir:

$$\text{Consecuencia} * \text{Probabilidad} = \text{Riesgo}$$

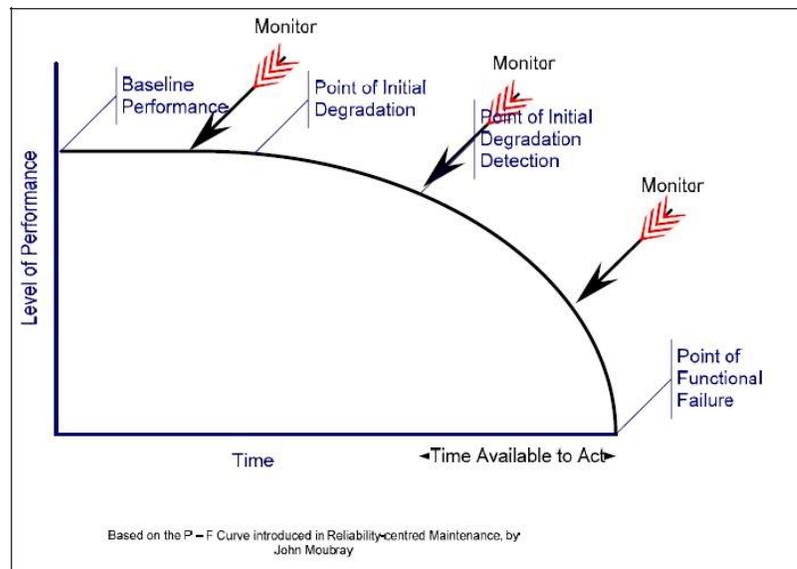
Ya que la consecuencia y las probabilidades deberán ser diligenciadas por cada jefe de mantenimiento según su criterio y según la empresa, teniendo en cuenta dar el puntaje mayor a factores que afecten la seguridad, seguidamente el medio ambiente, luego la producción y por último los costos.

5.2.8. Monitoreo de los equipos (Guía RCM Centrado en la Fiabilidad de Mantenimiento, 2008)

Los objetivos al monitorear el estado del equipo son determinar el estado del equipo y desarrollar una tendencia con la cual pronosticar el estado futuro del equipo. Se recomienda un mínimo de tres puntos de seguimiento. Estos tres puntos deben ubicarse antes de que se espere una falla. Utilizando tres puntos de datos, se puede establecer y confirmar la tendencia

Figura 3

Intervalos de Monitorización



Fuente: (Guía RCM Centrado en la Fiabilidad de Mantenimiento, 2008)

5.2.9. Los planes de mantenimiento y sus costos

Importancia de los costos en el mantenimiento

Los costos son una forma exitosa en la que cualquier Gerente de mantenimiento puede medir su gestión, porque con ellos puede demostrar si su gestión ha sido costo-efectiva y si ha cumplido con el principal objetivo del área de mantenimiento, el cual es precisamente reducir los gastos sin sacrificar por ello la seguridad, la calidad y los recursos del medio ambiente.

Son herramientas administrativas que se usan como importantes herramientas para obtener indicadores, calcular variables, convertir unidades y programas de aplicación. En ellos están:

- | | | | |
|---|-----------------|---|-------------------------------|
| ✓ | Confiabilidad. | ✓ | Tiempo Medio Entre Fallas. |
| ✓ | Disponibilidad. | ✓ | Tiempo Medio Para Reparación. |
| ✓ | Mantenibilidad. | ✓ | Tiempo Medio Para Falla. |

5.3. Marco Normativo y Legal

NTC-ISO/IEC 17000

(...) "Esta Norma Internacional especifica los términos y las definiciones generales relacionados con la evaluación de la conformidad, incluyendo la acreditación de los organismos de evaluación de la conformidad, y el uso de la evaluación de la conformidad para facilitar el comercio. Como una ayuda para la comprensión entre los usuarios de la evaluación de la conformidad, los organismos de evaluación de la conformidad y sus organismos de acreditación,

tanto en el campo voluntario como en el reglamentario, se incluye en el Anexo A una descripción del enfoque funcional de la evaluación de la conformidad. (ICONTEC)

ASHRAE Standard 202- 2013 (www.ashrae.org, 2022)

Esta norma describe...” puede complementarse con soporte técnico complementario. Documentos y directrices para describir los detalles específicos a implementar adecuadamente...”el Proceso en relación con una instalación, sistema o ensamblaje específico. Esta norma se puede aplicar a ambos proyectos nuevos y de renovación.

Guideline 1.1- 2007 – HVAC&R Technical Requirements for The Commissioning Process (Technical-requirements-for-the-commissioning-process, 2022)

(...) Los requisitos del proceso de puesta en servicio técnico para diferentes sistemas de construcción ahora se están desarrollando en pautas técnicas de disciplinas individuales, separadas de los requisitos del proceso de puesta en servicio que se definen en la Directriz 0-2005.

SAE JA1011

(...) “establece los criterios mínimos que debe cumplir una metodología para que pueda definirse como RCM (Society of Automotive Engineers, SAE JA1011: Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes, 2 ed., Warrendale: SAE International, 2009, 2009)

SAE JA1012

(...)” permite realizar un análisis RCM a contestar las 7 preguntas (www.ineel.mx, 2022)

6. Marco Metodológico.

6.1. Recolección de la Información

La presente investigación se realizó en forma general para la gestión de confiabilidad de mantenimiento para equipos de aire acondicionado de precisión en IT.

La principal selección de está, se debe a que el equipo es la solución correcta para mantener una temperatura apropiada en entornos de alta tecnología. Funciona como un acondicionador de aire para salas que albergan equipos tecnológicos responsables del almacenamiento de importantes informaciones de diversos sectores. Mantener el aire en una temperatura precisa y definida por los fabricantes de centros de datos es esencial para que las bases de datos funcionen con excelencia.

El trabajo de campo se gestiona con el levantamiento de información de los equipos existentes, al igual que con los ya instalados, con algunos Clientes previamente seleccionados, los cuales se mantendrán bajo reserva para la presente investigación.

6.1.1. Tipo de Investigación

A continuación se detallan los tipos de investigación y sus características:

Tabla 3.

Tipos de Investigación

Tipo	Características
Histórica	Análisis de eventos que busca relacionarlos con el presente.
Documental	Análisis de la información escrita sobre el objeto de estudio.
Descriptiva	Reseña, datos e información sobre la población a estudiar.
Correlacional	Relación entre las diferentes variables de la población.
Explicativa	El porqué de los acontecimientos.
Estudios de Caso	Análisis de una unidad en específico de la población.
Seccional	En una oportunidad se recoge la información del objeto de estudio.
Longitudinal	Comparación entre datos obtenidos en diferentes oportunidades de la misma población.
Experimental	Análisis por el efecto producido en la manipulación de variables independientes o dependientes.

Fuente: (Universidad ECCI, 2006)

6.1.2. Fuentes de Obtención de Información

El objetivo final de la instalación es desarrollar la gestión de confiabilidad de mantenimiento para equipos de aire acondicionado de precisión en IT, ya que el aire

acondicionado de precisión es un equipo o sistema diseñado para acondicionar ambientes destinados a salas de cómputo, salas de informática, procesadores de datos, centros de cálculos, centrales telefónicas y otras aplicaciones de proceso en las que exista la necesidad fundamental de asegurar la operación y conservación de la máquina de proceso. Esta es la característica principal que la diferencia de los equipos diseñados para el bienestar o confort de personas, y que es necesario considerar en el momento de la adquisición.

6.1.2.1. Fuentes Primarias

La principal fuente de información de los sistemas de aire acondicionado de precisión serán los históricos de fallas y las recomendaciones de los fabricantes de los equipos para determinar el análisis de causa raíz de esta, instalados en los diferentes clientes de la región. Donde se gestionarán entrevistas al personal operativo y de mantenimiento para recolectar la información en temas relacionados a los equipos del sistema de precisión.

6.1.2.2. Fuentes Secundarias

Se utilizará la información citada en el estudio del arte y obtenidas por tesis relacionadas al mantenimiento y equipos de aire de acondicionado de precisión, y documentos en general descargados de internet.

6.1.3. Herramientas

Las herramientas usadas durante el desarrollo de la presente investigación están compuestas por diferentes factores como indicadores de mantenimiento, análisis de criticidad de los equipos y planteamiento de taxonomía.

6.1.3.1. Indicadores de Mantenimiento

Los indicadores de la gestión de mantenimiento definen la medida cuantitativa del grado de satisfacción de los requerimientos del cliente y entre los cuales tenemos:

- Disponibilidad: Equipos están operativos cuando se necesiten.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

- Confiabilidad: los equipos no deben fallar mientras se usen.

$$\text{Confiabilidad} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

6.1.3.2. Análisis de criticidad

La criticidad es el nivel de impacto e importancia que tiene una máquina, equipo o dispositivo en los procesos de una organización. El grado de prioridad determinará, a su vez, la intensidad y frecuencia con la que deberíamos prestar mantenimiento a un activo. Muchas veces, el presupuesto, la disponibilidad de mano de obra y el tiempo exigirán identificar los elementos más determinantes en una empresa. Cuando los recursos son acotados, la mejor estrategia es jerarquizar los dispositivos y máquinas que requieren más atención.

El objetivo de conocer la criticidad en mantenimiento es poder planificar un programa de trabajo acorde con las necesidades de los activos de la empresa, de este modo se busca focalizar el esfuerzo del equipo para alargar la vida útil de los activos maximizando la rentabilidad.

El sistema diferencia tres zonas de clasificación:

- Alta criticidad
- Mediana criticidad
- Baja criticidad

Figura 4.

Análisis de criticidad de mantenimiento



Fuente: (ReliabilityWeb.com, 2022)

6.1.3.3. Planteamiento de taxonomía.

La taxonomía ayudará a comprender con mucha facilidad todas las actividades de la empresa tanto administrativas, operaciones y técnicas para aprovechar al máximo los recursos que se usan a diario. El tiempo de paro de los equipos vitales o importantes se minimizará al atender adecuadamente el mantenimiento con personal altamente capacitado para diagnosticar los problemas que se presenten; dando una mejor comprensión del tipo y calidad de personal que gestiona las actividades técnicas – administrativas de la conservación de recursos en una organización ya que es importante definir las tareas administrativas para llevar un control adecuado de las labores que se necesiten realizar para tener equipos en óptimas condiciones a fin de que se brinden los resultados que deseamos, con productos de alta calidad.

6.1.4. Metodología

La metodología usada para esta investigación y el cumplimiento de los objetivos se describe a continuación:

Desarrollo del objetivo específico número. 1, “Determinar un procedimiento de mantenimiento basado en prevención, predicción, y corrección para equipos de aires acondicionados de precisión”, de acuerdo con todas las instalaciones ya realizadas por la empresa a los clientes de la región, es necesario verificar el procedimiento e histórico de fallas de los equipos y con esto tener el diagnóstico de la causa raíz del problema para tener una mejora continua y confiabilidad en los equipos.

Desarrollo del objetivo específico número.2, “Establecer estrategias para minimizar la recurrencia de las fallas en equipos de aire acondicionado de precisión”, de tal manera que se cuente con disponibilidad, que estos se encuentren operativos y que se cuente con la confiabilidad y que obtenga un menor tiempo perdido o en su defecto no falle y con el menor costo de mantenimiento que requiere el aire acondicionado de precisión.

Desarrollo del objetivo específico número.3, “Definir procedimiento que permitan la continuidad del negocio ante el impacto generado por fallas en los equipos de aire acondicionado de precisión”, es un proceso que le permite a la empresa formular los objetivos que desea alcanzar a largo plazo y establecer las acciones que son necesarias para el logro de los objetivos.

6.1.5. Información Recopilada

Los equipos instalados en las compañías administradores de IT comparten las características en sistemas y subsistemas de operación por lo cual la empresa y/o organización puede basar sus procedimientos de acuerdo con el siguiente listado.

6.1.5.1. Procedimiento

1. “Reporte de técnico en sitio (online)

Reporte por medio de plataforma digital en la cual se debe registrar: tiempo de transporte, tiempo de antesala y tiempo de servicio prestado en un tiempo máximo de 2 horas después de prestar el servicio”

2. Presentación y reporte a cliente (atención solicitudes y observaciones)

De igual forma el operario deberá informarle al técnico en sitio, al respecto de cualquier evento que no se encuentre con los parámetros normales respecto del funcionamiento, tales como: condiciones ambientales, eléctricas, de acceso y de seguridad, para que tomen las acciones correctivas y/o preventivas del caso.

3. Ingreso a sitio (ubicación de equipos dentro del contrato de mantenimiento)
4. Alistamiento de herramienta y planificación del mantenimiento definición de roll
 - 4.1 Pinza amperimétrica
 - 4.2 Herramienta de ajuste
 - 4.3 Herramienta de medición refrigerantes (de ser necesario)
 - 4.4 Herramientas varias
 - 4.5 Hidrolavadora (de ser necesario)
 - 4.6 Insumos y elementos para el medio ambiente y seguridad (de requerirse)
5. Medio ambiente y seguridad en el trabajo

Señalización del área a intervenir

- 5.1.2 ATS (Análisis de Trabajo Seguro)
- 5.1.3 Demarcación
- 5.1.4 Señalización

6. Procedimiento mantenimiento preventivo rutina mensual, bimestral o trimestral

6.1. Observar y analizar los últimos eventos ocurridos y registrados por los equipos en periodo de mantenimiento. (Historial en plataforma e información de alarmas de los equipos). Señalar los más significativos, que puedan indicar una potencial falla de los aires acondicionados y presentar los planes de acción, que permitan mitigar las afectaciones probables por salida de operación.

6.2 Medición de voltajes, corrientes y (presiones de ser necesario); las presiones en equipos que contienen refrigerante se deben realizar en los casos en que el equipo presenta fallas en el sistema de refrigeración o de visualizar fallas en la lectura de los sensores del equipo. (Tabla de presión de trabajo de refrigerantes.)”

6.2.1 Revisión y ajuste de conexiones eléctricas en borneras tanto de fuerza como de control.

6.2.2 Revisión de contactores, breaker, transformadores, ajuste de carcasa, revisión de consumo de compresores de los equipos.

7. Revisión de sistema de comunicación equipo a equipo y sistema de monitoreo (Prueba de fallas)

(Comunicación interna del equipo al existir más de dos equipos en sitio se debe confirmar comunicación entre ellos y operación N+1 O según operación seleccionada por el administrador del DATA CENTER)”

7.1.1 Limpieza de contactos en tarjetas de control

7.1.2 Limpieza de contactos en tarjetas de comunicaciones (tener presente si es necesario el apagado del equipo)

8. “Revisión de condensación o congelación toma de temperaturas

Succión y descarga, (medición de subcooling, super high)”

8.1.1 Verificación en mirillas, revisión de válvulas, (prueba de fuga)

8.1.2 Verificación de nivel de aceite, revisión de drenajes. Cinta de inundación

8.1.3 Inspección de soportes propios de los equipos, anclajes, y anti vibratorios, transmisiones, y demás elementos de movimiento y fijación.

9. “Apagado del equipo (ver procedimiento de apagado según manual).

Si existe equipo de contingencia se procede con el apagado de 1 equipo para realizar, procedimiento de limpieza, de no existir equipo de contingencia se debe coordinar con el administrador de la data center para el apagado sincronizado por un tiempo de 15 min.”

9.1.1 Limpieza interior y exterior de los equipos

9.1.2 Revisión de humidificador que incluye tanque, resistencia, válvula solenoide o electroválvula, sistema de control (Tarjeta, sistema de control) humidificador.

9.1.3 Lavado general de cada uno de los equipos de precisión manejadora o condensadora (lavado o soplado según acabado de serpentín)

9.1.4 Imprevistos en mantenimiento

10. Procedimiento mantenimiento preventivo rutina semestral. (pasos adicionales al mantenimiento preventivo)

11. Condiciones adicionales que se deben realizar para mitigar el riesgo aparente o acción correctiva. Análisis predictivo de componentes electromecánicos y mecánicos de los equipos

12. Ajuste de soportes propios de los equipos, anclajes, y anti vibratorios, presiones, transmisiones, y demás elementos de movimiento y fijación. En áreas de fácil acceso

13. Mantenimiento de humidificador que incluye tanque, resistencia, válvula solenoide o electroválvula, sistema de control (Tarjeta, sistema de control) humidificador.

“Revisión de tubería desde las manejadoras hasta la condensadora, (en áreas de fácil acceso), revisión visual de juntas, soldaduras, válvulas, cierre y apertura de válvulas para verificar operación, sensores internos del equipo y de tuberías.

14. Manejadoras, Condensadoras, Drycooler, Chiller

15. Prueba de manipulación de válvulas: de cortina, bola, mariposa, electroválvulas, etc., que estén instaladas en las tuberías de agua, en su totalidad para verificación de operación y cierre, (sistemas de condensados por agua)

16. Al sistema de gestión de los equipos de aire acondicionado se le realizará prueba semestral que incluya: revisión de gráficos, (Alarmas) pruebas de alarmas y operación de este con carga para verificación de operación normal, emergencia o estados de falla.

17. Se deberán realizar mediciones de temperatura, caudal de aire, velocidad, tiro de suministros en la sala de equipos; para verificación de suministros y retornos a fin de garantizar la normal recirculación de aire en todas las zonas de sala. (thermohidrometro o anemómetro)

18. Procedimiento mantenimiento preventivo rutina anual

19. Revisión y medición anual adicionales las cuales se deben realizar para mitigar el riesgo aparente o acción correctiva. Análisis predictivo de componentes electromecánicos y mecánicos de ellos equipos los cuales pueden presentar fallas a largo plazo”

20. Inspección visual de funcionamiento para determinar si: rodamientos de bombas de agua, sellos mecánicos en bombas, limpieza, pintura, revisión de rotor, revisar bobinado, revisar borneras, análisis de agua de tuberías de circuitos de agua, diferenciales de presión y

válvulas de alivio, revisión de manómetros, limpieza de filtro y tubería agua (de ser necesario según inspección visual del sistema).

21. Si este presenta evidencia de deterioro o desgaste se tramitará acción correctiva la cual será manejada a nivel comercial.

22. Verificación de estanqueidad de tanques de abastecimiento y filtros de paso de agua. En caso de evidenciar Recomendar limpieza por parte de personal sanitario en caso de requerirse.

23. Si este presenta evidencia de deterioro o desgaste se tramitará acción correctiva la cual será manejada a nivel comercial.

24. Inspección a moto ventiladores (Condensadora, drycooler; revisión de rodamientos de la moto ventiladores, revisión de los aislamientos, revisión de impermeabilidad y revisión del eje. Cambio de los elementos anti vibratorios de las rejillas de la moto ventiladores donde se requiera.

25. Si este presenta evidencia de deterioro o desgaste se tramitará acción correctiva la cual será manejada a nivel comercial.

26. Una vez efectuado el mantenimiento, se emitirá un reporte en donde quedará consignado el resultado de dicho mantenimiento, con las lecturas tomadas, pruebas

27. Si este presenta evidencia de deterioro o desgaste se tramitará acción correctiva la cual será manejada a nivel comercial.

28. Generar novedad entrega y envió a cliente

28.1.1.1. Gestión de pendiente en caso de existir (acción correctiva u observación predictiva)

28.1.1.2. Procedimiento FIN de mantenimiento equipos de aires acondicionados

- 28.1.1.3. Presentación y reporte a cliente (novedad, observaciones o correctivos a realizare)
- 28.1.1.4. Alistado de herramienta (verificación de listado)
- 29. ATS (Análisis de trabajo seguro)
 - 29.1.1.1. Recoger Señalización del área intervenida
 - 29.1.1.2. ATS (Análisis de Trabajo Seguro)
 - 29.1.1.3. Recoger demarcación
 - 29.1.1.4. Recoger señalización
- 30. Fin

6.1.6. Desarrollo de la Investigación

Se realiza un análisis de datos a 6 equipos de aire acondicionado (ver adjunto tabla de Excel con tabulación de datos) y se identifica las acciones preventivas y correctivas realizadas, revisión realizada para el año 2021 en la ciudad de Bogotá.

Se muestra la disposición de los equipos instalados en el Data Center en donde los equipos operan de forma independiente y se encuentran conectados en LAN, por tanto no se poseen equipos en stand by.

En reportes de los meses pasados, se han presentado diferentes notificaciones de alarma y eventos en los equipos de aire acondicionado, como:

- Alarmas de alta presión en circuitos 1 y 2
- Fallo de bomba
- Goteos y fugas de agua en distintos puntos del circuito hidráulico
- Fallo en humectador

- Notificaciones WD

En la siguiente tabla se realiza la trazabilidad a las fallas y reporte de mantenimiento preventivo y correctivo desde el año 2017

Figura 5.

Toma de datos para mantenimiento de aires acondicionados



Hoja de Vida Equipos Aire Acondicionado De Precisión

Fuente: Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

• Alarmas de alta presión en circuitos 1 y 2, los equipos de aire acondicionado vienen provistos con presóstatos conectados al lado de alta presión, que activan de forma mecánica y que alcanzan 40,5 bares en el circuito de refrigeración. Este elemento es de rearme manual, es decir, se debe obturar para cerrar el circuito y posteriormente dar Reset en el display

o terminal. Las causas más probables para la activación de esta alarma, para este tipo de equipos son flujo insuficiente o nulo de agua, debido a falla de bomba; temperatura elevada de agua debido a falla en operación de motores Drycooler; falla en la apertura de la válvula G.

- Fallo de bomba

El único evento presentado en los últimos meses se evidenció en la bomba 4 del equipo 6, donde la protección termomagnética está en posición de disparo. Dicho interruptor está calibrado para dispararse a 7ª, el cual corresponde a la corriente nominal de las bombas, pero que en operación normal ronda los 3ª.

- Goteos y fugas de agua en distintos puntos del circuito hidráulico

Las fugas de agua se han evidenciado en las juntas de válvulas las cuales requieren torque, los flanches y en los acoples de succión y descarga de las bombas, principalmente.

- Fallo en humectador

Los fallos en humectador se producen por tres razones principalmente: fallo en las válvulas de admisión o descarga de agua, falta de flujo de agua hacia el humidificador, o falla por horas de trabajo (para la lógica del equipo, mantenimiento del cilindro o reemplazo).

- Notificaciones WD

Las notificaciones WD (watchdog) se producen en dispositivos electrónicos como un mecanismo antibloqueo que hace constante supervisión de la comunicación de las tarjetas.

6.2. Análisis de la Información

La siguiente tabla representa algunas incidencias en los equipos que se presentan, en este se encuentra el detalle por tipo de actividad y el % de atención de cada equipo, el cual será insumo en el estudio de impacto – probabilidad y así poder mitigar los riesgos asociados en el mantenimiento:

Tabla 4.

Historial de eventos en los equipos

Actividad	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6
Mantenimiento Preventivo	76,39%	87,50%	81,54%	88,89%	82,67%	77,27%
Alta Presión HP	11,11%	5,36%	10,77%	3,70%	9,33%	2,27%
Sistema Hidráulico	0%	0%	4,62%	0%	2,67%	11,36%
Humectador	6,94%	1,79%	1,54%	3,70%	1,33%	4,55%
Configuración	1,39%	1,79%	1,54%	0%	0%	0%
Monitoreo	1,39%	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

6.2.3. Análisis Cualitativo de Riesgo

Tabla 5

Impacto – Probabilidad

Probabilidad	Valor Numérico	Impacto	Valor Numérico	Tipo de Riesgo	Probabilidad x Impacto
Muy Improbable	0.1	Muy bajo	0.05	Muy alto	Mayor a 0.70
Relativamente Probable	0.3	Bajo	0.10	Alto	Menor a 0.60
Probable	0.5	Moderado	0.20	Moderado	Menor a 0.40
Muy probable	0,7	Alto	0.40	Bajo	Menor a 0.20
Casi Certeza	0.9	Muy alto	0.80	Muy bajo	Menor a 0.05

En la siguiente tabla se especifica la actividad, su causa raíz, la probabilidad, el impacto y con el resultado de este, el tipo de riesgo que se puede generar, de este detalle se podrán forjar los controles que mitiguen su probabilidad de ocurrencia:

Cod	Descripción	Causa Raíz	Estimación Probabilidad	Objetivo Afectado	Estimación Impacto	Probabilidad Impacto	Tipo Riesgo
<i>R01</i>	Alarmas de alta presión en	Falta de flujo de agua, por fallo de	0.5	<i>Alcance</i>			<i>Alto</i>
				<i>Tiempo</i>	<i>0.4</i>	<i>0.20</i>	
				<i>Costos</i>	<i>0.4</i>	<i>0.20</i>	
				<i>Calidad</i>	<i>0.4</i>	<i>0.20</i>	

	circuitos 1 y 2	bomba, caudal insuficien te, válvulas cerradas.		Total Probabilidad x. Impacto		0.60	
R02	Fallo de bomba.	Sobre corriente causada por sobrepresi ón o bloqueo mecánico, Fase perdida o punto caliente, Pico de corriente al arranque, Interrupto r Termoma	0.5	<i>Alcance</i>	0.4	0.20	<i>Muy alto</i>
				<i>Tiempo</i>	0.8	0.40	
				<i>Costos</i>	0.2	0.10	
				<i>Calidad</i>	0.4	0.20	
				Total Probabilidad x. Impacto		0.90	

		gnético mal calibrado.					
<i>R03</i>	Goteos y fugas de agua en distintos puntos del circuito hidráulico	Juntas flojas, falta de apriete, Sellos o empaquet aduras desgastad as, Presión excesiva del circuito hidráulico	0.5	<i>Alcance</i>			<i>Muy Alto</i>
				<i>Tiempo</i>	<i>0.4</i>	<i>0.20</i>	
				<i>Costos</i>	<i>0.4</i>	<i>0.20</i>	
				<i>Calidad</i>	<i>0.8</i>	<i>0.40</i>	
				<i>Total Probabilidad x. Impacto</i>			
<i>R04</i>	Fallo en humectad or	Válvulas de suministr o o	0.3	<i>Alcance</i>	<i>0.1</i>	<i>0.03</i>	<i>Moder ado</i>
				<i>Tiempo</i>	<i>0.2</i>	<i>0.06</i>	
				<i>Costos</i>	<i>0.1</i>	<i>0.03</i>	
				<i>Calidad</i>	<i>0.8</i>	<i>0.24</i>	

		drenaje bloqueada s o dañadas, Exceso de sedimento al interior del Canister por desgaste interno, genera bloqueo de válvulas, Horas de trabajo superadas por la cuenta horas del equipo.		Total Probabilidad x. Impacto		0.36	
<i>R05</i>		Comunica ción	0.1	<i>Alcance</i>			<i>Bajo</i>
				<i>Tiempo</i>	0.8	0.08	

	Notificaciones de comunicación	intermitente entre tarjetas de C7000		<i>Costos</i>	0.8	0.08	
				<i>Calidad</i>			
				<i>Total Probabilidad x. Impacto</i>		0.16	

Nota: Fuente Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

6.3. Propuesta de Solución

Se Analiza el funcionamiento de todo el sistema el cual se le efectuará el mantenimiento preventivo o predictivo evaluando su utilización, procedimientos en la fabricación y conservación del producto.

Con la ficha técnica de las diferentes máquinas, se identifica las especificaciones de cada uno de los equipos como capacidad de refrigeración, fabricante, dimensiones del sitio, los modelos correspondientes a la unidad interna y externa (evaporadora y condensadora), tipo de refrigerante, entre otras.

Realizar un análisis de todos los factores externos que influyen en el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado de precisión y que pueden afectar su rendimiento tales como modificaciones en la instalación, mala calidad de energía, movimiento de la estructura mecánica, refrigerante y en general otras características que puedan afectar el rendimiento de enfriamiento de la máquina.

Se planteará una estructura para el mantenimiento con inspecciones y estudios de la máquina para establecer los mejores datos de los equipos.

Dependiendo del tiempo de funcionamiento de la máquina, se establece un cronograma de actividades para el mantenimiento preventivo.

Se propone establecer una lista de actividades para realizar el mantenimiento autónomo de filtros de las unidades de refrigeración, acometida eléctrica, ajuste de tornillos en la instalación mecánica y lubricación.

Se deberá realizar inspección visual, donde se podrá verificar el desgaste de los materiales de la máquina para así evitar fallas y garantizar la confiabilidad de este y de esta forma programar la importación de repuestos, tiempo de cambio para el mantenimiento y mano de obra.

Capacitaciones técnicas, para especialistas de la máquina de acuerdo con la normatividad establecida por la empresa, para que ellos puedan diagnosticar de forma rápida una falla en el equipo, ya que la maquina no puede bajar su rendimiento por temas de confiabilidad.

Se debe establecer horarios de mantenimiento con el cliente que no afecté el rendimiento ni la productividad de la empresa, cumpliendo todas las normativas de seguridad, ambientales y procedimientos de trabajo que garantice un éxito en el trabajo.

La limpieza y el orden son los pasos más relevantes que se debe exigir a los técnicos.

6.3.1. Taxonomía de Activos

Se realiza la taxonomía de todos los equipos

- 6.3.2. Análisis de Criticidad:** Una vez definida la taxonomía de los equipos, se realiza la matriz de criticidad bajo la condición de falla en los equipos que conforman la máquina.
- 6.3.3. Indicadores para la gestión de mantenimiento:** Se tendrá en cuenta el histórico de fallas de los equipos en todas las instalaciones en la región, teniendo en cuenta la disponibilidad, confiabilidad y costos de mantenimiento.
- 6.3.4. Políticas para el Mantenimiento:** La política Tomando como referencia las fallas ocurridas y los kilometrajes relacionados se propone el siguiente plan de mantenimiento preventivo.
- 6.3.5. Mantenimiento rutinario:** Inspección diaria de la máquina.
- 6.3.6. Mantenimiento Preventivo Programado:** Para garantizar la calidad y rendimiento del equipo es necesario tener un mantenimiento periódico de la máquina para evitar fallas con tiempos muertos.
- 6.3.7. Mantenimiento predictivo (Verificación):** Es un sistema permanente de diagnóstico que permite identificar con anterioridad la probable pérdida de calidad del servicio de la máquina.
- 6.3.8. Mantenimiento predictivo (Calibración):** Es la combinación del mantenimiento periódico y progresivo de los equipos de la máquina
- 6.3.9. Frecuencia:** De acuerdo con la cantidad de horas de la máquina se establecerá un plan de actividades y mantenimiento. Se establecerá que cada 6000 horas de funcionamiento o un año después de la entrega de la instalación mecánica y eléctrica.

6.3.10. Responsabilidades: La empresa se hará cargo de la responsabilidad del mantenimiento, haciendo entrega dentro del tiempo pactado y con los recursos coordinados.

6.3.11. Relación de Equipos: Los equipos de un sistema de aire acondicionado de precisión son los siguientes:

- Sistema de tuberías.
- Anclaje del equipo.
- Sistema de evaporación y condensador.
- Ventilación.
- Sistema eléctrico
- Sistema electromecánico
- Circuito de refrigeración

Figura 6

Matriz de riesgos

		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			
		RARO	POCO PROBABLE	PROBABLE	CASI SEGURO
CONSECUENCIA	DESPRECIABLE	1	2	3	4
	MODERADO	5	6	7	8
	IMPORTANTE	9	10	11	12
	CRITICO	13	14	15	16

Fuente: Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

Figura 7

Plan de acción de la matriz de riesgos

	EVENTO	PLAN DE ACCIÓN
1	Falla general del equipo de A.A. durante la maniobra.	Revisión y medición de parámetros para garantizar operación adecuada de los equipos de precisión, se suspenderán maniobras, hasta solucionar el problema. Equipos soporte en constante operación.
2		
5	Falla de compresores por alta o baja presión del equipo.	Revisión y control de condiciones ambientales permanentemente. Mantener el equipo soporte constantemente habilitado para mitigar riesgos por alta temperatura en el Data Center. Suspensión de actividades hasta solucionar el problema.
6		
7	Fallas de un elemento de medición o herramienta de los técnicos.	El personal técnico reportará a la compañía para gestionar el envío de la herramienta de reemplazo, mientras se realiza otra actividad, para mitigar la pérdida de tiempo.
8		
9	Falla súbita importante en A.A. operando	Suspensión temporal de maniobra, revisión y solución de la falla y determinar que las condiciones con las apropiadas para continuar con la labor.
10		

	EVENTO	PLAN DE ACCIÓN
11	Accidente laboral menor durante la maniobra	Se reporta ARL, y se suspende labores, hasta que el incidente se controle, y se continuara con la actividad con el personal restante.
14	Falla de tarjetas de control principal de alguno de los A.A.	Suspensión de actividad, puesta en operación inmediata del equipo en Stand By, si existe, o se escalara el caso y se gestionara con compañía un equipo de soporte.
15	Accidente laboral mayor durante la maniobra	Reporte a ARL, y se suspende la actividad, que deberá ser reprogramada.
16	Caída de energía durante la maniobra	Suspensión de actividad, hasta que se normalicen las condiciones de operación de los equipos y se reportara en la novedad del servicio.

Fuente: Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

7. Impactos Esperados / Generados

De los eventos que presentan mayor recurrencia en los equipos de aire acondicionado de precisión y que generan un riesgo importante, en la que se deben planear y ejecutar estrategias que permitan mitigar su ocurrencia.

Tabla 6.**Causas y actividades para ejecutar**

Evento	Posibles Causas	Estrategias para Ejecutar
<i>Alarmas de alta presión en circuitos 1 y 2 (ROI)</i>	<ul style="list-style-type: none">- Falta de flujo de agua, por fallo de bomba, caudal insuficiente, válvulas cerradas.- Alta temperatura de entrada de agua, por fallo de motores Drycooler- Válvulas G parcial o totalmente cerrada, debido a fallo de control.- Parámetros del control fuera del rango.	<ul style="list-style-type: none">- Configuración de setpoint de condensación para apertura de válvulas G inferior a 26 bar para garantizar una presión de descarga lejos del límite de alarma.- Configuración de entrada de Drycooler, bajo el parámetro “temperatura inicial verano” inferior a 26°C, para garantizar que la temperatura del agua se mantenga baja.- Verificación de temperatura, presión y purga de sistema hidráulico, garantizando el flujo adecuado de agua por el sistema.- Ajuste de parámetros “Gestión de HP” en cada uno de los circuitos, como activación de protección ante aumento súbito de presión, posterior a paradas prolongadas de los compresores, con el fin de evitar disparos por alta presión.

Evento	Posibles Causas	Estrategias para Ejecutar
<i>Fallo de bomba (R02)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Sobre corriente causada por sobrepresión o bloqueo mecánico. - Fase perdida o punto caliente. - Pico de corriente al arranque. - Termomagnética mal calibrado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificación del set de disparo del interruptor termomagnético, ajustado 7A. - Medición de corriente y tensión para validar condiciones eléctricas de operación; corriente de operación de bomba promedio en 3,5A. y tensión de operación dentro del rango permitido. - Descartar obstrucción o cierre de válvulas que puedan provocar sobrepresión y aumento de corriente. - Ajuste de todos los bornes de contactores, termomagnéticos y variador.
<i>Goteos y fugas de agua en distintos puntos del circuito hidráulico (R03)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Juntas flojas, falta de apriete. - Sellos o empaquetaduras desgastadas. - Presión excesiva del circuito hidráulico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Retroque de tornillería de flanches y juntas de válvulas. Algunas cuentan el aislamiento enchaquetado. - Ajuste de las presiones de las bombas, desde válvulas de suministro y reguladora para evitar presiones elevadas a la descarga.

Evento	Posibles Causas	Estrategias para Ejecutar
<i>Fallo en humectador (R04)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Válvulas de suministro o drenaje bloqueadas o dañadas. - Exceso de sedimento al interior del Canister por desgaste interno, genera bloqueo de válvulas. - Horas de trabajo superadas por la cuenta horas del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - La primera acción es realizar drenado del Canister, retirar y hacer lavado interior. -Realizar Reset de mantenimiento del humidificador desde la tarjeta OEM del equipo Stulz. - Superadas las 5000hr de operaciones registradas en el display, proceder a cambio de Canister. Actualmente los equipos 1, 2, 5 y 6 cuentan con Canister nuevo. Humidificadores de los equipos 3 y 4 aún no alcanzan el umbral de horas de operación
<i>Notificaciones WD (R05)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicación intermitente entre tarjetas de C7000 	<ul style="list-style-type: none"> - No se consideran alarmas, sino notificaciones de que el sistema de supervisión de comunicación interno de las tarjetas principales hace constante verificación de comunicación entre placas. (watch dog) - Los equipos no presentan alteración del funcionamiento.

Fuente: Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

7.1. Impactos Esperados

Resume las acciones que se toman para mitigar la atención a los eventos presentados a los equipos de aire acondicionado.

- Mantenimiento preventivo, rutina completa a sistema de refrigeración y sistema hidráulico considerado para cada 12 meses (auditoria de herramientas de trabajo)
- Calibración de sistema hidráulico.
- Revisión y configuración de los equipos de aire de precisión (actualización del sistema Driver y software, setpoint y configuración de rampa de temperatura)
- Pruebas de funcionamiento y calibración se sistemas (sistema de refrigeración y sistema hidráulico)
- Pruebas en bombas revisión y funcionamiento (tiempo de trabajo de las bombas 3 años por lo cual hay que revisar estado de empaquetadura y cheques)
- Toma de datos, revisión de partes y componentes (historial de log de eventos)
- Toma de datos para CFD (realización de CFD para comparación respecto al realizado al inicio del proyecto)

7.2. Impactos Alcanzados

Todas las variables tomadas se registran en un consolidado donde se concluye que el sistema de refrigeración trabaja sin inconvenientes, y todos los elementos del circuito de refrigeración cumplen su función permitiendo que las condiciones de presión y temperatura permanezcan estables.

En la tabla se muestran cada una de las mediciones:

Tabla 7

Registros de presión y temperatura de los circuitos de refrigeración

Equipos		Presión succión Manómetro	Presión descarga Entrada drycooler	Presión descarga Salida drycooler	Temperatura entrada drycooler	Temperatura salida drycooler	Set diferencial de presión	Diferencial real (D-S)	Corriente operación
equipo 1	Bomba 1	26 psi	51 psi	47 psi	26°C	20°C	40 psi	25 psi	3.5A
	Bomba 2	26 psi	54 psi	53 psi	30°C	21°C	40 psi	28 psi	3.2A
equipo 2	Bomba 1	28 psi	74 psi	62 psi	26°C	21°C	40 psi	46 psi	5.3A
	Bomba 2	28 psi	54 psi	48 psi	36°C	22°C	40 psi	26 psi	3.2A
equipo 3	Bomba 1	10 psi	70 psi	63 psi	26°C	22°C	40 psi	60 psi	5.4A
	Bomba 2	12 psi	50 psi	49 psi	23°C	23°C	40 psi	38 psi	3.0A
equipo 4	Bomba 1	32 psi	72 psi	69 psi	36°C	22°C	40 psi	40 psi	4.1A
	Bomba 2	22 psi	52 psi	46 psi	26°C	20°C	40 psi	30 psi	3.7A
equipo 5	Bomba 1	30 psi	66 psi	64 psi	22°C	22°C	45 psi	33 psi	2.8A
	Bomba 2	30 psi	57 psi	51 psi	38°C	29°C	40 psi	27 psi	3.9A
equipo 6	Bomba 1	20 psi	60 psi	52 psi	22°C	19°C	40 psi	40 psi	4.5A
	Bomba 2	24 psi	65 psi	58 psi	23°C	22°C	40 psi	41 psi	2.4A

Fuente: Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

7.3. Resultados alcanzados

- La variable que determina el rendimiento del equipo se ubica en la columna Superheat, la cual debe estar próxima al punto de ajuste del equipo: 7K.
- En el caso de alta presión, se busca obtener una presión de alta (descarga) menor a 28bar (406 psi), lejos del punto de disparo del presóstato.
- Las temperaturas de descarga y succión demuestran que el compresor trabaja sin ser forzado a condiciones extremas y se garantiza la refrigeración del componente, así como el nivel del aceite adecuado.
- En general el comportamiento de la válvula electrónica de expansión muestra modulación dentro del rango, y permite alcanzar el punto de superheat solicitado
- Se realizó revisión de historial de eventos, y descarga de configuración y programación de los equipos.

- Se realizó el cambio de Canister humidificador en los equipos 1 y 5, que ya habían superado las horas recomendadas. Equipos 3 y 4 aún no alcanzan horas de trabajo requeridas
- Los parámetros eléctricos, y parámetros de presión y temperatura, tanto de los circuitos de refrigeración como de los hidráulicos se encuentran dentro de los rangos óptimos de operación.
- En el mantenimiento programado para el siguiente mes se realizará la inspección de juntas válvulas de alivio, llaves mariposa, válvulas cheque entre otros, los cuales hacen parte del sistema hidráulico y los cuales sufre desajustes por vibración y sometimiento a presiones.

8. Análisis Financiero

Para la realización de los análisis realizados fue necesario contar con un presupuesto descrito en la siguiente tabla

Tabla 8

Presupuesto Financiero

Implementación de análisis de sistema predictivo 45 días HH		\$ 41.600,00	\$ 1.872.000,00
Salarios de personal especialista por HH		4	\$ 5.041.586,00
H-H	Descripción	Valor H-H	Total
45	Ingeniero especialista	\$ 41.666,00	\$ 1.874.970,00
34	Técnicos Advance en AA	\$ 41.666,00	\$ 1.416.644,00
24	Rutinas de mantenimiento (2 técnicos	\$ 41.666,00	\$ 999.984,00

18	Rutinas de revisión	\$ 41.666,00	\$ 749.988,00
*La base de costos fue dispuesta por el cuadro Pxf de al año 2020 en donde se determina el costo de HH (horas hombre)			
Implementación			
Implementación de seguimiento a 6 equipos		-	\$ 5.041.586,00
plan anual de capacitación al personal 4 especialistas		-	\$ 24.570.000,00
certificación en la marca de aires intervenidos		-	\$ 7.447.500,00
Contrato de mantenimiento preventivo anual 6 equipos 12 meses		\$ 1.168.500,00	\$ 84.132.000,00
		Total	\$ 128.104.672,00

Fuente: Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

Los valores asociados a las intervenciones realizadas post recomendaciones serán adjudicadas de acuerdo con la solicitud de cotización previamente aprobada por la gerencia

8.1 Estimación de costos del recurso humano.

El grupo para el proyecto será representado para el soporte de los programas de mantenimiento, siempre considerando su cumplimiento con un plazo máximo de doce meses.

Tabla 9**Análisis costo del recurso humano**

Descripción	Sueldo	Cantidad	Tiempo - Meses	Total
Ingeniero Especialista	\$ 7.000.000	1	12	\$ 84.000.000
Técnicos Avanzados En Aire Acondicionado de Precisión	\$ 5.000.000	2	12	\$ 120.000.000
Técnicos De Mantenimiento	\$ 3.000.000	2	12	\$ 72.000.000
Operadores Del Equipo	\$ 2.000.000	2	12	\$ 48.000.000
INVERSION				\$ 324.000.000

Fuente: Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

8.2 Estimación de la implementación

La estimación del modelo propuesto se realiza de acuerdo con lo establecido en una gestión de confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión.

Tabla 10**Análisis estimación de la implementación**

Implementación	Subtotal	Presupuesto
Implementación de seguimiento a 6 equipos	-	\$ 5.041.586
Plan anual de capacitación al personal	-	\$ 24.570.000
Certificación en la marca de aires intervenidos	-	\$ 7.447.500

Contrato de mantenimiento preventivo anual 6 equipos 12 meses	\$ 1.168.500	\$ 84.132.000
Total		\$ 121.191.086

Fuente: Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

Al implementar el modelo propuesto por el grupo, se muestra a continuación las proyecciones con respecto a la implementación del sistema de gestión con un incremento en el valor facturado del 12% anual, cumpliendo con el método escalonado para el ajuste de los valores.

Tabla 11

Análisis presupuesto Vs ejecutado

Año	Periodo	Presupuesto Ejecutado	Valor Facturado	Valor Neto
2022	1	\$ 121,191,086.00	\$ 120,646,050.00	\$ 545,036.00
2023	2	\$ 122,402,996.86	\$ 121,852,510.50	\$ 550,486.36
2024	3	\$ 124,851,056.80	\$ 123,680,298.16	\$ 1,170,758.64
2025	4	\$ 131,093,609.64	\$ 130,482,714.56	\$ 610,895.08
2026	5	\$ 133,060,013.78	\$ 131,722,300.34	\$ 1,337,713.44
2027	6	\$ 148,361,915.37	\$ 147,528,976.39	\$ 832,938.98
2028	7	\$ 165,659,717.16	\$ 165,232,453.55	\$ 427,263.61
2029	8	\$ 185,818,309.25	\$ 185,060,347.98	\$ 757,961.27
2030	9	\$ 208,312,104.58	\$ 207,267,589.74	\$ 1,044,514.84
2031	10	\$ 232,590,733.67	\$ 232,139,700.50	\$ 451,033.16

Fuente: Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

Partiendo de la tendencia para los 5 años que se propone la gestión de confiabilidad para mitigar el impacto de las fallas en los equipos de aire acondicionado de precisión, se calcula la ROI buscando el punto de equilibrio, obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 12

Análisis ROI

Periodo	Ingresos	Egresos	Flujo De Efectivo
0			\$ -324,000,000.00
1	\$ 147,528,976.39	\$ 154,905,425.21	\$ -7,376,448.82
2	\$ 165,232,453.55	\$ 168,537,102.62	\$ -3,304,649.07
3	\$ 185,060,347.98	\$ 186,910,951.46	\$ -1,850,603.48
4	\$ 207,267,589.74	\$ 203,122,237.94	\$ 4,145,351.79
5	\$ 232,139,700.50	\$ 225,175,509.49	\$ 6,964,191.02

Fuente: Propia (Ortiz , Becerra, & Calderón Caicedo , 2022)

Con la proyección de los 5 años siguientes, se logra que el ROI tiene un valor de 0%. Realizando una proyección escalonada a una tasa de 12% al periodo 5 se logra el valor de 0% del ROI, que significa que en este punto se logra obtener el retorno de la inversión. Obteniendo la rentabilidad esperada para la gestión de confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión.

8.3 Estimación de utilidad económica

Basado en un estudio, se determinó que una compañía prestadora de servicios IT pago a sus clientes por concepto de multas cifras superiores a 576 millones por indisponibilidad de sus

equipos lo cual para el área financiera incurriría en costes que no tendrían cuantificación económica.

9. Conclusiones y Recomendaciones

9.1. Conclusiones

- Se determinaron los procedimientos para el control de fallas en equipos de aire acondicionado de precisión basada en confiabilidad RCM.
- Se establecen lineamientos para generar una mayor confianza en los equipos de aire acondicionado de precisión para que estos sean óptimos en su funcionamiento.
- Se estableció un mejoramiento continuo para los eventos recurrentes de los equipos, generando un menor tiempo de espera por paradas interrumpidas en el servicio.
- De acuerdo con la implementación del modelo propuesto por el equipo de trabajo, se determinó que las fallas más reincidentes son las alarmas de alta presión y fugas de agua en el circuito del equipo.
- De la propuesta del mantenimiento basados en la confiabilidad, se puede emplear para equipos con al menos 10 años la vida útil.

10. Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de Uptime Institute: Certificación Tier de centros de datos se basa en Tier Standards.
- (2009). Obtenido de Society of Automotive Engineers, SAE JA1011: Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes, 2 ed., Warrendale: SAE International, 2009.
- (Marzo de 2022). Obtenido de Technical-requirements-for-the-commissioning-process: echstreet.com/ashrae/standards/guideline-1-1-2007-hvac-r-technical-requirements-for-the-commissioning-process?gateway_code=ashrae&product_id=1573306
- (Febrero de 2022). Obtenido de www.insercor.com: <https://www.insercor.com/portfolio/analisis-de-falla/#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20falla%20es,de%20un%20componente%20o%20sistema.>
- (Febrero de 2022). Obtenido de www.redalyc.org: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html>
- (Marzo de 2022). Obtenido de www.techtarget.com: [https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/IT#:~:text=Information%20technology%20\(IT\)%20is%20the,all%20forms%20of%20electronic%20data.&text=The%20commercial%20use%20of%20IT%20encompasses%20both%20computer%20technology%20and%20telecommunication](https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/IT#:~:text=Information%20technology%20(IT)%20is%20the,all%20forms%20of%20electronic%20data.&text=The%20commercial%20use%20of%20IT%20encompasses%20both%20computer%20technology%20and%20telecommunication)
- (Marzo de 2022). Obtenido de www.techtarget.com: [https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/IT#:~:text=Information%20technology%20\(IT\)%20is%20the,all%20forms%20of%20electronic%20data.&text=The%20c](https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/IT#:~:text=Information%20technology%20(IT)%20is%20the,all%20forms%20of%20electronic%20data.&text=The%20c)

ommercial%20use%20of%20IT%20encompasses%20both%20computer%20technology
%20and%20telecommunication

(Febrero de 2022). Obtenido de ICREA: International Computer Room Experts Association:
icrea-international.org

(Marzo de 2022). Obtenido de LBIC., p. 11.

(Marzo de 2022). Obtenido de LBIC., p. 19-20.

Andango Calvachi, Y. C. (2010). *Plan de Manttenimiento Preventivo de los Sistemas de Aire Acondicionado de los Laboratorios NIFA*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Breve Historia Mantenimiento / Movilgmao. (15 de Marzo de 2022). Obtenido de Movilgmao:
<https://movilgmao.es/breve-historia-mantenimiento/>

Calderon Cardozo , G. E. (2021). *Desarrollo de una política de mantenimiento para equipos de misión crítica en empresas de*. Bogotá: Universidad ECCI.

Cardozo, G. E. (Agosto de 2021). *1.1.1.1. Desarrollo de una política de mantenimiento para equipos de misión crítica en empresas de servicios IT*. Bogotá: Universidad ECCI.

Conceptualización Especialización en Gerencia de Mantenimiento Universidad ECCI. (Febrero de 2022). Bogotá , Colombia.

Cortes Urrego , A. G., & Valbuena Rojas , J. (2020). Propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud. En A. G. Cortes Urrego, & J. L. Valbuena Rojas. Bogotá: Universidad ECCI.

elsaber21.com. (s.f.). Obtenido de <https://www.elsaber21.com/modelo-de-implementacion-de-las-5s-gestion-para-la-mejora-continua>

- Fernandez Gutierrez, G. A. (2010). *Diseño, Instalación y Puesta en Marcha de un Equipo con Tecnología de Nuevos Materiales de Ingeniería, para un Sistema de Refrigeración Industrial con Amoniaco y Circuito Glicol*. Mexico D.F.: Instituto Politecnico Nacional - Escuela Superior de Ingenieria Mecanica y Electrica.
- Giraldo, D., Perez, A., Leon Ramirez, A., Daniel, Esneider, L., Eduardo, & Eduardo. (2016). *Propuesta de plan de mantenimiento en sistemas de aire acondicionado: caso sector automotriz*. Bogotá: Universida ECCI.
- (Febrero de 2008). *Guía RCM Centrado en la Fiabilidad de Mantenimiento*. EE.UU: NASA. Obtenido de Predictiva21.com: <https://predictiva21.com/evolucion-mantenimiento/>
- Gutierrez Meneces; Rincon Hiniestroza, R. E. (2011). *Modelo de mantenimiento de un sistema con deterioro y reparaciones limitadas para la división de un mantenimiento tecnológico de la Universidad de industrial de Santander con base en cadena de Markov*. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander.
- ICONTEC, I. d. (s.f.). *NTC-ISO/IEC 17000*.
- Izaguirre Silva, L. F. (2017). *Evaluación del funcionamiento actual del sistema de aire acondicionado de la Central Hidroeléctrica FRANCISCO MIRANDA*. Puerto Ordaz: Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio Jose de Sucre.
- Jacome Bravo, F. D. (2014). *Estudio para mejorar la produccion del taller de reparación y mantenimiento de equipos de refrigeración y climatización de la empresa AKRIBIS S.A*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil .
- Mero Bucheli, J. J., & Zambrano Ibarra, C. D. (2012). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para un sistema de refrigeración por compresión de vapor de 1 HP de capacidad, usando refrigerante R404A para proceso de carga, descarga, recuperación*

de refrigerante del sistema y simulación de fallas para el. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército.

Ochoa Montoya, J. V. (2018). *medición de la calidad del servicio técnico de climatización de ELECLIRE.* Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Ortiz , J., Becerra, C. J., & Calderón Caicedo , G. S. (2022). *Gestión de Confiabilidad en Mantenimiento para Equipos de Aire Acondicionado de Precisión en IT (Información Technology).* Bogotá: Universidad ECCI.

Paltán Orellana, H. (21 de Octubre de 2013). EL DESARROLLO DE ESTÁNDARES Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CREACIÓN DE UN DATA CENTER EN LA UPSE. La Libertad, Ecuador.

Pérez Rondón , F. A. (2022). *Conceptos Generales en la Gestión de Mantenimiento Industrial.* Bucaramanga : Ediciones Usta - Universidad Santo Tomás.

Posada Valladares, C. M., & Villegas Portillo, C. E. (2017). *Propuesta de Diseño y Construcción de un Equipo para Diagnostico de Fallas en Compresores Hermeticos.* Ciudad Universitaria Salvador: Universidad de el Salvador .

Predictiva21.com/evolucion-mantenimiento. (Febrero de 2022). Obtenido de <https://predictiva21.com/evolucion-mantenimiento/>

ReliabilityWeb.com. (25 de Marzo de 2022). Obtenido de El Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope>

Repositorio.uptc.edu.co. (Marzo de 2022). Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf>

Rincón Vergel; Rojas Fernandez; Lozada Guiza;, Y. E. (2018). *Propuesta de implementación de un modelo de mantenimiento basado en condición para equipos de aire acondicionado en sucursales bancarias de norte de Santander*. Bogotá: Universidad ECCI.

Rozo Pérez , L. (2020). *Mejoramiento del Proceso de Mantenimientos Preventivos, Correctivos y Montajes de Sistemas de Aire Acondicionado Realizado por la Empresa TECSAI Ingeniería SAS*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia - Facultad Ingeniería Industrial.

Sisbib.unmsm.edu.pe. (Marzo de 2022). Obtenido de

[https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtualData/Tesis%20para%20marcaci%C3%B3n%20para%20Inform%C3%A1tica\)/2011/rivera_re/borrador/convertidas%20pdf/Capitulo%201.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtualData/Tesis%20para%20marcaci%C3%B3n%20para%20Inform%C3%A1tica)/2011/rivera_re/borrador/convertidas%20pdf/Capitulo%201.pdf) (consulta hecha el 21/02/21)

Trejo Garcia , P. M., & Reyes Abundis, H. (2009). *Calculo y selección del equipo de un sistema de aire acondicionado para un teatro en puerto Vallart, Jalisco*. Mexico D.F.: Instituto Politecnico Nacional - Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Universidad ECCI. (Octubre de 2006). Tipos de Investigación. Bogotá.

www.alsglobal.com. (Marzo de 2022). Obtenido de [https://www.alsglobal.com/%2Fes-](https://www.alsglobal.com/%2Fes-co%2Fnews%2Farticulos%2F2020%2F05%2Fqu-es-la-confiabilidad-en-el-mantenimiento#:~:text=La%20confiabilidad%20es%20la%20posibilidad,un%20per%C3%ADodo%20de%20tiempo%20definido)

[co%2Fnews%2Farticulos%2F2020%2F05%2Fqu-es-la-confiabilidad-en-el-mantenimiento#:~:text=La%20confiabilidad%20es%20la%20posibilidad,un%20per%C3%ADodo%20de%20tiempo%20definido](https://www.alsglobal.com/%2Fes-co%2Fnews%2Farticulos%2F2020%2F05%2Fqu-es-la-confiabilidad-en-el-mantenimiento#:~:text=La%20confiabilidad%20es%20la%20posibilidad,un%20per%C3%ADodo%20de%20tiempo%20definido).

www.ashrae.org. (Febrero de 2022). Obtenido de

https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/202_2013_b_20180308.pdf

www.ineel.mx. (Marzo de 2022). Obtenido de <https://www.ineel.mx/boletin042012/tenden.pdf>

www.redalyc.org. (Febrero de 2022). Obtenido de

<https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html#:~:text=Introducci>

%C3%B3n-,El%20mantenimiento%20centrado%20en%20confiabilidad%20

(RCM%20por%20sus%20siglas%20en, de%20fallas%2C%20etc.).

(Calderon Caicedo , Becerra Rodriguez, & Ortiz Forero , 2022)